

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



**ХАЛЫҚАРАЛЫҚ АҚПАРАТТЫҚ ЖӘНЕ
КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР
ЖУРНАЛЫ**

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ
ИНФОРМАЦИОННЫХ И
КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION
AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES**

2025 (23) 3
шілде- қыркүйек

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

БАС РЕДАКТОР:

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

БАС РЕДАКТОРДЫҢ ОРЫНБАСАРЫ:

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

ҒАЛЫМ ХАТШЫ:

Ипалакова Мадина Түлегеновна — техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің ғылыми-зерттеу қызметі жөніндегі департамент директоры (Қазақстан)

РЕДАКЦИЯЛЫҚ АЛҚА:

Разак Абдул — PhD, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті киберқауіпсіздік кафедрасының профессоры (Қазақстан)
Лучино Томмазо де Паолис — Саленто Университеті (Италия) инновация және технологиялық инжиниринг департаменті AVR зертханасының зерттеу және әзірлеу бөлімінің директоры

Лиз Бэкон — профессор, Абертей Университеті (Ұлыбритания) вице-канцлерінің орынбасары

Микеле Пагано — PhD, Пиза Университетінің (Италия) профессоры

Өтелбаев Мұхтарбай Өтелбайұлы — физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, КР ҰҒА академигі, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті математика және компьютерлік модельдеу кафедрасының профессоры (Қазақстан)

Рысбайұлы Болатбек — физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, Есептеу және деректер ғылымдары департаментінің профессоры, Astana IT University (Қазақстан)

Дайнеко Евгения Александровна — PhD, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті ақпараттық жүйелер кафедрасының профессор-зерттеушісі (Қазақстан)

Дузаев Нуржан Токсужаевич — PhD, қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті цифрландыру және инновациялар жөніндегі проректор (Қазақстан)

Синчев Бахтгерей Куспанович — техника ғылымдарының докторы, профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті ақпараттық жүйелер кафедрасының профессоры (Қазақстан)

Сейлова Нургуль Абдуллаевна — техника ғылымдарының докторы, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті компьютерлік технологиялар және киберқауіпсіздік факультетінің деканы (Қазақстан)

Мұхамедиева Ардак Габитовна — экономика ғылымдарының кандидаты, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті бизнес медиа және басқару факультетінің деканы (Қазақстан)

Абдикаликова Замира Тұрсынбаевна — PhD, қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті математика және компьютерлік модельдеу кафедрасының меңгерушісі (Қазақстан)

Шильдибеков Ерлан Жаржанович — PhD, қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті экономика және бизнес кафедрасының меңгерушісі (Қазақстан)

Дамелия Максумовна Ескендірова — техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті киберқауіпсіздік кафедрасының меңгерушісі (Қазақстан)

Ниязгулова Айгуль Аскарбековна — филология ғылымдарының кандидаты, доцент, профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті медиакоммуникация және Қазақстан тарихы кафедрасының меңгерушісі (Қазақстан)

Айтмағамбетов Алтай Зуфарович — техника ғылымдарының кандидаты, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті радиотехника, электроника және телекоммуникация кафедрасының профессоры (Қазақстан)

Бахтиярова Елена Азизбековна — техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті радиотехника, электроника және телекоммуникация кафедрасының меңгерушісі (Қазақстан)

Канибек Сансызбай — PhD, қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті киберқауіпсіздік кафедрасының профессор-зерттеушісі (Қазақстан)

Тынымбаев Сахиябай — техника ғылымдарының кандидаты, профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті компьютерлік инженерия кафедрасының профессор-зерттеушісі (Қазақстан)

Алимереб Али Абд — PhD, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті киберқауіпсіздік кафедрасының қауымдастырылған профессоры (Қазақстан)

Мохамед Ахмед Хамада — PhD, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті ақпараттық жүйелер кафедрасының қауымдастырылған профессоры (Қазақстан)

Янг Им Чу — PhD, Гачон университетінің профессоры (Оңтүстік Корея)

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

Мамырбаев Оркен Жұмажанович — PhD, КР ҒЖБМ Ғылым комитеті ақпараттық және есептеу технологиялары институты ӨМК директорының ғылым жөніндегі орынбасары (Қазақстан)

Бушуев Сергей Дмитриевич — техника ғылымдарының докторы, профессор, Украинаның "УКРНЕТ" жобаларды басқару қауымдастығының директоры, Киев ұлттық құрылыс және сәулет университеті жобаларды басқару кафедрасының меңгерушісі (Украина)

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

РЕДАКТОР:

Мрзабаева Раушан Жалиевна — магистр, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің редакторы (Қазақстан)

Халықаралық ақпараттық және коммуникациялық технологиялар журналы

ISSN 2708–2032 (print)

ISSN 2708–2040 (online)

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

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

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

Мерзімділігі: жылына 4 рет.

Тираж: 100 дана.

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

E-mail: ijict@iitu.edu.kz

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

© Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті АҚ, 2025

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

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

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

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

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

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ:

Ипалакова Мадина Тулегеновна — кандидат технических наук, ассоциированный профессор, директор департамента по научно-исследовательской деятельности Международного университета информационных технологий (Казахстан)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Разак Абдул — PhD, профессор кафедры кибербезопасности Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Лучио Томмазо де Паолис — директор отдела исследований и разработок лаборатории AVR департамента инноваций и технологического инжиниринга Университета Саленто (Италия)

Лиз Бэкон — профессор, заместитель вице-канцлера Университета Абертей (Великобритания)

Микеле Пагано — PhD, профессор Университета Пизы (Италия)

Отелбаев Мухтарбай Отелбайұлы — доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, профессор кафедры математического и компьютерного моделирования Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Рысбайұлы Болатбек — доктор физико-математических наук, профессор, профессор Astana IT University (Казахстан)

Дайнеко Евгения Александровна — PhD, профессор-исследователь кафедры информационных систем Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Дузбаев Нуржан Токкужаевич — PhD, ассоциированный профессор, проректор по цифровизации и инновациям Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Синчев Бахтгерей Куспанович — доктор технических наук, профессор, профессор кафедры информационных систем Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Сейлова Нургуль Абадуллаевна — кандидат технических наук, декан факультета компьютерных технологий и кибербезопасности Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Мухамедиева Ардак Габитовна — кандидат экономических наук, декан факультета бизнеса медиа и управления Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Абдикаликова Замира Турсынбаевна — PhD, ассоциированный профессор, заведующая кафедрой математического и компьютерного моделирования Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Шильдибеков Ерлан Жаржанович — PhD, ассоциированный профессор, заведующий кафедрой экономики и бизнеса Международного университета информационных технологий (Казахстан)

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

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

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

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

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

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

Алмисреб Али Абд — PhD, ассоциированный профессор кафедры кибербезопасности Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Мохамед Ахмед Хамада — PhD, ассоциированный профессор кафедры информационных систем Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Янг Им Чу — PhD, профессор университета Гачон (Южная Корея)

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

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

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

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

РЕДАКТОР:

Мрзабаева Раушан Жалиевна — магистр, редактор Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Международный журнал информационных и коммуникационных технологий

ISSN 2708–2032 (print)

ISSN 2708–2040 (online)

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

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

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

Периодичность: 4 раза в год.

Тираж: 100 экземпляров.

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

E-mail: ijict@iitu.edu.kz

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

© АО Международный университет информационных технологий, 2025

© Коллектив авторов, 2025

EDITOR-IN-CHIEF

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

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF

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

ACADEMIC SECRETARY

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

EDITORIAL BOARD

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Damilya Yeskendirova — Candidate of Technical Sciences, associate professor, Head of the Department of Cybersecurity, International Information Technology University (Kazakhstan)

Aigul Niyazgulova — Candidate of Philological Sciences, Professor, Head of the Department of Media Communications and History of Kazakhstan, International Information Technology University (Kazakhstan)

Altai Aitmagambetov — Candidate of Technical Sciences, Professor, Department of Radio Engineering, Electronics and Telecommunications, International Information Technology University (Kazakhstan)

Yelena Bakhtiyarova — Candidate of Technical Sciences, associate professor, Head of the Department of Radio Engineering, Electronics and Telecommunications, International Information Technology University (Kazakhstan)

Kanibek Sansyzbay — PhD, research professor, Department of Cybersecurity, International Information Technology University (Kazakhstan)

Sakhybay Tynymbayev — Candidate of Technical Sciences, Professor, Research Professor, Department of Computer Engineering, International Information Technology University (Kazakhstan)

Ali Abd Almisreb — PhD, associate professor, Department of Cybersecurity, International Information Technology University (Kazakhstan)

Mohamed Ahmed Hamada — PhD, associate professor, Department of Information Systems, International Information Technology University (Kazakhstan)

Yang Im Chu — PhD, Professor, Gachon University (South Korea)

Tadeusz Wallas — PhD, Vice-Rector, Adam Mickiewicz University (Poland)

Orken Mamyrbayev — PhD, Deputy Director for Science, RSE Institute of Information and Computational Technologies, Committee for Science of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Kazakhstan)

Sergey Bushuyev — Doctor of Technical Sciences, professor, Director of the Ukrainian Project Management Association “UKRNET,” Head of the Department of Project Management, Kyiv National University of Construction and Architecture (Ukraine)

Svetlana Beloshitskaya — Doctor of Technical Sciences, professor, Department of Computing and Data Science, Astana IT University (Kazakhstan)

EDITOR

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

«International Journal of Information and Communication Technologies»

ISSN 2708–2032 (print)

ISSN 2708–2040 (online)

Owner: International Information Technology University JSC (Almaty).

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

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

Periodicity: 4 times a year.

Circulation: 100 copies.

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

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

© International Information Technology University JSC, 2025

© Group of authors, 2025

МАЗМҰНЫ

А.Е. Абдуалиев, Г.Қ. Сембина ГЕНЕТИКАЛЫҚ АЛГОРИТМ ЖӘНЕ БАЙЕСИЯЛЫҚ ГИПЕРПАРАМЕТРЛЕРДІ ОҢТАЙЛАНДЫРУ НЕГІЗІНДЕ АЙМАҚТЫҚ БЮДЖЕТТІ БӨЛҮДІ ОҢТАЙЛАНДЫРУ.....8	8
А.М. Альжанов, К.Қ. Рахымбек, А.Б. Нугуманова БЛОКЧЕЙННЕН ШАБЫТТАНҒАН КОНСЕНСУС МОДЕЛЬДЕРІ АРҚЫЛЫ ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ НЕГІЗІНДЕГІ СУ ТАСҚЫНЫ БОЛЖАМЫНЫҢ ТҰРАҚТЫЛЫҒЫН АРТТЫРУ.....24	24
А.З. Айтмагамбетов, С.Ж. Жұмағали, А.С. Инчин, С.М. Трепашко НАВИГАЦИЯЛЫҚ ПЛОМБА МОДУЛЬДЕРІНІҢ ЭНЕРГИЯ ТҰТЫНУЫН БАҒАЛАУ ҮШІН СТЕНД ӨЗІРЛЕУ ЖӘНЕ СЫНАУ.....45	45
С. Аманжолова, Г. Мутанов, С. Муханов, О. Усатова, А. Razaque ZABVIX ЖӘНЕ GRAFANA КӨМЕГІМЕН ЖЕЛІЛІК БЕЛСЕНДІЛІКТІ БАҚЫЛАУҒА ЖӘНЕ SQL ИНЪЕКЦИЯЛЫҚ ШАБУЫЛДАРЫН АНЫҚТАУҒА АРНАЛҒАН AI-МЕН ЖҰМЫС ІСТЕЙТІН ЖҮЙЕ.....61	61
Н.Ә. Асан, Д.М. Утебаева, А.Е. Қасенхан, Л.М. Илипбаева БІЛІМ БЕРУ ЖҮЙЕЛЕРІНЕ ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТІНІ ЕНГІЗУ.....84	84
О. Бекмурат, В. Сербин, М. Алиманова, Ү. Базарбаева ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ НЕГІЗІНДЕ ЖАСӨСПІРІМДЕРДІҢ СУИЦИДТІК БЕЙІМДІЛІГІН БОЛЖАУ.....100	100
А. Белошицкий, Ю. Андрашко, А. Кучанский, А. Нефтисов, М. Гладка ЖАҢА АУЫЛШАРУАШЫЛЫҚ ДАҚЫЛДАРЫН ӨСІРУ БОЙЫНША ЖЫЛЫЖАЙ АУЫЛШАРУАШЫЛЫҚ КӘСІПОРЫНДАРЫНЫҢ ОПЕРАЦИЯЛЫҚ ҚЫЗМЕТІНЕ ШЕШІМ ҚАБЫЛДАУ ҮЛГІСІ.....115	115
Э. Гайсина, А. Кубашева, А. Кумаргалиева, Г. Дашева, П. Шмидт ОНЛАЙН ОҚЫТУ ПЛАТФОРМАЛАРЫНЫҢ ҚАБЫЛДАНУЫНА ЫҚПАЛ ЕТЕТІН ФАКТОРЛАРДЫ АҚПАРАТТЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР ТҰРҒЫСЫНАН ЗЕРТТЕУШ.....133	133
Ележанова, Х. Кутуку, Ш. Коданова, А. Кубашева, Ж. Аманбаева DuckDB МЕН ChromaDB НЕГІЗІНДЕ ҚЫЗМЕТКЕРЛЕР ТУРАЛЫ МӘЛІМЕТТЕРДІ ӨНДЕУДЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫ ДЕРЕКТЕРДІ ТАЛДАУ ӘДІСТЕРІН ҚОЛДАНУ.....145	145
А.К. Калдарова, М.А. Васкез СТУДЕНТТЕРДІҢ СӨЗДІК ҚОРЫН ДАМУ: WORDWALL ПЛАТФОРМАСЫ НЕГІЗІНДЕГІ ИНТЕРАКТИВТІ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІНІҢ ҰҚПАЛЫ.....173	173
К.В. Колесникова, А.В. Нефтисов, И.М. Казамбаев, Т.М. Олех, Ж. Әбдібаев, МӘЛІМЕТТЕРДІ ИНТЕГРАЦИЯЛАУДЫҢ МӘСЕЛЕЛЕР АРАЛЫҚ СУ РЕСУРСТАРЫН БАСҚАРУДАҒЫ ӘДІСТЕМЕЛІК ҚАҒИДАТТАРЫ.....186	186
Л. Курманғазиева, О. Финдик, В. Махатова, Д. Құдабаева, А. Маратұлы ОБЪЕКТІЛЕРДІ ТАҢУ ЖӘНЕ ЫҒЫСУЫН БАҚЫЛАУҒА АРНАЛҒАН КОНВОЛЮЦИЯЛЫҚ НЕЙРОНДЫҚ ЖЕЛІ.....202	202
Г.М. Мауина, Б.Е. Таныкпаева, А.У. Есиркепова, Г.Ж. Өтеген, Х.М. Рай МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІМЕН АГРОӨНЕРКӘСІПТІК ТИІМДІЛІК КӨРСЕТКІШТЕРІ БОЙЫНША СЫРТҚЫ ФАКТОРЛАРДЫ БАҒАЛАУ.....222	222
К.К. Мырзабек, А.Б. Хасен, Ш.М.У. Хан УАҚЫТТЫҚ ЫҚТИМАЛДЫ АВТОМАТТАР НЕГІЗІНДЕ ӨУЕ ҚОЗҒАЛЫСЫН БАСҚАРУ ЖҮЙЕЛЕРІН ТАЛДАУ.....238	238
М.К. Рыспаева, О.С. Салыкова ТРАНСФЕРЛІК ОҚЫТУ МЕН RADIMAGENET САЛМАҚТАРЫНА НЕГІЗДЕЛГЕН СИРЕК ПАТОЛОГИЯЛАРҒА АРНАЛҒАН GAN ӘДІСІ АРҚЫЛЫ МЕДИЦИНАЛЫҚ БЕЙНЕЛЕРДІ ГЕ НЕРАЦИЯЛАУ.....254	254
Б. Синчев, А. Синчев, Н. Бахтгерейұлы, А. Муханова	

МЫҢЖЫЛДЫҚ МӘСЕЛЕСІНІҢ ШЕШІМДІЛІГІ: Р ЖӘНЕ NP.....	270
М.У. Сулейменова, Д.М. Мұхаммеджанова, А.С. Бижанова ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ НЕГІЗІНДЕ ТЕРІНІ ДИАГНОСТИКАЛАУ ЖӘНЕ МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУДЫ ҚОЛДАНА ОТЫРЫП, ОҒАН КҮТІМ ЖАСАУДЫ ОҢТАЙЛАНДЫРУ.....	278
А. Тлеубаев, С.Е. Керімқұл, А. Адалбек, Ж.С. Асанова, К.Д. Кулиев АНАЛИТИКАЛЫҚ ИЕРАРХИЯ ПРОЦЕСІНЕ НЕГІЗДЕЛГЕН АУЫЛШАРУАШЫЛЫҚ ТЕХНИКАСЫН БАҒАЛАУДЫҢ ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫ ТӘСІЛІ.....	289
М. Уразғалиева, Х.И. Бюльбюль, Б. Утенова, А. Майлыбаева, А. Муханбетқалиева КӨРНЕКІ ДЕРЕКТЕРДІ КОЛОРИЗАЦИЯЛАУ ҮШІН АВТОКОДЕР НЕГІЗІНДЕГІ НЕЙРОЖЕЛЛІК МОДЕЛЬДІ ӘЗІРЛЕУ ЖӘНЕ ОҚЫТУ.....	303
Р.К. Ускенбаева, Ж.Б. Кальпеева, А.Н. Молдагулова, А.Б. Касымова, Р.Ж. Сатыбалдиева ӨНДІРУШІЛЕР МЕН ИМПОРТТАУШЫЛАРҒА АРНАЛҒАН МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУҒА НЕГІЗДЕЛГЕН НЕСИЕЛІК БАҒАЛАУ.....	323

СОДЕРЖАНИЕ

А.Е. Абдуалиев, Г.К. Сембина ОПТИМИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНОГО БЮДЖЕТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА И БАЙЕСОВСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ГИПЕРПАРАМЕТР ОВ.....	8
А.М. Альжанов, К.К. Рахымбек, А.Б. Нугуманова ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НАВОДНЕНИЙ НА ОСНОВЕ ИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОНСЕНСУСНЫХ МОДЕЛЕЙ, ВДОХНОВЛЁННЫХ БЛОКЧЕЙН ОМ.....	24
А.З. Айтмагамбетов, С.Ж. Жумағали, А.С. Инчин, С.М. Трепашко РАЗРАБОТКА И ИСПЫТАНИЯ СТЕНДА ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ МОДУЛЕЙ НАВИГАЦИОННОЙ ПЛОМБЫ.....	45
С. Аманжолова, Г. Мутанов, С. Муханов, О. Усатова, А. Razaque СИСТЕМА МОНИТОРИНГА СЕТЕВОЙ АКТИВНОСТИ И ОБНАРУЖЕНИЯ SQL- ИНЪЕКЦИЙ НА БАЗЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ZABBIX И GRAFANA.....	61
Н.А. Асан, Д.М. Утебаева, А.Е. Касенхан, Л.М. Илипбаева ВНЕДРЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СИСТЕМЫ ОБРАЗОВАНИЯ.....	84
О. Бекмурат, В. Сербин, М. Алиманова, У. Базарбаева ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СУИЦИДАЛЬНЫХ НАКЛОННОСТЕЙ ПОДРОСТКОВ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА.....	100
А. Белоощицкий, Ю. Андрашко, А. Кучанский, А. Нефтисов, М. Гладка МОДЕЛЬ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ОПЕРАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ТЕПЛИЧНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ НОВЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР.....	115
Э. Гайсина, А. Кубашева, А. Кумарғалиева, Г. Дашева, Р. Schmidt ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ПРИНЯТИЕ ОНЛАЙН-ПЛАТФОРМ ОБУЧЕНИЯ, С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	133
Ш. Ележанова, Х. Кутуку, Ш. Коданова, А. Кубашева, Ж. Аманбаева ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ В ОБРАБОТКЕ ИНФОРМАЦИИ О СОТРУДНИКАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ DuckDB и ChromaDB.....	145
А.К. Калдарова, М.А. Васкес РАСШИРЕНИЕ СЛОВАРНОГО ЗАПАСА У СТУДЕНТОВ: ВЛИЯНИЕ ИНТЕРАКТИВНЫХ ОБУЧАЮЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ НА ОСНОВЕ WORDWALL.....	173
К.В. Колесникова, А.В. Нефтисов, И.М. Казамбаев, Т.М. Олех, Ж. Абдибаев, МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ИНТЕГРАЦИИ ДАННЫХ В УПРАВЛЕНИИ ТРАНСГРАНИЧНЫМИ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ.....	186



Л. Курмангазиева, О. Финдик, В. Махатова, Д. Кудабасева, А. Маратулы СВЕРТОЧНАЯ НЕЙРОННАЯ СЕТЬ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ И ОТСЛЕЖИВАНИЯ СМЕЩЕНИЙ ОБЪЕКТОВ.....	202
Г.М. Мауина, Б.Е. Таныкпаева, А.У. Есиркепова, Г.Ж. Өтеген, Х.М. Рай ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ НА ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ АГРОПРОМЫШЛЕННОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕ- НИЯ.....	222
К.К. Мырзабек, А.Б. Хасен, Ш.М.У. Хан АНАЛИЗ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЕРОЯТНОСТНЫХ АВТОМАТОВ С ВРЕМЕННЫМИ ОГРАНИЧЕНИЯМИ.....	238
М.К. Рыспаева, О.С. Салыкова ГЕНЕРАЦИЯ МЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ GAN ДЛЯ РЕДКИХ ПАТОЛОГИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТРАНСФЕРНОГО ОБУЧЕНИЯ И ВЕСОВ RADIMA GENET.....	254
Б. Синчев, А. Синчев, Н. Бахтгерейулы, А. Муханова РАЗРЕШИМОСТЬ ПРОБЛЕМЫ ТЫСЯЧЕЛЕТИЯ P ПРОТИВ NP.....	270
М.У. Сулейменова, Д.М. Мухаммеджанова, А.С. Бижанова ДИАГНОСТИКА КОЖИ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И ОПТИМИЗАЦИЯ УХОДА ЗА НЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ...278	
А.Б. Тлеубаев, С.Е. Керимкулов, А. Адалбек, Ж.С. Асанова, К.Д. Кулиев ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ НА ОСНОВЕ ПРОЦЕССА АНАЛИТИЧЕСКОЙ ИЕРАРХИИ.....	289
М. Уразгалиева, Х.И. Бюльбюль, Б. Утенова, А. Майлыбаева, А. Муханбеткалиева РАЗРАБОТКА И ОБУЧЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕВОЙ МОДЕЛИ АВТОКОДИРОВЩИКА ДЛЯ КОЛОРИЗАЦИИ ВИЗУАЛЬНЫХ ДАННЫХ.....	303
Р.К. Ускенбаева, Ж.Б. Кальпеева, А.Н. Молдагулова, А.Б. Касымова, Р.Ж. Сатыбалдиева КРЕДИТНЫЙ СКОРИНГ НА ОСНОВЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ И ИМПОРТЕРОВ.....	323

CONTENTS

A.E. Abdualiyev, G.K. Sembina OPTIMIZATION OF REGIONAL BUDGET ALLOCATION USING GENETIC ALGORITHM AND BAYESIAN HYPERPARAMETER OPTIMIZATION.....	8
A. Alzhanov, K. Rakhymbek, A. Nugumanova IMPROVING ROBUSTNESS IN AI FLOOD FORECASTING VIA BLOCKCHAIN-INSPIRED CONSENSUS MODELS	24
A.Z. Aitmagambetov, S.Zh. Zhumagali, A.S. Inchin, S.M. Trepashko DEVELOPMENT AND TESTING OF A STAND FOR EVALUATING THE ENERGY CONSUMPTION OF NAVIGATION SEAL MODULES.....	45
S. Amanzholova, G. Mutanov, S. Mukhanov, O. Ussatova, A. Razaque AI-POWERED SYSTEM FOR NETWORK ACTIVITY MONITORING AND DETECTION OF SQL INJECTION ATTACKS USING ZABBIX AND GRAFANA.....	61
N. Assan, D. Utebayeva, A. Kassenkhan, L. Ilipbayeva INTRODUCTION OF AI IN EDUCATION SYSTEMS.....	84
O. Bekmurat, V. Serbin, M. Alimanova, U. Bazarbayeva AI-BASED PREDICTION OF ADOLESCENT SUICIDAL TENDENCIES.....	100
A. Biloshchytskyi, Y. Andrashko, O. Kuchanskyi, A. Neftissov, M. Gladka DECISION-MAKING MODEL FOR GREENHOUSE AGRICULTURAL ENTERPRISE OP- ERATIONS IN THE CASE OF CULTIVATING NEW AGRICULTURAL CROPS.....	115
E. Gaisina, A. Kubasheva, A. Kumargaliyeva, G. Dasheva, P. Shmidt INVESTIGATING FACTORS INFLUENCING THE ADOPTION OF ONLINE LEARNING PLATFORMS FROM AN INFORMATION TECHNOLOGY PERSPECTIVE.....	133



Sh. Yelezhanova, H. Kutucu, Sh. Kodanova, A. Kubasheva, Zh. Amanbayeva APPLICATION OF INTELLIGENT DATA ANALYSIS METHODS TO EMPLOYEE INFORMATION PROCESSING USING DuckDB and ChromaDB.....	145
A.K. Kaldarova, M.A. Vasquez ENHANCING VOCABULARY ACQUISITION IN STUDENTS: THE IMPACT OF WORD-WALL-BASED INTERACTIVE LEARNING TOOLS.....	173
K.V. Kolesnikova, A.V. Neftissov, I.M. Kazambayev, T.M. Olekh, Zh. Abdibayev, METHODOLOGICAL APPROACH TO DATA INTEGRATION IN TRANSBOUNDARY WATER RESOURCES MANAGEMENT.....	186
L. Kurmangazyeva, O. Findik, V. Makhatova, D. Kudabayeva, A. Maratuly CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK FOR RECOGNITION AND TRACKING OF OBJECT DISPLACEMENTS.....	202
G. Mauina, B. Tanykpayeva, A. Yessirkepova, G. Otegen, H.M. Rai EVALUATION OF EXTERNAL FACTORS ON AGROINDUSTRIAL EFFICIENCY INDICATORS USING MACHINE LEARNING METHODS.....	222
K. Myrzabek, A. Khassen, S. Khan PROBABILISTIC TIMED AUTOMATA ANALYSIS OF AIR TRAFFIC CONTROL SYSTEMS...	238
M.K. Ryspayeva, O.S. Salykova GAN-BASED MEDICAL IMAGE GENERATION FOR RARE PATHOLOGIES USING TRANSFER LEARNING AND RADIMAGENET WEIGHTS.....	254
B. Sinchev, A. Sinchev, N. Bakhtgereiuly, A. Mukhanova SOLVABILITY OF THE MILLENNIUM PROBLEM: P VS NP.....	270
M.U. Suleimenova, D.M. Mukhammejanova, A.S. Bizhanova AI-BASED SKIN DIAGNOSTICS AND SKINCARE OPTIMIZATION USING MACHINE LEARNING.....	278
A.B. Tleubayev, S.E. Kerimkhulle, A. Adalbek, Z.S. Assanova, K.D. Kuliev AN INTELLIGENT APPROACH TO EVALUATING AGRICULTURAL MACHINERY BASED ON THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS.....	289
M. Urazgaliyeva, H.İ. Bülbül, B. Utenova, A. Mailybayeva, A. Mukhanbetkaliyeva DEVELOPMENT AND TRAINING OF A NEURAL NETWORK AUTOENCODER MODEL FOR VISUAL DATA COLORIZATION.....	303
R.K. Uskenbayeva, Zh.B. Kalpeyeva, A.N. Moldagulova, A.B. Kassymova, R.Zh. Satybaldiyeva MACHINE LEARNING-BASED CREDIT SCORING FOR MANUFACTURERS AND IMPORTERS.....	323

SOLVABILITY OF THE MILLENNIUM PROBLEM: P VS NP**B. Sinchev^{1*}, A. Sinchev², N. Bakhtgereiuly³, A. Mukhanova⁴**¹International Information Technology University, Almaty, Kazakhstan;²National Information Technologies JSC, Astana, Kazakhstan³Nazarbayev University, Astana, Kazakhstan;⁴Q-university, Almaty, Kazakhstan.E-mail: sinchev@mail.ru**Sinchev Bakhtgerey** — Doctor of Technical Sciences, professor, the Department of Information Systems, International Information Technology University, Almaty KazakhstanE-mail: sinchev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8557-8458>;**Sinchev Askar** — Master of Sc., National Information Technologies JSC, Astana, KazakhstanE-mail: askar.sinchev@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7333-2255>;**Bakhtgereiuly Nursultan** — student, Nazarbayev University, School of Engineering and Digital Sciences, Astana, Kazakhstan,<https://orcid.org/0009-0005-3234-294X>;**Mukhanova Aksulu** — Candidate of Technical Sciences, senior lecturer, “Q” University, Almaty, Kazakhstan<https://orcid.org/0000-0001-6781-5501>.

© B. Sinchev, A. Sinchev, N. Bakhtgereiuly, A. Mukhanova

Abstract. In this study, the necessary theoretical foundation is based on Cantor’s set theory. First, the inequality $NP \neq P$ is established using Theorem1 for arbitrary finite sets, thereby substantiating the existence of exponential-time algorithms for the NP class. Second, the equality $NP = P$ is demonstrated based on the proposed Theorem2, which provides a method for comparing the cardinalities of different sets and has significant practical implications, thereby proving the existence of polynomial-time algorithms for NP-complete problems. Furthermore, reduction methods are proposed for several NP-complete problems, including the subset sum problem for natural numbers, the partition problem, the independent set problem of size k , and the k - vertex cover problem, all of which are reduced to the NP-complete subset sum problem. Finally, P. Kopanov’s counterexample, which addresses a specific instance of the NP-complete partition problem by generating Bernoulli-distributed random variables, is analyzed. However, this counterexample does not constitute a rigorous proof of the inequality between these complexity classes.

Keywords: P class, NP class, NP-complete class, set, subset, cardinality, time complexity, space complexity, countability, equinumerosity, Diophantine equation, algorithm

For citation: S B. Sinchev, A .Sinchev, N. Bakhtgereiuly, A. Mukhanova. Solvability of the millennium problem: P vs NP//International journal of information and communication technologies. 2025. Vol. 6. No. 23. Pp. 270–277. (In Eng.). <https://doi.org/10.54309/IJICT.2025.23.3.016>.

Acknowledgments. *This research has been funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AP26101119)*

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

МЫҢЖЫЛДЫҚ МӘСЕЛЕСІНІҢ ШЕШІМДІЛІГІ: P ЖӘНЕ NP

Б. Синчев^{1*}, А. Синчев², Н. Бахтгерейұлы³, А. Муханова³

¹Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті, Алматы, Қазақстан;

²«Ұлттық ақпараттық технологиялар» АҚ, Астана, Қазақстан;

³Назарбаев Университеті, Астана, Қазақстан;

⁴Q-university, Алматы, Қазақстан.

E-mail: sinchev@mail.ru

Синчев Бахтгерей — техникалық ғылымдар докторы, Ақпараттық жүйелер кафедрасының профессоры, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті

E-mail: sinchev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8557-8458>;

Синчев Асқар — магистр, «Ұлттық ақпараттық технологиялар» АҚ, Астана, Қазақстан

<https://orcid.org/0000-0002-7333-2255>;

Бахтгерейұлы Нұрсұлтан — студент, Назарбаев Университеті, Инженерия және цифрлық ғылымдар мектебі

<https://orcid.org/0009-0005-3234-294X>;

Муханова Ақсұлу — техникалық ғылымдар кандидаты, Q-university аға оқытушысы

<https://orcid.org/0000-0001-6781-5501>.

© Б.Синчев, А.Синчев, Н.Бахтгерейұлы, А.Муханова

Аннотация. Бұл жұмыста қажетті теориялық материал Кантор жиындар теориясына негізделген. Біріншіден, кез келген шектеулі жиындар үшін 1-теорема негізінде $NP \neq P$ сыныптарының теңсіздігі дәлелденді, осылайша NP сыныбы үшін экспоненциалды алгоритмдердің бар болуы негізделген. Екіншіден, әртүрлі жиындардың күштерін салыстыратын 2-теорема негізінде $NP = P$ сыныптарының теңдігі дәлелденді, бұл қолданбалы маңызы бар және NP-complete тапсырмалары үшін полиномды алгоритмдердің бар болуын негіздейді. Сон-

дай-ақ, табиғи сандардың қосымша жиындарының қосындысы туралы NP-complete тапсырмаларын, жиынды екі жиынға бөлу (partition problem), тәуелсіз жиын (independent set) күшін k және k -шы шыңының жабыны (vertex cover) туралы NP-complete қосымша жиындары тапсырмасына түрлендіру әдістері ұсынылған. П. Копановтың Бернулли кездейсоқ айнымалыларын генерациялау арқылы қосындысы тең екі жиынды бөлу туралы нақты NP-complete тапсырмасын шешетін контрмысалы қарастырылған және ол осы сыныптардың теңсіздігін дәлелдейтін қатаң дәлел емес.

Түйін сөздер: Р класы, NP класы, NP-complete класы, жинақ, қосымша жинақ, қуат, уақыт, кеңістік, есептелетіндік, тең қуаттылық, Диофанттың теңдеуі, алгоритм

Дәйексөздер үшін: Б. Синчев, А. Синчев, Н. Бахтгерейұлы, А. Муханова. Мыңжылдық мәселесінің шешімділігі: Р және NP//Халықаралық ақпараттық және коммуникациялық технологиялар журналы. 2025. Том. 6. № 23. 270–277 бет. (Ағыл). <https://doi.org/10.54309/IJICT.2025.23.3.016>.

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

РАЗРЕШИМОСТЬ ПРОБЛЕМЫ ТЫСЯЧЕЛЕТИЯ Р ПРОТИВ NP

Б. Синчев^{1}, А. Синчев², Н. Бахтгерейұлы³, А. Муханова³*

¹Международный университет информационных технологий, Алматы, Казахстан;

²АО «Национальные информационные технологии», Астана, Казахстан;

³Назарбаев Университет, Астана, Казахстан;

⁴Q-university, Алматы, Казахстан.

E-mail: sinchev@mail.ru

Синчев Бахтгерей — доктор технических наук, профессор кафедры «Информационных систем», Международный университет информационных технологий, Алматы, Казахстан

E-mail: sinchev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8557-8458>;

Синчев Асқар — магистр, АО «Национальные информационные технологии», Астана, Казахстан,

<https://orcid.org/0000-0002-7333-2255>;

Бахтгерейұлы Нурсултан — студент, Назарбаев университет, Школа инженерии и цифровых наук, Астана, Казахстан,

<https://orcid.org/0009-0005-3234-294X>;

Муханова Аксулу — кандидат технических наук, старший преподаватель Q-University, Алматы, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0001-6781-5501>.

© Б. Синчев, А. Синчев, Н. Бахтгерейұлы, А. Муханова

Аннотация. В данной работе необходимый теоретический материал базируется на теории множеств Кантора. Во-первых, доказано неравенство классов на основе теоремы¹ для произвольных конечных множеств и тем самым обосновано существование экспоненциальных алгоритмов для класса, во-вторых, доказано равенство классов на базе предложенной теоремы² сравнения мощностей разных множеств, имеющей прикладную значимость, и обосновано существование полиномиальных алгоритмов для NP-complete задач. Предложены методы сведения NP-complete задач о сумме подмножества натуральных чисел, о разбиении множества на два подмножества (partition problem), о независимом множестве (independent set) мощности k и о k -вершинном покрытии (vertex cover) к NP-complete задаче о сумме подмножества (subset sum). Рассмотрен контрпример П. Копанова, решающий конкретную NP-complete задачу о разбиении множества на два подмножества с равными суммами при генерации случайных величин Бернулли, и оно не является строгим доказательством неравенства этих классов.

Ключевые слова: класс P, класс NP, класс NP-complete, множество, подмножество, мощность, время, пространство, счетность, равномощность, диафантово уравнение, алгоритм

Для цитирования: Б. Синчев, А. Синчев, Н. Бахтгерейулы, А. Муханова. Разрешимость проблемы тысячелетия P против NP//Международный журнал информационных и коммуникационных технологий. 2025. Т. 6. No. 23. Стр. 270–277. (На англ.). <https://doi.org/10.54309/IJICT.2025.23.3.016>.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Introduction

In 1971, S. Cook (Cook, 1971, 151–158) formulated the P vs NP problem, revealing that within the NP class, there exist the “most difficult” NP-complete problems – those to which all NP problems can be reduced. He demonstrated NP-completeness for Boolean satisfiability problems. In 1972, R. Karp (Cobham, 1964: 24–30) established NP-completeness for 21 problems. Similar questions had previously been explored in the works of Cobham and Edmonds (Edmonds, 1965: 449–467; Karp, 1972: 85–103).

Currently, there are over 3,000 known NP-complete problems, requiring a detailed analysis of the time and space complexity of solution algorithms. This leads to the following challenges:

- If $\text{NP} \neq \text{P}$: it is necessary to identify a non-polynomial (exponential or pseudo-polynomial) problem among NP-complete problems.;
- If $\text{P} = \text{NP}$: it is necessary to find a polynomial-time solvable problem among NP-complete problems.

Numerous attempts have been made to prove or disprove this millennium problem in various studies (Peter Kopanov; Vinay, 2010; Anand, 2008) and others. This work is dedicated to addressing the P vs NP millennium problem.

P vs NP Problem Statement

The core of the problem is whether an algorithm that can quickly verify a given solution for all problems (i.e., in polynomial time) can also efficiently find such a solution. Since the first condition defines the class of problems known as NP and the second defines P, the question reduces to whether all problems in NP also belong to P.

This is widely regarded as one of the most significant open problems in mathematics and theoretical computer science, with profound scientific and practical implications. Initially, we consider S. Cook's problem concerning the equality or inequality of the NP and P classes.

- **Problem 1:** The decidability of the inequality $NP \neq P$.
- **Problem 2:** The decidability of the equality $NP = P$.

Methods of Decidability of Problems

To this day, the problem of P vs NP continues to concern both humanity and the mathematical community. It is important to note that, up to the present time, there is no strict proof for the two problems mentioned above. In P. Kopanov's work (Peter Kopanov), it is shown that $NP \neq P$ based on the generation of random numbers when solving the specific problem of partitioning a set into two subsets with equal sums.

The decidability of these millennium problems is based on Cantor's developed set theory (Верещагин et al., 2017: 112).

The set $P(X)$ - is the set of all subsets of set X commonly known in English as the power set.

Thus, for a finite set, we have the following:

Theorem 1. No n -element set X^n is equinumerous with the set $P(X^n)$ of all subsets of the set X^n .

Proof. The cardinality of a finite set X^n is $|X^n| = n$. Next, to calculate the cardinality of the set $P(X^n)$, we apply the binomial coefficient function C_n^k ($k \leq n$), specifically: $|P(X^n)| = \sum_{k=0}^n C_n^k = 2^n$. From the comparison of the cardinalities of these sets $X^n, P(X^n)$ we observe that $|X^n| < |P(X^n)|$ as $n < 2^n$ for any natural number n . This implies that the set X^n is equinumerous with a part of the set $P(X^n)$, but $P(X^n)$ is not equinumerous with any part of X^n . In this case, it is true that X^n has a smaller cardinality than $P(X^n)$.

Corollary 1. The time to sample any subset of the set X^n and the required space satisfy the inequalities: $T \leq O(2^n), S \leq O(2^n)$.

Let us introduce X^k as a k -element subset of X^n and X^{n-k} , where $X^{n-k} = X^n \setminus X^k$, $X^k \cap X^{n-k} = \emptyset, k \leq \frac{n}{2}$, since $C_n^k = C_n^{n-k}$. According to Theorem 1, the set X^n is equinumerous with a part of the set $P(X^n)$, so for $k = \frac{n}{2}$ we have:

Theorem 2. The time to sample the subset $X^{n/2}$ satisfies the condition: $T \leq O((\sqrt{2})^n) = O(1,41)^n$.

Proof. Due to the symmetry $C_n^k = C_n^{n-k}$, the maximum value of the binomial coefficient function is achieved when $k = \frac{n}{2}$. On the other hand $|P(X^{n/2})| = \sum_{k=0}^{n/2} C_n^k = 2^{n/2}$, which is equivalent to $(\sqrt{2})^n$. The latter equality also

follows from the relation: $\sum_{k=0}^n (-1)^k C_n^k = 0$. This relation shows that the number of subsets with even cardinality of the set X^n equals the number of subsets with odd cardinality X^n and there is no need to find the maximum value of the binomial coefficient function. Therefore, the time to sample satisfies the inequality: $T \leq O(1,41)^n$.

Corollary2. This theorem holds for $1 \leq k < \frac{n}{2}$ as $|P(X^k)| = \sum_{k=1}^n C_n^k = 2^k$ and $|P(X^{n-k})| = \sum_{k=1}^{n-k} C_n^{n-k} = 2^{n-k}$. When $k = 0$ the subset X^k is empty and $X^{n-k} = X^n$.

Practical Application of the Obtained Results on the Decidability of the Millennium Problem for NP-Complete Problems

The NP-complete Subset Sum Problem1 is formulated as follows. Given a set of distinct positive integers $X^n = \{x_1, x_2, \dots, x_{n-1}, x_n\}$ of cardinality $n = |X^n|$ and a certificate (integer) S^k , the objective is to determine whether there exists at least one k -element subset X^k of cardinality $k = |X^k|$, ($X^k \subseteq X^n, k \leq n$), such that the sum of its elements equals the certificate S^k .

Here, the upper indices of all variables and other quantities indicate the cardinality of the respective set or subset.

Thus, the formal parameterized formulation of the NP-complete Subset Sum Problem is given by:

$$S^k: \exists X^k \subseteq X^n, \sum_{x_i \in X^k} x_i = S^k. \quad (1)$$

Due to the one-to-one correspondence between the elements X^n and the index set $N^n = \{1, 2, \dots, n\}$ an NP-complete Subset Sum Problem2 $N^k \subseteq N^n$ can be formulated with cardinality $k = |N^k|$ and index certificate s^k :

$$s^k: \exists N^k \subseteq N^n, \sum_{n_i \in N^k} n_i = s^k, \quad (2)$$

where n_i can be set equal to i , so that: $\sum_{i \in N^k} i = s^k$.

There exists a one-to-one correspondence between the elements of X^n and $N^n: x_i \in X^n, i \in N^n$. If necessary, each set can be represented as a sorted finite sequence. The indices of the subset X^k are selected based on the combination function:

$$C_n^k = \frac{n!}{k!(n-k)!} = \frac{n(n-1)(n-2)\dots(n-k+1)}{k!}. \quad (3)$$

It is crucial to note that Horowitz and Sahni [9] developed exponential-time algorithms for solving the subset sum problem1, where the certificate is obtained through the scalar product:

$$S^k = (\alpha' x) = \sum_{i=1}^n \alpha_i x_i, \quad (4)$$

where α is an n -dimensional vector with coordinates $\alpha_i \in \{0, 1\}$. The number of vectors α corresponds to the number of subsets of X^n , which is 2^n .

The execution time of the exponential algorithm is primarily determined by the selection of the required vector α , and thus it satisfies the complexity bound $T \leq O(2^n)$. Their improvements led to a reduction in time and space complexity

to $T \leq O\left(2^{\frac{n}{2}}\right)$, $S \leq O\left(2^{\frac{n}{2}}\right)$, while Shroepel and Shamir (Schroepel et al., 1981: 456–464) further established a space complexity bound of $S \leq O\left(2^{\frac{n}{4}}\right)$. These results confirm the validity of relevant theorems.

In the works of B. Sinchev et.al (Sinchev et al., 2024: 627–637; Sinchev et al., 2020: 97–101; Синчев, 2021, 67—71; Sinchev et al., 2020), polynomial-time algorithms for solving NP-complete problems 1 and 2 were established, thereby supporting Theorem 2 and the equality of complexity classes $NP = P$. Further developments in the optimization of pseudo-polynomial algorithms can be found in sources (Konstantinos Koiliaris, 2017; Karl Bringmann, 2017; A.Lincoln et al.).

Methods for Reducing Other NP-Complete Problems to the Subset Sum Problem

First Reduction Method. Kopanov (Peter Kopanov) studied the NP-complete problem of partitioning a set of integers into two subsets such that the sum of the elements in the first subset is equal to the sum of the elements in the second subset. This Partition Problem is equivalent to the Subset Sum Problem1 when applied to an n -element set of distinct positive integers with a certificate $S = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n x_i$. Therefore, all results obtained for the Subset Sum Problem1 can be directly applied to the Partition Problem.

Second Reduction Method. The studies of Karp (Karp, 1972: 85–103) and Okhotin (Охотин, 202) focus on the Independent Set Problem, where the goal is to find an independent set $I \subseteq N = \{1, 2, \dots, n\}$ of cardinality k in a graph $G = \{V, E\}$, and on the Vertex Cover Problem. Their results establish that the problem of finding an independent set I in a graph $G = \{V, E\}$ can be reduced to the problem of finding a vertex cover of size $|V| - k$ in the same graph. This follows from the fact that a set I – is independent if and only if its complement $V \setminus I$ forms a vertex cover. Indeed, I – is independent if and only if for every edge at least one of its endpoints does not belong to I , meaning it must belong to $V \setminus I$. Is enough setting $X^n = V$, $|X^n| = |V| = n$, $I = X^k$, $X^{n-k} = X^n \setminus X^k$. The goal is then to verify whether at least one endpoint of each edge does not belong to X^k and, consequently, belongs to X^{n-k} .

Reduction methods are developed individually for each specific NP-complete problem.

Conclusion

Initially, Theorems1 and 2 addressing the Millennium Problem on the equality or inequality of the complexity classes P and NP were proven based on Cantor's set theory. The scientific and practical significance of the obtained results is directly confirmed by the existence of both exponential and polynomial algorithms for solving specific NP-complete problems. Reduction methods were proposed for NP-complete problems, including the Subset Sum Problem, the Partition Problem (dividing a set into two subsets with equal sums), the Independent Set Problem of size k , and the Vertex Cover Problem, demonstrating their reducibility to the Subset Sum Problem.

Additionally, we examined Kopanov's counterexample, which provides a

solution to the Partition Problem based solely on the properties of Bernoulli random variables. However, this particular solution does not constitute a rigorous proof of the inequality $P \neq NP$.

REFERENCES

- B.S. Anand (2008). A trivial solution to $P \neq NP$. // To appear in proceedings 2008 International Conference on Foundation of Computer Science. — July 14-17. — Las Vegas, USA. — 2008
- Александр Охотин (2022). NP-полные задачи. http://users.math-cs.spbu.ru/okhotin/teaching/tcs_2022/
- Н.К. Верещагин, А. Шень (2017). Лекции по математической логике и теории алгоритмов. — Часть 1. Начала теории множеств. 5-е изд. — М.: МЦНМО. — 2017. — 112 p.
- S.A.Cook (1971). The complexity of theorem-proving procedures. // STOC 1971. — 151–158.
- A.Cobham (1964). The intrinsic computational difficulty of functions. // In Proceedings of the Congress for logic, methodology and philosophy of science. — NorthHoiLand. — 1964. — Pp. 24–30.
- Egmonds J. Parths (1965). trees and flowers. // Canadian Journal of mathematics. — 1965. — Vol.17. — Pp. 449–467.
- Konstantinos Koiliaris, Chao Xu (2017). A Faster pseudopolynomial time algorithm for subset sum. To appear in SODA '17. — 2017. //arXiv:1610.04712v2[cs.Ds]. — 8 Jan 2017. — P.18.
- Karl Bringmann. A near-linear pseudopolynomial time algorithm for subset sum. To appear in SODA '17. — 2017. //arXiv:1610.04712v2[cs.Ds]. — 8 Jan 2017. — P. 18.
- R.M. Karp (1972). Reducibility among combinatorial problems. // Complexity of Computer Computations (1972), IBM Research Symposia Series. — Pp. 85–103.
- A.Lincoln, V.Williams, JR Wang, R.Williams. Deterministic Time-Space Tradeoffs for k-SUM. //arXiv pre-print arXiv:1605.07285
- Peter Коранов. Контрпример утверждению $P = NP$: Научное объяснение. DOI:10.9734/bpi/ramrcs/v4/4968F
- Vinay Deoliakar (2010). $P \neq NP$. // HP Research Labs, Palo Alto. — 2010
- E. Horowitz, S. Sanni (1974). Computing Partitions with Application to the Knapsack Problem. // — *Journal of the ACM(JACM)*. — 1974. — T21. — Pp. 277–292
- R. Schroepel, A. Shamir (1981). A $T=O(2n/2)$, $S=O(2n/4)$ Algorithm for Certain NP-Complete Problem// — *SIAM Journal on Computing*. — 1981. — Vol.10. — № 3. — Pp. 456–464
- B. Sinchev, A. Sinchev, A.M. Mukhanova (2024). Algorithm based on the subset sum problem for high performance computing. // Springer Link Proceedings of Ninth International Congress on Information and Communication Technology. — 20 July 2024. — Pp. 627–637
- B. Sinchev, A. Sinchev, J. Akzhanova, Y. Issekeshv, A. Mukhanova (2020). Polynomial time algorithms for solving NP-complete problems. // — *News of the National Academy of Sciences of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences*. — Volume 3. — Number 441.— Pp. 97–101
- B. Sinchev (2021). О полиномиальной разрешимости класса NP-complete // International journal of information and communication technologies. — Том 2. — Вып. 8. — 2021. — P. 67–71
- B. Sinchev, A.B. Sinchev, Z.A. Akzhanova, Y. Issekeshv (2020). Computing network architecture for reducing a computing operation time and memory usage associated with determining, from a set of data elements, a subset of at least two data elements, associated with a target computing operation result//Patent USPTO 10. — 860. — 317 B2. — 2020.



**ХАЛЫҚАРАЛЫҚ АҚПАРАТТЫҚ ЖӘНЕ
КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР ЖУРНАЛЫ**

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ ИНФОРМАЦИОННЫХ И
КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION AND
COMMUNICATION TECHNOLOGIES**

Правила оформления статьи для публикации в журнале на сайте:

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

ISSN 2708–2032 (print)

ISSN 2708–2040 (online)

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

ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР
Мрзабаева Раушан Жалиқызы

НАУЧНЫЙ РЕДАКТОР
Ермакова Вера Александровна

ТЕХНИЧЕСКИЙ РЕДАКТОР
Рашидинов Дамир Рашидинович

КОМПЬЮТЕРНАЯ ВЕРСТКА
Асанова Жадыра

Подписано в печать 15.09.2025.

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

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