

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, профессор, 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](mailto: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](mailto: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)

**Nurzhan 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](mailto:ijict@iitu.edu.kz)

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

© International Information Technology University JSC, 2025

© Group of authors, 2025

---

## МАЗМҰНЫ

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

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

## СОДЕРЖАНИЕ

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





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

## CONTENTS

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



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



## AN INTELLIGENT APPROACH TO EVALUATING AGRICULTURAL MACHINERY BASED ON THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS

**A.B. Tleubayev<sup>1</sup>, S.E. Kerimkhulle<sup>2</sup>, A. Adalbek<sup>2\*</sup>, Z.S. Assanova<sup>3</sup>, K.D. Kuliev<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana, Kazakhstan;

<sup>2</sup>L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan;

<sup>3</sup>Korkyt Ata Kyzylorda University, Kyzylorda, Kazakhstan;

<sup>4</sup>Samarkand State University named after Sh. Rashidov, Samarkand, Uzbekistan<sup>7</sup>

E-mail: [adalbek\\_a@enu.kz](mailto:adalbek_a@enu.kz)

**Tleubayev Azat** — PhD student, S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana, Kazakhstan

E-mail: [a.tleubaev@kazatu.edu.kz](mailto:a.tleubaev@kazatu.edu.kz), <https://orcid.org/0000-0002-1361-0671>;

**Kerimkhulle Seyit** — professor of the Department of Information Systems, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

E-mail: [kerimkul\\_sye@enu.kz](mailto:kerimkul_sye@enu.kz), <https://orcid.org/0000-0002-5886-6064>;

**Adalbek Alibek** — PhD student of the Department of Information Systems, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

E-mail: [adalbek\\_a@enu.kz](mailto:adalbek_a@enu.kz), <https://orcid.org/0000-0001-8543-2192>;

**Assanova Zhanna** — senior lecturer of the Department of Informatics and ICT, Korkyt Ata Kyzylorda University, Kyzylorda, Kazakhstan

E-mail: [zhan-84-84@mail.ru](mailto:zhan-84-84@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0003-4456-9891>;

**Kuliev Komil** — professor, of the Department of Mathematical Physics and Functional Analysis, Samarkand State University named after Sh. Rashidov, Samarkand, Uzbekistan

E-mail: [kkuliyev@samdu.uz](mailto:kkuliyev@samdu.uz), <https://orcid.org/0000-0002-1111-456X>.

© A.B. Tleubayev, S.E. Kerimkhulle, A. Adalbek, Z.S. Assanova, K.D. Kuliev

**Abstract.** Selecting appropriate agricultural machinery is a complex decision-making task involving various agriculture-related variables and the decision-maker's economic and social considerations. This study aims to enhance agricultural productivity by selecting optimal machinery through an intelligent information system. The research proposes a multi-criteria decision-making model integrated into the system to eliminate subjectivity. It supports producers, suppliers, and policymakers in mak-

ing reliable, data-driven decisions. Four combine harvesters were evaluated using the Analytic Hierarchy Process (AHP) based on technical parameters. Unlike single-criterion approaches, this study justifies the importance of multiple factors and ensures reliability by calculating the consistency ratio of expert judgments. The novelty lies in applying a multi-criteria evaluation method adapted to Kazakhstan's agricultural context. The approach can guide machinery procurement, subsidy allocation, logistics planning, and modernization strategies, providing a scientific basis for future decision-making in the sector.

**Keywords:** agricultural machinery, decision making, multi-criteria analysis, intelligent information system, analytical hierarchy process (AHP), machine selection model, productivity improvement

**For citation:** 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//International journal of information and communication technologies. 2025. Vol. 6. No. 23. Pp. 289–302. (In Eng.). <https://doi.org/10.54309/IJICT.2025.23.3.018>.

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

## АНАЛИТИКАЛЫҚ ИЕРАРХИЯ ПРОЦЕСІНЕ НЕГІЗДЕЛГЕН АУЫЛШАРУАШЫЛЫҚ ТЕХНИКАСЫН БАҒАЛАУДЫҢ ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫ ТӘСІЛІ

*А. Тлеубаев<sup>1</sup>, С.Е. Керімқұл<sup>2</sup>, А. Адалбек<sup>2\*</sup>, Ж.С. Асанова<sup>3</sup>, К.Д. Қулиев<sup>4</sup>*

<sup>1</sup>С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана, Қазақстан;

<sup>2</sup>Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан;

<sup>3</sup>Қорқыт ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда, Қазақстан;

<sup>4</sup>Ш. Рашидов атындағы Самарқан мемлекеттік университеті, Самарқан, Өзбекстан.

E-mail: adalbek\_a@enu.kz

**Тілеубаев Азат** — PhD докторанты, С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана, Қазақстан

E-mail: a.tleubaev@kazatu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-1361-0671>;

**Керімқұл Сейіт** — «Ақпараттық жүйелер» кафедрасының профессоры, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

E-mail: kerimkul\_sye@enu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-5886-6064>;

**Адалбек Алибек** — «Ақпараттық жүйелер» кафедрасының PhD докторанты, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

E-mail: adalbek\_a@enu.kz. <https://orcid.org/0000-0001-8543-2192>;

**Асанова Жанна** — «Информатика және АКТ» кафедрасының аға оқытушы, Қорқыт ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда, Қазақстан

E-mail: zhan-84-84@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4456-9891>;

**Кулиев Комил** — «Математикалық физика және функционалдық талдау» кафедрасының профессоры, Ш. Рашидов атындағы Самарқан мемлекеттік университеті, Самарқан, Өзбекстан

E-mail: [kkuliyev@samdu.uz](mailto:kkuliyev@samdu.uz), <https://orcid.org/0000-0002-1111-456X>.

© А.Б. Тлеубаев, С.Е. Керімқұл, А.Адалбек, Ж.С. Асанова, К.Д. Кулиев

**Аннотация.** Ауылшаруашылық техникасын қажетті шаруашылыққа таңдау шешім қабылдау есептерінің күрделі мәселелерінің бірі. Таңдау шешім қабылдаушы тұлғаның экономикалық, әлеуметтік аспектілерін ескеріп, ауылшаруашылығына байланысты айнымалылар жиынын құрайды. Осы ғылыми жұмыстың мақсаты – ауылшаруашылығының өнімділігін арттыру үшін тиімді техниканы интеллекті ақпараттық жүйенің көмегімен таңдау. Зерттеудің маңыздылығы – ауылшаруашылығы техникасын таңдауда субъективтілікке жол бермейтін, көпкритерийлі шешім қабылдау моделін интеллектуалды ақпараттық жүйенің бір модулі ретінде ұсынуында. Бұл модель ауылшаруашылығы тауар өндірушілеріне, техника жеткізушілеріне аграрлық саладағы мемлекеттік саясатты қалыптастырушыларға шынайы өлшемге негізделген, дәйекті шешімдер қабылдауға мүмкіндік береді. Түпнұсқалық: Зерттеуде нақты техникалық параметрлер негізінде төрт түрлі комбайн аналитикалық иерархия процесі (АНР) әдісі арқылы кешенді бағаланды. Бұл зерттеу бірнеше өлшемді факторларды жүйелеп, олардың маңыздылығын негіздеп, математикалық талдау жасалынды. Осылайша, үйлесімділік коэффициентін есептеу арқылы сараптамалық бағалаулардың дұрыстығы тексерілді, бұл жұмыстың сенімділігін арттырады. Жаңашылдығы: Зерттеуде Қазақстандағы техникалық деректер сипаттамаларына сүйеніп, машина таңдау процесіне көпкритерийлі бағалау әдісі енгізілді. Бұл тәсіл алдағы уақытта ауылшаруашылығы техникасын са-тып алуда, мемлекеттік субсидияларды тиімді бөлуде, логистикалық жоспарлау, аграрлық техника паркін жаңғырту стратегияларына ғылыми негіз бола алады.

**Түйін сөздер:** ауылшаруашылық техникасы, шешім қабылдау, көпкритерийлі талдау, интеллектуалды ақпараттық жүйе, аналитикалық иерархия процесі (АНР), машина таңдау моделі, өнімділікті арттыру

**Дәйексөздер үшін:** А.Тілеубаев, С.Е. Керімқұл, А.Адалбек, Ж.С. Асанова, К.Д. Кулиев. Аналитикалық иерархия процесіне негізделген ауылшаруашылық техникасын бағалаудың интеллектуалды тәсілі//Халықаралық ақпараттық және коммуникациялық технологиялар журналы. 2025. Том. 6. № 23. 289–302 бет. (Ағыл). <https://doi.org/10.54309/IJICT.2025.23.3.018>.

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



## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ НА ОСНОВЕ ПРОЦЕССА АНАЛИТИЧЕСКОЙ ИЕРАРХИИ

*А.Б. Тлеубаев<sup>1</sup>, С.Е. Керимкулов<sup>2</sup>, А. Адалбек<sup>2\*</sup>, Ж.С. Асанова<sup>3</sup>,  
К.Д. Кулиев<sup>4</sup>*

<sup>1</sup>Казахский агротехнический научно-исследовательский университет им.  
С. Сейфуллина, Астана, Казахстан;

<sup>2</sup>Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева, Астана,  
Казахстан;

<sup>3</sup>Кызылординского университета им. Коркыт Ата, Кызылорда, Казахстан;

<sup>4</sup>Самаркандский государственный университет им. Ш.Рашидова, Самарканд,  
Узбекистан.

E-mail: adalbek\_a@enu.kz

**Тлеубаев Азат** — докторант PhD, Казахский агротехнический научно-исследовательский университет им. С. Сейфуллина, Астана, Казахстан;

E-mail: a.tleubaev@kazatu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-1361-0671>;

**Керимкулов Сеит** — профессор кафедры «Информационные системы», Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан;

E-mail: kerimkul\_sye@enu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-5886-6064>;

**Адалбек Алибек** — докторант PhD, кафедры «Информационные системы», Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан;

E-mail: adalbek\_a@enu.kz. <https://orcid.org/0000-0001-8543-2192>;

**Асанова Жанна** — старший преподаватель кафедры «Информатики и ИКТ», Кызылординский университет им. Коркыт Ата, Кызылорда, Казахстан;

E-mail: zhan-84-84@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4456-9891>^

**Кулиев Комил** — профессор кафедры «Математическая физика и функциональный анализ», Самаркандский государственный университет им. Ш.Рашидова, Самарканд, Узбекистан;

E-mail: kkuliyev@samdu.uz, <https://orcid.org/0000-0002-1111-456X>.

© А.Б. Тлеубаев, С.Е. Керимкулов, А. Адалбек, Ж.С. Асанова, К.Д. Кулиев

**Аннотация.** Выбор подходящей сельскохозяйственной техники — сложная задача принятия решений, включающая различные переменные, связанные с сельским хозяйством, а также экономические и социальные соображения лица, принимающего решения. Целью данного исследования является повышение производительности сельского хозяйства путем выбора оптимальной техники с помощью интеллектуальной информационной системы. В исследовании предлагается многокритериальная модель принятия решений, интегрированная в систему для устранения субъективности. Она

помогает производителям, поставщикам и политикам принимать надежные решения на основе данных. Четыре зерноуборочных комбайна были оценены с использованием аналитического иерархического процесса (АИР) на основе технических параметров. В отличие от однокритериальных подходов, данное исследование обосновывает важность множественных факторов и обеспечивает надежность путем расчета коэффициента согласованности экспертных суждений. Новшество заключается в применении метода многокритериальной оценки, адаптированного к сельскохозяйственному контексту Казахстана. Этот подход может направлять закупку техники, распределение субсидий, планирование логистики и стратегии модернизации, обеспечивая научную основу для будущего принятия решений в секторе.

**Ключевые слова:** сельскохозяйственная техника, принятие решений, многокритериальный анализ, интеллектуальная информационная система, метод анализа иерархий (МАИ), модель выбора машин, повышение производительности

**Для цитирования:** 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 // Международный журнал информационных и коммуникационных технологий. 2025. Т. 6. No. 23. Стр. 289–302. (На англ.). <https://doi.org/10.54309/IJICT.2025.23.3.018>.

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## Introduction

Agriculture in Kazakhstan is a strategically important sector of the national economy. The sustainable development of this industry is directly dependent on the effective use of modern, high-performance machinery. However, scientifically grounded structural approaches are still rarely applied in the selection of agricultural equipment. In this regard, the present study represents one of the steps toward evaluating commonly used agricultural combines based on specific technical characteristics using the Analytic Hierarchy Process (AHP).

Agricultural machinery plays a crucial role in enhancing farm productivity. Among such equipment, grain harvesters (combines) are frequently used to address agricultural challenges (Kairgaliev, 2024: 192–201; Aidynov et al., 2023: 102–111; Vodopyanov et al., 2015: 132–137; Bukharbaeva et al., 2022: 127–135; Moldashev, 2021: 3–20; Abuova et al., 2021: 133–143). Therefore, the efficient selection of grain harvesters is considered essential for managing agricultural machinery. Based on available statistics, we selected Russian-made grain harvesters, which are the most widely used in Kazakhstan. Other foreign-made harvesters were not included in this study, as their technical characteristics significantly exceed those of Russian machines and require separate comparative analysis.

The Analytic Hierarchy Process (AHP) is widely used in decision-making

problems due to its broad applicability across various fields. In this study, we apply AHP to the task of selecting the most suitable grain harvester for agricultural use. In modern economies, choosing equipment that best meets the selected criteria is crucial for enhancing agricultural productivity (Karim and Karmaker, 2016: 7–13). To evaluate the effectiveness of different machines, we use the AHP method to define and validate the selection criteria (Hruška et al., 2014: 195–203; Ishizaka et al., 2011: 1801–1812; Veisi et al., 2016: 644–654). The analysis is based on data obtained from official sources and is conducted within the framework of a specific case study.

The objective of this research is to automate the process of selecting efficient agricultural machinery with the aim of enhancing productivity in the agricultural sector. To achieve this goal, the study proposes the development of an intelligent information system that minimizes human involvement in decision-making by relying on the Analytic Hierarchy Process (AHP) and objective data. As part of the research, a software code is developed in Python, with its integration considered as an internal module of the intelligent system.

## **Materials and Methods.**

### *Research Domain.*

To demonstrate the main stages of finding an optimal solution using the Analytic Hierarchy Process (AHP) (Karmarkar and Gilke, 2020: 012022), we consider a practically significant problem. In agricultural operations, the acquisition of a grain harvester is essential for performing various tasks. Based on economic and social conditions, four grain harvesters that are most widely used in the market have been selected: A (Don-1500)\*\*<sup>1</sup>, B (Yenisei)\*\*<sup>2</sup>, C (Yesil)\*\*<sup>3</sup>, and D (Niva)\*\*<sup>4</sup>. All these harvesters are designed for the same purpose. The question arises: which of these grain harvesters is the most suitable for your specific needs?

To solve the problem, the following sequence of steps is proposed:

1. Define the problem and determine what needs to be known.
2. Construct a hierarchy from the top level (goals – from a managerial perspective), through intermediate levels (subsequent levels of dependent criteria), down to the lowest level (typically a list of alternatives).
3. For each level, construct a set of pairwise comparison matrices — one matrix for each element at the higher level that the current level depends on.
4. Use hierarchical synthesis to aggregate the results by weighing the eigenvectors of the lower-level elements according to the eigenvectors (weights) of the criteria at the higher level.
5. Interpret the results and draw conclusions.

### *Constructing the Hierarchical Structure*

In accordance with the AHP framework, we perform decomposition and represent the problem in a hierarchical form. The hierarchical structure of the problem under consideration is shown in Figure 1. The aim of this structure is to derive the priorities of elements at the lowest level that best reflect their relative impact on the overall objective placed at the top of the hierarchy.



The first (top) level represents the overall goal: “Selection of a Grain Harvester”.

The second level includes four criteria that define the goal, while the third (bottom) level contains the alternative machines (decision options) that are to be evaluated with respect to the criteria at the second level.

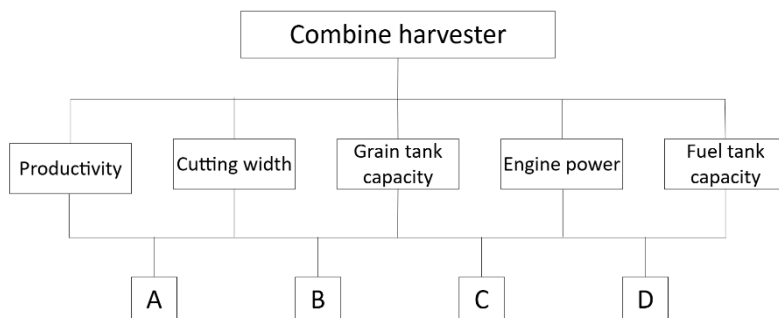


Fig. 1. Hierarchical Structure for Solving the Problem of Selecting a Grain Harvester

Note 1: The example considers five criteria at the second level. This number of criteria was chosen so that the method meets market demand and is considered to have an impact on the essence of the problem at hand – the best combine harvester.

Note 2: The law of hierarchical continuity requires that elements of the lower level of the hierarchy be pairwise comparable to elements of the next level, and so on up to the top of the hierarchy. For example, we should be able to get meaningful answers to the following questions: How much better is combine harvester A than combine harvesters B or C in terms of performance criteria? etc.

Note 3: Care should be taken when constructing a hierarchy diagram to ensure that the criteria and alternatives reflect the full range of preferences and perceptions of the participants (decision makers). Note 4: The magical properties of the number seven are well known. To make valid numerical comparisons in AHP, it is not recommended to compare more than  $7 \pm 2$  elements. If it is necessary to expand levels 2 and 3, then the principle of hierarchical decomposition should be used.

In other words, if the number of criteria exceeds, for example, ten, then it is necessary to group the elements into comparable classes of approximately seven elements each.

### *Creating a Pairwise Comparison Matrix for Level 2.*

After completing the hierarchical structuring of the problem, it is necessary to establish the priorities of the criteria and evaluate each alternative with respect to these criteria to identify the most suitable option. To determine the relative importance of the criteria in the decision-making context, a pairwise comparison matrix must be constructed. The general form of this matrix is presented in Table 1.

Table 1. Pairwise Comparison Matrix

|       | $A_1$             | $A_2$             | $A_3$             | $A_4$             | Estimation of Eigenvector<br>Components by Rows                                                    | Result Normalization      |
|-------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| $A_1$ | $\frac{w_1}{w_1}$ | $\frac{w_1}{w_2}$ | $\frac{w_1}{w_3}$ | $\frac{w_1}{w_4}$ | $\pi \sqrt{\frac{w_1}{w_1} \cdot \frac{w_1}{w_2} \cdot \frac{w_1}{w_3} \cdot \frac{w_1}{w_4}} = a$ | $\frac{a}{a+b+c+d} = X_1$ |
| $A_2$ | $\frac{w_2}{w_1}$ | $\frac{w_2}{w_2}$ | $\frac{w_2}{w_3}$ | $\frac{w_2}{w_4}$ | $\pi \sqrt{\frac{w_2}{w_1} \cdot \frac{w_2}{w_2} \cdot \frac{w_2}{w_3} \cdot \frac{w_2}{w_4}} = b$ | $\frac{b}{a+b+c+d} = X_2$ |
| $A_3$ | $\frac{w_3}{w_1}$ | $\frac{w_3}{w_2}$ | $\frac{w_3}{w_3}$ | $\frac{w_3}{w_4}$ | $\pi \sqrt{\frac{w_3}{w_1} \cdot \frac{w_3}{w_2} \cdot \frac{w_3}{w_3} \cdot \frac{w_3}{w_4}} = c$ | $\frac{c}{a+b+c+d} = X_3$ |
| $A_4$ | $\frac{w_4}{w_1}$ | $\frac{w_4}{w_2}$ | $\frac{w_4}{w_3}$ | $\frac{w_4}{w_4}$ | $\pi \sqrt{\frac{w_4}{w_1} \cdot \frac{w_4}{w_2} \cdot \frac{w_4}{w_3} \cdot \frac{w_4}{w_4}} = d$ | $\frac{d}{a+b+c+d} = X_4$ |

Here  $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$  – are sets of elements;  $w_1, w_2, w_3, \dots, w_n$  – are their contributions (weights) or intensities, respectively.

**Results and discussion**

To conduct subjective pairwise comparisons, AHP proposes a relative importance scale (Table 2).

Table 2. Relative Importance Scale

| Intensity of relative importance | The definition                                      | Explanations                                                       |
|----------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| 1                                | Equally important                                   | Equal contribution of both actions to the objective                |
| 3                                | Slight (or moderate) preference of one over another | Experience and judgment slightly favor one action over another     |
| 5                                | Strong or significant preference                    | Experience and judgment strongly favor one action over another     |
| 7                                | Demonstrable advantage                              | One action is so strongly favored that it is essential in practice |
| 9                                | Very strong advantage                               | The dominance of one activity over another is clearly demonstrated |
| 2, 4, 6, 8                       | Intermediate judgments between two adjacent values  | Used in compromise situations                                      |

Note 1: The purpose of creating such a matrix is to identify the factors with the highest importance values, and to focus on them when further solving the problem or developing an action plan.

Note 2: If the values of  $w_1, w_2, w_3, \dots, w_n$  are assumed to be unknown in advance (this is a very common situation), then the pairwise comparison of elements is carried out on the basis of subjective opinions, using a numerical assessment on a special scale, and then the problem of determining the components is solved.

Note 3: In the AHP method, by convention, the relative importance of the elements in the left column of the matrix is compared with the elements in the upper row. If the element on the left is more important than the element above it, a positive integer from 1 to 9 is written in the cell; otherwise, the inverse value (a fractional number, for example, 1/5) is written. The relative importance of any element compared

to itself is equal to 1; therefore, only units are placed in the diagonal cells of the matrix (Table 1). Finally, the symmetrical cells are filled with inverse values, that is, if element is rated slightly more important than element (on a scale of 3), then element is considered slightly less important relative to (on a scale of 1/3).

If one of the above numbers (for example, 3) is obtained as a result of comparing one type of service with another type of service, then the second type of service is given its inverse value (i.e. 1/3) compared to the first. Table 3 shows the approximate values of the indicators under consideration.

Table 3. Approximate Values of Indicators for Different Alternatives

| Indicators                          | A   | B   | C   | D   |
|-------------------------------------|-----|-----|-----|-----|
| Productivity, t/h                   | 14  | 9.5 | 12  | 7.2 |
| Cutting width, m                    | 7   | 6   | 7   | 5   |
| Grain tank capacity, m <sup>3</sup> | 6   | 4.5 | 6   | 3   |
| Engine power, hp                    | 235 | 185 | 210 | 155 |
| Fuel tank capacity, L               | 540 | 300 | 300 | 300 |

In accordance with the above, we construct a pairwise comparison matrix (Table 4) to determine the weights of the quality indicators. The matrix is formed by placing the objective (or criterion) to be compared along the top row and listing the elements to be compared both along the left column and the top row.

Table 4. Matrix of Pairwise Comparison of Quality Indicators Based on Subjective Judgments

| Overall satisfaction with the combine        | Prod. | C.w. | G.t.c. | E.p. | F.t.c. |
|----------------------------------------------|-------|------|--------|------|--------|
| Productivity, t/h (Prod)                     | 1/1   | 5/1  | 4/1    | 5/1  | 3/1    |
| Cutting width, m (C.w)                       | 1/5   | 1/1  | 1/2    | 2/1  | 1/2    |
| Grain tank capacity, m <sup>3</sup> (G.t.c.) | 1/4   | 2/1  | 1/1    | 1/1  | 1/4    |
| Engine power, hp (E.p.)                      | 1/5   | 1/2  | 1/1    | 1/1  | 1/2    |
| Fuel tank capacity, L (F.t.c.)               | 1/3   | 2/1  | 4/1    | 2/1  | 1/1    |

### *Pairwise Comparison Matrices for Level 3.*

The article requires the creation of five matrices for level 3 relative to level 2 criteria (Table 5–9).

Table 5. Pairwise Comparison Matrix for Criterion 1

| Productivity | A        | B        | C        | D        |
|--------------|----------|----------|----------|----------|
| A            | 1        | 1.473684 | 1.166667 | 1.944444 |
| B            | 0.678571 | 1        | 0.791667 | 1.319444 |
| C            | 0.857143 | 1.263158 | 1        | 1.666667 |
| D            | 0.514286 | 0.757895 | 0.6      | 1        |

Table 6. Pairwise Comparison Matrix for Criterion 2

| Cutting width | A        | B        | C        | D   |
|---------------|----------|----------|----------|-----|
| A             | 1        | 1.166667 | 1        | 1.4 |
| B             | 0.857143 | 1        | 0.857143 | 1.2 |
| C             | 1        | 1.166667 | 1        | 1.4 |
| D             | 0.714286 | 0.833333 | 0.714286 | 1   |

Table 7. Pairwise Comparison Matrix for Criterion 3

| Grain tank capacity | A    | B        | C    | D   |
|---------------------|------|----------|------|-----|
| A                   | 1    | 1.333333 | 1    | 2   |
| B                   | 0.75 | 1        | 0.75 | 1.5 |
| C                   | 1    | 1.333333 | 1    | 2   |
| D                   | 0.5  | 0.666667 | 0.5  | 1   |

Table 8. Pairwise Comparison Matrix for Criterion 4

| Engine power | A        | B        | C        | D        |
|--------------|----------|----------|----------|----------|
| A            | 1        | 1.27027  | 1.119048 | 1.516129 |
| B            | 0.787234 | 1        | 0.880952 | 1.193548 |
| C            | 0.893617 | 1.135135 | 1        | 1.354839 |
| D            | 0.659574 | 0.837838 | 0.738095 | 1        |

Table 9. Pairwise Comparison Matrix for Criterion 5

| Fuel tank capacity | A        | B   | C   | D   |
|--------------------|----------|-----|-----|-----|
| A                  | 1        | 1.8 | 1.8 | 1.8 |
| B                  | 0.555556 | 1   | 1   | 1   |
| C                  | 0.555556 | 1   | 1   | 1   |
| D                  | 0.555556 | 1   | 1   | 1   |

Note 1: Objective data on the indicators used to compare combines can be obtained from test reports, scientific literature, advertising brochures, etc. sources.

Note 2: If a comparison scale is available, i.e. a specific measurement method is used, then the data obtained can be used for comparison; if this is not possible, the cells are filled in based on subjective but well-considered assessments.

Note 3: When constructing pairwise comparison matrices, it is necessary to consider the directionality of the indicators (direct or inverse dependence).

*Synthesis of Priorities* Based on a set of pairwise comparison matrices, a set of local priorities is formed, which characterizes the cumulative effect of elements relative to the top-level element.

One way to determine priorities is to calculate the geometric meaning. This method is performed by multiplying the elements in each row and finding the  $n$ th root of the resulting product, where  $n$  is the number of elements. The numbers thus ob-

tained form a score, and dividing it by the sum of all values, we obtain a normalized (normalized) priority vector.

The sequence of calculating the components of the priority vector is shown in Table 1.

For the data presented in Table 4, the values of the priority vector are as follows (Table 10).

Table 10. Pairwise Comparison Matrix for Criteria

| Overall satisfaction with the combine        | Priority vector, |
|----------------------------------------------|------------------|
| Productivity, t/h (Prod)                     | 0.491            |
| Cutting width, m (C.w)                       | 0.099            |
| Grain tank capacity, m <sup>3</sup> (G.t.c.) | 0.104            |
| Engine power, hp (E.p.)                      | 0.086            |
| Fuel tank capacity, L (F.t.c.)               | 0.220            |

Table 11 presents the results of pairwise comparisons conducted for the third level of the hierarchy, which characterizes the relative effectiveness of combine harvester brand variants with respect to the second-level criteria.

Table 11. Pairwise Comparisons at the Third Level

|                  | Priority vector          |                              |                                              |                         |                                |
|------------------|--------------------------|------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| Solution version | Productivity, t/h (Prod) | C u t t i n g width, m (C.w) | Grain tank capacity, m <sup>3</sup> (G.t.c.) | Engine power, hp (E.p.) | Fuel tank capacity, L (F.t.c.) |
| A                | 0.327868852              | 0.28                         | 0.299363                                     | 0.307692                | 0.375                          |
| B                | 0.222482436              | 0.24                         | 0.235669                                     | 0.230769                | 0.208333                       |
| C                | 0.281030445              | 0.28                         | 0.267516                                     | 0.307692                | 0.208333                       |
| D                | 0.168618267              | 0.2                          | 0.197452                                     | 0.153846                | 0.208333                       |

### ***Determination of Main Priorities***

According to the AHP methodology, the synthesis of priorities is carried out from the second level to the lower level. Local priorities are multiplied by the priority of the corresponding criterion at the higher level and summed for each element according to the criteria that affect this element.

A sample calculation of main priorities is given below (Table 12)

Table 12. Data for Calculating Top Priorities

|                  | Priority vector          |                        |                                              |                         |                                |
|------------------|--------------------------|------------------------|----------------------------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| Solution version | Productivity, t/h (Prod) | Cutting width, m (C.w) | Grain tank capacity, m <sup>3</sup> (G.t.c.) | Engine power, hp (E.p.) | Fuel tank capacity, L (F.t.c.) |
|                  | 0.491                    | 0.099                  | 0.086                                        | 0.104                   | 0.220                          |
| A                | 0.327868852              | 0.28                   | 0.299363                                     | 0.307692                | 0.375                          |
| B                | 0.222482436              | 0.24                   | 0.235669                                     | 0.230769                | 0.208333                       |
| C                | 0.281030445              | 0.28                   | 0.267516                                     | 0.307692                | 0.208333                       |
| D                | 0.168618267              | 0.2                    | 0.197452                                     | 0.153846                | 0.208333                       |

We construct a matrix from the level 3 alternative shares and multiply it by the

priority vector to obtain the following result (Table 13):

Table 13. Principal Priority

| Name | Global priority values |
|------|------------------------|
| A    | 0.329                  |
| B    | 0.223                  |
| C    | 0.266                  |
| D    | 0.182                  |

Thus, the most attractive option is combine A.

Now let us look at the algorithm for implementing this problem in Python.

**Step 1.** We include special libraries for creating and editing a comparison matrix and determining the priorities of criteria or alternatives. We entered the data of the pairwise comparison matrix of quality indicators based on the indicators of various alternatives and subjective judgments into the program: data, criteria\_matrix.

-import numpy as np;

-from scipy.linalg import eig.

**Step 2.** We evaluate the alternatives using the Analytic Hierarchy Process (AHP) method and construct the following functions to select the best one:

```
def ahp(criteria_matrix, data):
    criteria_weights = get_weights(criteria_matrix)
    # Автоматты түрде салыстыру матрицаларын құру
    num_criteria, num_alternatives = data.shape
    alternatives_matrices = []
    for i in range(num_criteria):
        matrix = np.ones((num_alternatives, num_alternatives))
        for j in range(num_alternatives):
            for k in range(num_alternatives):
                matrix[j, k] = data[i, j] / data[i, k]
        alternatives_matrices.append(matrix)
    alternatives_weights = np.array([get_weights(matrix) for matrix in alternatives_matrices])
    final_scores = np.dot(criteria_weights, alternatives_weights)
    return final_scores
def get_weights(matrix):
    eigvals, eigvecs = eig(matrix)
    max_index = np.argmax(eigvals)
    weights = np.real(eigvecs[:, max_index])
    weights = weights / np.sum(weights)
    return weights
```

**Step 3.** From the found alternatives, we select the highest value:

```
final_scores = ahp(criteria_matrix, data)
```

```
best_company = companies[np.argmax(final_scores)]
```

**Step 4.** Compiling the code gives us the following result:



A: 0.329

B: 0.223

C: 0.266

D: 0.182

Ең жақсы таңдау: А.

### **Conclusion**

In this research, the analytical hierarchy process (AHP) was used to evaluate the technical characteristics of four types of grain harvesters, which are the most popular in agriculture, and to select the optimal one. The significant criteria used – productivity (t/h), bed width (m), grain bunker capacity (l), engine power (kW) and fuel tank volume (l) – were taken based on real sources. Using pairwise comparison matrices, the importance of each criterion was determined, and as a result, the productivity indicator had the highest importance (0.491). This indicated that it is an important value in the decision-making process. In second place was the fuel tank capacity (0.220), and bed width (0.099), grain bunker capacity (0.104), and engine power (0.086) had the smallest weight (Table 4).

The results show that the AHP method combines real criteria and expert opinions in the selection of technology, allowing for a structured and logically based decision. This method can help identify clear priorities, especially when the characteristics of the technology are diverse and the evaluation is multifaceted (Chan et. al., 2004: 430–445).

During the research, official data on combines were used as the primary source. This approach ensures the objectivity and reusability of the results. However, since it is a method based on expert assessment, the influence of the human factor was considered.

In the next stages, this methodology can be expanded and additional criteria – frequency of repair and maintenance, ease of use, cost, availability of spare parts – may be introduced. In addition, advanced methods such as fuzzy AHP or group expert assessment can be used to increase the accuracy and stability of decisions. This will greatly contribute to investment decisions in the field of agricultural engineering, as well as the digitalization of agriculture and the introduction of smart management systems.

In conclusion, this study has proven the high efficiency of the AHP method in the process of selecting a combine harvester. This method can be widely used as an important decision-making tool not only in the selection of combines, but also in the selection of other agricultural machinery (tractors, seeders, etc.), as well as in the formation of regional technical policy, and in the justification of machinery modernization programs.

## REFERENCES

- Abuova, N.A., Tasbergenova, G.Zh. & Balgabayev, M.A. (2021). Organization of mechanized harvesting and transportation operations based on the theory of mass service systems. — *Bulletin of Korkyt Ata Kyzylorda University*. — (4)59. — 133–143. <https://doi.org/10.52081/bkaku.2021.v59.i4.106>. [in Kaz.]
- Aydinov, Z.P., Dauharin, Zh.K. & Khaliullin, Zh.Zh. (2023). Modeling of production processes in the grain sector of the Republic of Kazakhstan: New solutions. *Problems of the Agro–Market*. — (4). — 102–111. [in Rus.]
- Bukharbayeva, A.Zh., Alshembayeva, L.T. & Bisembayeva, G.N. (2022). Rice farming in the Kyzylorda region of the Republic of Kazakhstan: Current trends and new opportunities. *Problems of the Agro–Market*. — (3). — 127–135. [in Rus.]
- Chan, A.H., Kwok, W.Y. & Duffy, V.G. (2004). Using AHP for determining priority in a safety management system. *Industrial Management & Data Systems*. — 104(5). — 430–445. [in Eng.]
- Hruška, R., Průša, P. & Babić, D. (2014). The use of AHP method for selection of supplier. *Transport*. — 29(2). — 195–203. [in Eng.]
- Ishizaka, A., Balkenborg, D. & Kaplan, T. (2011). Does AHP help us make a choice? An experimental evaluation. *Journal of the Operational Research Society*. — 62(10). — 1801–1812. [in Eng.]
- Kairgaliyev, E. (2024). Determining the composition of units based on the VT–100DS tractor for sugar beet harvesting. *Bulletin of West Kazakhstan Innovative — Technological University*. — 32(4). — 192–201. [in Kaz.]
- Karim, R. & Karmaker, C.L. (2016). Machine selection by AHP and TOPSIS methods. — *American Journal of Industrial Engineering*. — 4(1). — 7–13. [in Eng.]
- Karmarkar, A.U. & Gilke, N.R. (2020, March). An application of AHP for parameter importance evaluation for farm machinery selection. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. — Vol. 810. — No. 1. — P. 012022. IOP Publishing. [in Eng.]
- Moldashev, A.B. (2021). Technical equipment of Kazakhstan's agriculture as a factor of increasing its competitiveness. *Problems of the Agro–Market*. — (2). — 3–20. [in Kaz.]
- Veisi, H., Liaghati, H. & Alipour, A. (2016). Developing an ethics-based approach to indicators of sustainable agriculture using analytic hierarchy process (AHP). *Ecological Indicators*. — 60. — 644–654. [in Eng.]
- Vodopyanov, E.M., Zharlygasov, Zh.B., & Sidorik, I.V. (2015). Results of comparative testing of cold-resistant and high-yielding soybean varieties for the northern regions of Kazakhstan. 3i: Intellect, Idea, Innovation. — (1). — 132–137. [in Rus.]

**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