

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 (21) 1

ақпан - наурыз

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 Максұтовна 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)

Бушув 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)

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 Yeskendiroya — 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. KZ8ZVPY00020475, 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

ӘЛЕУМЕТТІК-ЭКОНОМИКАЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДІ ДАМУДАҒЫ ЦИФРЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

М.М. Жалғасова, К.В. Колесникова

ІСВ КҰЗЫРЕТТІЛІК МОДЕЛІН ЖОБАЛАРДЫ БАСҚАРУДЫҢ САЛАЛЫҚ ҚАЖЕТТІЛІКТЕРІНЕ
БЕЙІМДЕУ.....8

Г. Мауина, А. Найзағараева, Э. Тулегенова, Б. Жүсіпбек, М.У. Худойберганов

АУЫЛШАРУАШЫЛЫҚ РЕСУРСТАРЫН БАСҚАРУДЫ ОҢТАЙЛАНДЫРУ ҮШІН SNAR ЖӘНЕ PCA
ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ ФАКТОРЛАРДЫҢ МАҢЫЗДЫЛЫҒЫН ТАЛДАУ.....21

Б. Тасуов, А.Н. Аманбаева, С. Сактиото

БІЛІМ АЛУШЫЛАРДЫҢ ЦИФРЛЫҚ САУАТТЫЛЫҒЫН ҚАЛЫПТАСТЫРУ
МАҚСАТЫНДА БҮЛТТЫ ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ПАЙДАЛАНУ.....40

Д.А. Шрымбай, Э.Т. Адылбекова, Х.И. Бұлбұл

БОЛАШАҚ МҰҒАЛІМДЕРДІҢ КӘСІБИ ДАЙЫНДЫҒЫН ДАМУ МӘСЕЛЕЛЕРІ.....58

АҚПАРАТТЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

А.А. Быков, А. Нұрланұлы, Н.А. Дауренбаева

ТЕМІР ЖОЛДЫҢ ЖЕР ТӨСЕМІНДЕГІ ГЕОФИЗИКАЛЫҚ ОҚИҒАЛАРДЫ БОЛЖАУ
ӘДІСТЕМЕСІ.....71

К.Б. Багитова, Ш.Ж. Мусиралиева, Л. Курмангазиева, Ж. Молдашева, И.Терейковский
ӘЛЕУМЕТТІК ЖЕЛІЛЕРДЕГІ ГРАФИКАЛЫҚ РЕСУРСТАРДЫ ӨНДЕУ МОДЕЛІ.....82

А.Б. Касекева, А.К. Адилова, А.А. Шекербек, А.С. Баегизова, К.О. Рахимов

БАЛА ДАМУЫНА ӘСЕР ЕТЕТІН ҚАЗАҚ ЛИНГВИСТИКАСЫНЫҢ ӘЛЕУМЕТТІК-МӘДЕНИ
ДӘСТҮРЛЕРІН ЗЕРТТЕУГЕ АРНАЛҒАН АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕ ҚҰРУ».....98

С.Б. Муханов, Д.М. Амрин, С.Ж. Жакыпбеков

ТАРТЫЛҒАН ЖЕЛІЛЕРДЕГІ КЕЗЕКТІК ЖҮЙЕЛЕРДІҢ ӨЗАРА ӘРЕКЕТТЕРІН ЖҮЙЕ АРҚАЛЫҚ
ТАЛДАУ.....113

А. Оспанов, П. Алонсо-Жорда, А. Жумадилаева

ІОТ ДАТЧИКТЕРІ МЕН МАШИНАЛЫҚ ОҚУ ӘДІСТЕРІН ПАЙДАЛАНУАРҚЫЛЫ
ҚАЗЫРҒЫ ҚОЛДАНЫЛАТЫН ҚҰРМА ҚОЛДАУДЫҢ ОПТИМИЗАЦИЯСЫ: ЭМПИРИКАЛЫҚ
ЗЕРТТЕУ.....127

А.Т. Турсынова, Б.С. Омаров

МИ ИНСУЛЬТІНІҢ КТ КЕСКІНІН КЛАССИФИКАЦИЯЛАУҒА АРНАЛҒАН КӨРУ
ТРАНСФОРМАТОРЛАРЫ.....144

А.Г. Шаушенова, М.Ж. Базарова, Ж.Ж. Ажибекова, С. Шадинова, К.С. Бакенова

ӘРТҮРЛІ МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ АЛГОРИТМДЕРІ АРҚЫЛЫ ҚҰЖАТТАРДЫ АВТОМАТТЫ
ТАЛДАУ МОДЕЛІН ҚҰРУ.....156

АҚПАРАТТЫҚ ҚАУІПСІЗДІК ЖӘНЕ КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРҒА АРНАЛҒАН

А.З. Айтмагамбетов, С.Ж. Жұмағали, Е.К. Коньсыбаев, М.М. Онгарбаева, И.В. Мелешкина

ҚАУІПСІЗ ЖӘНЕ ТИІМДІ ЛОГИСТИКА ҮШІН ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫ НАВИГАЦИЯЛЫҚ ПЛОМБАНЫ
ӨЗІРЛЕУ.....170

Б.А. Кумалаков, А.Б. Казиз

ҒИМАРАТТАРДАҒЫ KUBERNETES АРҚЫЛЫ ОРКЕСТРЛЕНГЕН КӨПАГЕНТТІК
ЖҮЙЕЛЕРДЕГІ АҚАУҒА ТӨЗІМДІЛІК ПЕН СЕНІМДІЛІК: УНИВЕРСИТЕТТІҢ КЕСТЕСІН
ЖОСПАРЛАУ КЕЙСІ.....185

Л. Рзаева, Д. Поголовкин, И. Шайя

ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ МЕН ВЕКТОРЛЫҚ ДЕРЕКҚОРДЫ ПАЙДАЛАНА
ОТЫРЫП, ХАТ АЛМАСУЛАРДЫ ТАЛДАУ ҚЫЗМЕТІН ЦИФРЛЫҚ КРИМИНАЛИСТИКА ҮШІН
ӨЗІРЛЕУ.....201

Е. Чуракова, О. Новиков, О. Барановский, Т.В. Бабенко, Н.Е. Аскарбекова

ГЕНЕТИКАЛЫҚ БАҒДАРЛАМАЛУ ӘДІСІМЕН ШАБЫЛ ВЕКТОРЛАРЫН ҚАЙТА ҚҰРУ..226



СОДЕРЖАНИЕ

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РАЗВИТИИ СОЦИО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

М.М. Жалгасова, К.В. Колесникова

АДАПТАЦИЯ МОДЕЛИ КОМПЕТЕНЦИЙ ИСВ К ОТРАСЛЕВЫМ ПОТРЕБНОСТЯМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ.....8

Г.М. Мауина, А.А. Найзагараева, Э.Н. Тулегенова, Б.К. Жусипбек, М.У. Худойберганов
АНАЛИЗ ЗНАЧИМОСТИ ФАКТОРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ SHAP И PCA ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ АГРАРНЫМИ РЕСУРСАМИ.....21

Б. Тасуов, А.Н. Аманбаева, С. Сактино

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБЛАЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЦЕЛЯХ ФОРМИРОВАНИЯ ЦИФРОВОЙ ГРАМОТНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ.....40

Д.А. Шрымбай, Э.Т. Адылбекова, Х.И. Бюльбюль

ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ БУДУЩИХ УЧИТЕЛЕЙ.....58

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

А.А. Быков, А. Нурланулы, Н.А. Дауренбаева

МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ В ЗЕМЛЯНОМ ПОЛОТНЕ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ.....71

К.Б. Багитова, Ш.Ж. Мусиралиева, Л. Курмангазиева, Ж. Молдашева, И. Терейковский
МОДЕЛЬ ОБРАБОТКИ ГРАФИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ.....82

А.Б. Касекеева, А.К. Адилова, А.А. Шекербек, А.С. Баегизова, К.О. Рахимов

ПОСТРОЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ СОЦИОКУЛЬТУРНЫХ ТРАДИЦИЙ КАЗАХСКОЙ ЛИНГВИСТИКИ, ВЛИЯЮЩИХ НА РАЗВИТИЕ РЕБЕНКА.....98

С.Б. Муханов, Д.М. Амрин, С.Ж. Жакыпбеков

МЕЖСИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СЕТЯХ.....113

А. Оспанов, П. Алонсо-Жорда, А. Жумадилаева

ОПТИМИЗАЦИЯ МОНИТОРИНГА СКЛАДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАТЧИКОВ ИОТ И МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ: ЭМПИРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ.....127

А.Т. Турсынова, Б.С. Омаров

ТРАНСФОРМАТОРЫ ЗРЕНИЯ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ КТ-ИЗОБРАЖЕНИЙ ИНСУЛЬТА ГОЛОВНОГО МОЗГА.....144

А.Г. Шаушенова, М.Ж. Базарова, Ж.Ж. Ажибекова, К.С. Шадинова, К.С. Бакенова

СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ АВТОМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДОКУМЕНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ.....156

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

А.З. Айтмагамбетов, С.Ж. Жумагали, Е.К. Конысбаев, М.М. Онгарбаева, И.В. Мелешкина

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ ПЛОМБЫ ДЛЯ БЕЗОПАСНОЙ И ЭФФЕКТИВНОЙ ЛОГИСТИКИ.....170

Б.А. Кумалаков, А.Б. Казиз

ОТКАЗОУСТОЙЧИВОСТЬ И НАДЕЖНОСТЬ В МУЛЬТИАГЕНТНЫХ СИСТЕМАХ, ОРКЕСТРИРУЕМЫХ KUBERNETES: КЕЙС РАСПИСАНИЯ УНИВЕРСИТЕТА.....185

Л. Рзаева, Д. Поголовкин, И. Шайя

РАЗРАБОТКА СЕРВИСА АНАЛИЗА ПЕРЕПИСОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И ВЕКТОРНОЙ БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ ЦИФРОВОЙ КРИМИНАЛИСТИКИ.....201

Е. Чуракова, О. Новиков, О. Барановский, Т.В. Бабенко, Н.Е. Аскарбекова

РЕКОНСТРУКЦИЯ ВЕКТОРОВ АТАК МЕТОДОМ ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ.....226

CONTENT

DIGITAL TECHNOLOGIES IN THE DEVELOPMENT OF SOCIO-ECONOMIC SYSTEMS

M.M. Zhalgassova, K.V. Kolesnikova

ADAPTING THE ICB COMPETENCY MODEL TO INDUSTRY-SPECIFIC PROJECT
MANAGEMENT NEEDS.....8

G. Mauina, A. Naizagarayeva, E. Tulegenova, B. Zhussipbek, M.U. Khudoyberganov
FACTOR IMPORTANCE ANALYSIS USING SHAP AND PCA FOR OPTIMIZING AGRICULTURAL
RESOURCE MANAGEMENT.....21

B. Tassuov, A.N. Amanbayeva, S.Saktioto
USING CLOUD TECHNOLOGY FOR THE FORMATION OF DIGITAL
LITERACY OF STUDENTS.....40

D. Shrymbay, E. Adylbekova, H.I. Bulbul
PROBLEMS OF DEVELOPMENT OF FUTURE TEACHERS PROFESSIONAL TRAINING.....58

INFORMATION TECHNOLOGY

A.A. Bykov, A. Nurlanuly, N.A. Daurenbayeva
METHOD OF FORECASTING GEOPHYSICAL EVENTS IN THE RAILWAY GROUND BED.....71

K. Bagitova, Sh. Mussiraliyeva, L. Kurmangazyeva, Zh. Moldasheva, I. Tereikovskiy
THE MODEL FOR PROCESSING GRAPHIC RESOURCES OF SOCIAL NETWORKS.....82

A.B. Kassekeyeva, A.K. Adilova, A.A. Shekerbek, A. Bayegizova, K.O. Rahimov
CREATION OF AN INFORMATION SYSTEM FOR THE STUDY OF SOCIO-CULTURAL TRADITIONS OF
KAZAKH LINGUISTICS THAT INFLUENCE CHILD DEVELOPMENT.....98

S.B. Mukhanov, D.M. Amrin, S.Zh. Zhakybpekov
CROSS-SYSTEM ANALYSIS OF QUEUEING SYSTEMS INTERACTIONS IN DISTRIBUTED
NETWORKS OPTIMIZING113

A. Ospanov, Alonso-Jord Pedro, A. Zhumadillayeva
WAREHOUSE MONITORING WITH IOT SENSORS AND MACHINE
LEARNING: AN EMPIRICAL STUDY.....127

A.T. Tursynova, B.S. Omarov
VISION TRANSFORMERS FOR CLASSIFICATION OF CT IMAGES OF BRAIN STROKE.....144

A.G. Shaushenova, M.Zh. Bazarova, Zh.Zh. Azhibekova, K.S. Shadinova, K.S. Bakenova
CREATION OF AUTOMATIC DOCUMENT ANALYSIS MODEL USING DIFFERENT MACHINE
LEARNING ALGORITHMS.....156

INFORMATION SECURITY AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES

A.Z. Aitmagambetov, S.Zh. Zhumagali, Ye.K. Konysbayev, M.M. Ongarbayeva, I.V. Meleshkina
DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT NAVIGATION SEAL FOR SAFE AND
EFFICIENT LOGISTICS.....170

B. Kumalakov, A. Kaziz
FAULT TOLERANCE AND RELIABILITY IN KUBERNETES-ORCHESTRATED MULTI-AGENT
SYSTEMS: UNIVERSITY SCHEDULING CASE STUDY.....185

L. Rzayeva, D. Pogolovkin, I. Shayea
DEVELOPMENT OF A CORRESPONDENCE ANALYSIS SERVICE USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE
TECHNOLOGY AND A VECTOR DATABASE FOR DIGITAL FORENSICS.....201

Y. Churakova, O. Novikov, O. Baranovskyi, T.V. Babenko, N.Y. Askarbekova
RECONSTRUCTING ATTACK VECTORS USING GENETIC PROGRAMMING.....226



FACTOR IMPORTANCE ANALYSIS USING SHAP AND PCA FOR OPTIMIZING AGRICULTURAL RESOURCE MANAGEMENT

*G. Mauina¹, A. Naizagarayeva¹ *, E. Tulegenova², B. Zhussipbek²,*

M.U. Khudoyberganov³

S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, Astana, Kazakhstan;

²Kyzylorda University named after Korkyt Ata, Kyzylorda, Kazakhstan;

³Myrza Ulykbek National University of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan

E-mail: akgul_1985@mail.ru

Mauina G. — MSc., lecturer, the Department of Information Systems, Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin, Astana, Kazakhstan

E-mail: alema85@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9753-6781>;

Naizagarayeva A. — Master of Technical Sciences, senior lecturer, the Department of Information Systems, Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin, Astana, Kazakhstan

E-mail: akgul_1985@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6888-1092>;

Tulegenova E. — Candidate of Economic Sciences, associate professor, the Department of Computer Science, Korkyt Ata Kyzylorda University, Kyzylorda, Kazakhstan

E-mail: etulegenova80@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4501-7343>;

Zhussipbek B. — Master of Computer Science, Senior Lecturer, the Department of Informatics and Information Communication Technology, Korkyt Ata Kyzylorda University, Kyzylorda, Kazakhstan

E-mail: botik_80@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0717-038X>,

Khudoyberganov M. — associate professor, National University of Uzbekistan named after Myrza Ulykbek, Tashkent, Uzbekistan

E-mail: mirzoali@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0830-8902>.

© G. Mauina, A. Naizagarayeva, E. Tulegenova, B. Zhussipbek, M.U. Khudoyberganov 2025

Abstract. The article presents a comprehensive approach to analyzing the significance of factors in the agro-industrial sector. This approach employs methods such as SHAP (Shapley Additive Explanations), Simple Combination, and PCA (Principal Component Analysis) + Combination. The study addresses the necessity of efficiently managing agricultural resources under limited and changing climatic conditions. The proposed methodology evaluates the impact of various factors on key indicators such as productivity, income, and operational costs. SHAP analysis identified the main determining factors, showing that «Land area (ha)» significantly affects «Market capacity» (59.5 %) and «Sales income» (57.2 %), highlighting the importance of production scale. The Simple Combination method (combining Gradient Boosting, Mutual Information, and RFE + Lasso) identified a balanced distribution of factors: «Land area» – 14.5 %, «Seed usage» – 12.8 %, «Fertilizer expenses» – 10.7 %. The PCA + Combination method revealed global trends, identifying «Yield per hectare»

(22.5 %) and «Crop area size» (11.5 %) as the primary factors driving major changes. This integrated approach enables a deep analysis of data, covering both local effects and global interdependencies. The obtained results are crucial for optimal resource management, strategic planning, and enhancing agricultural production efficiency.

Keywords: agro-industrial sector, SHAP analysis, integrated approach, gradient boosting, feature importance, mutual information

For citation: G. Mauina, A. Naizagarayeva, E. Tulegenova, B. Zhussipbek, M.U Khudoyberganov. FACTOR IMPORTANCE ANALYSIS USING SHAP AND PCA FOR OPTIMIZING AGRICULTURAL RESOURCE MANAGEMENT. 2025. Vol. 6. No. 21. Pp. 21–39 (In Kaz.). <https://doi.org/10.54309/IJICT.2025.21.1.002>.

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

АУЫЛШАРУАШЫЛЫҚ РЕСУРСТАРЫН БАСҚАРУДЫ ОҢТАЙЛАНДЫРУ ҮШІН SHAP ЖӘНЕ PCA ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ ФАКТОРЛАРДЫҢ МАҢЫЗДЫЛЫҒЫН ТАЛДАУ

Г. Мауина¹, А. Найзағараева¹ *, Э. Тулегенова², Б. Жүсіпбек²,
М.У. Худойберганов³

¹С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана, Қазақстан;

²Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда, Қазақстан;

³Мырза Ұлықбек атындағы Өзбекстан ұлттық университеті, Ташкент, Өзбекстан.
E-mail: akgul_1985@mail.ru

Мауина Г. — С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, «Ақпараттық жүйелер» кафедрасының аға оқытушысы, магистр, Астана, Қазақстан
E-mail: alema85@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9753-6781>;

Найзағараева А. — С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, «Ақпараттық жүйелер» кафедрасының аға оқытушысы, техника ғылымдарының магистрі, Астана, Қазақстан

E-mail: akgul_1985@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6888-1092>;

Тулегенова Э. — Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, «Компьютерлік ғылымдар» кафедрасының қауымдастырылған профессоры, экономика ғылымдарының кандидаты, Қызылорда, Қазақстан

E-mail: etulegenova80@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4501-7343>;

Жүсіпбек Б. — Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, «Информатика және ақпараттық коммуникациялық технологиялар» кафедрасының аға оқытушысы, информатика магистрі, Қызылорда, Қазақстан

E-mail: botik_80@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0717-038X>;

Худойберганов М. — доцент, Мырза Ұлықбек атындағы Өзбекстан ұлттық университеті, Ташкент, Өзбекстан

E-mail: mirzoali@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0830-8902>.

© Г. Мауина, А. Найзағараева, Э. Тулегенова, Б. Жүсіпбек, М.У. Худойберганов, 2025

Аннотация. Мақала агроөнеркәсіптік сектордағы факторлардың маңыздылығын талдауға арналған кешенді тәсілді ұсынады. Бұл әдіс Shapley қосымшалы түсіндірмелерін (SHAP), Қарапайым комбинацияны (Simple Combination) және негізгі

компоненттерді талдау (PCA) + комбинация (Combination) әдістерін қолданады. Зерттеу шектеулі және өзгермелі климаттық жағдайларда ауыл шаруашылығы ресурстарын тиімді басқару қажеттілігіне бағытталған. Ұсынылған әдістеме өнімділік, кіріс және операциялық шығындар сияқты негізгі көрсеткіштерге түрлі факторлардың әсерін бағалайды. SHAP талдауы негізгі анықтаушы факторларды анықтады. «Жер көлемі (га)» «Нарық сыйымдылығына» (59,5 %) және «Сату кірісіне» (57,2 %) айтарлықтай әсер ететінін көрсетті, бұл өндіріс ауқымының маңыздылығын көрсетеді. Қарапайым комбинация әдісі (Gradient Boosting, Mutual Information және RFE + Lasso-ны біріктіру арқылы) факторлардың теңгерімді бөлінуін анықтады: «Жер көлеміне» – 14,5 %, «Тұқым пайдалану» – 12,8 %, «Тыңайтқыш шығыны» – 10,7 %. PCA + Комбинация әдісі жаһандық үрдістерді анықтап, негізгі өзгерістердің басты факторлары ретінде «Гектарға шаққандағы өнімділікті» (22,5 %) және «Егістік алқабының көлемін» (11,5 %) белгіледі. Бұл кешенді тәсіл жергілікті әсерлерді және жаһандық өзара тәуелділікті қамти отырып, деректерді терең талдауға мүмкіндік береді. Алынған нәтижелер ресурстарды оңтайлы басқару, стратегиялық жоспарлау және ауыл шаруашылығы өндірісінің тиімділігін арттыру үшін маңызды.

Түйін сөздер: Агроөнеркәсіптік сектор, SHAP талдауы, Кешенді тәсіл, Градиенттік күшейту (Gradient Boosting), Белгілердің маңыздылығы, Өзара ақпарат (Mutual Information)

Дәйексөздер үшін: Г. Мауина, А. Найзағараева, Э. Тулегенова, Б. Жүсіпбек, М.У. Худойберганов. АУЫЛШАРУАШЫЛЫҚ РЕСУРСТАРЫН БАСҚАРУДЫ ОҢТАЙЛАНДЫРУ ҮШІН SHAP ЖӘНЕ PCA ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ ФАКТОРЛАРДЫҢ МАҢЫЗДЫЛЫҒЫН ТАЛДАУ//ХАЛЫҚАРАЛЫҚ АҚПАРАТТЫҚ ЖӘНЕ КОММУНИКАЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР ЖУРНАЛЫ. 2025. Т. 6. No. 21. 21–39 бет. (қазақ тілінде). <https://doi.org/10.54309/IJICT.2025.21.1.002>.

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

АНАЛИЗ ЗНАЧИМОСТИ ФАКТОРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ SHAP И PCA ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ АГРАРНЫМИ РЕСУРСАМИ

Г.М. Мауина¹, А.А. Найзағараева¹ *, Э.Н. Тулегенова², Б.К. Жүсіпбек², М.У. Худойберганов³

¹Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, Астана, Казахстан;

²Кызылординский университет имени Коркыт Ата, Кызылорда, Казахстан;

³Национальный университет Узбекистана имени Мырзы Улыкбека, Ташкент, Узбекистан.

E-mail: akgul_1985@mail.ru

Мауина Г. — магистр, преподаватель кафедры «Информационные системы», Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, Астана, Казахстан
E-mail: alema85@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9753-6781>;

Найзағараева А. — магистр технических наук, старший преподаватель кафедры «Информационные системы», Казахский агротехнический исследовательский университет имени

С. Сейфуллина, Астана, Казахстан

E-mail: akgul_1985@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6888-1092>;

Тулегенова Э. — кандидат экономических наук, ассоциированный профессор кафедры «Компьютерные науки», Кызылординский университет имени Коркыт Ата, Кызылорда, Казахстан
E-mail: etulegenova80@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4501-7343>;

Жусипбек Б. — магистр информатики, старший преподаватель кафедры «Информатика и информационные коммуникационные технологии», Кызылординский университет имени Коркыт Ата, Кызылорда, Казахстан

E-mail: botik_80@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0717-038X>;

Худойберганов М. — доцент, Национальный университет Узбекистана имени Мирзы Улыкбека, Ташкент, Узбекистан

E-mail: mirzoali@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0830-8902>.

© Г.М. Мауина, А.А. Найзагараева, Э.Н. Тулегенова, Б.К. Жусипбек, М.У. Худойберганов, 2025

Аннотация. Статья представляет комплексный подход к анализу значимости факторов в агропромышленном секторе. Данный подход использует методы SHAP (Shapley additive explanations), Simple Combination и PCA (анализ главных компонент) + Combination. Исследование направлено на необходимость эффективного управления сельскохозяйственными ресурсами в условиях ограниченных и изменяющихся климатических условий. Предложенная методика позволяет оценить влияние различных факторов на ключевые показатели, такие как урожайность, доходы и операционные расходы. Анализ SHAP выявил основные определяющие факторы, показав, что «Площадь земли (га)» значительно влияет на «Емкость рынка» (59,5%) и «Доход от продаж» (57,2%), что подчеркивает важность масштаба производства. Метод Simple Combination (комбинация Gradient Boosting, Mutual Information и RFE + Lasso) выявил сбалансированное распределение факторов: «Площадь земли» – 14,5%, «Использование семян» – 12,8%, «Расходы на удобрения» – 10,7%. Метод PCA + Combination выявил глобальные тенденции, обозначив ключевыми факторами главных изменений «Урожайность на гектар» (22,5%) и «Размер посевной площади» (11,5%). Этот комплексный подход позволяет проводить глубокий анализ данных, охватывая локальные эффекты и глобальные взаимосвязи. Полученные результаты важны для оптимального управления ресурсами, стратегического планирования и повышения эффективности сельскохозяйственного производства.

Ключевые слова: Агропромышленный сектор, SHAP-анализ, Комплексный подход, Градиентный бустинг (Gradient Boosting), Значимость признаков, Взаимная информация (Mutual Information)

Для цитирования: Г.М. Мауина, А.А. Найзагараева, Э.Н. Тулегенова, Б.К. Жусипбек, М.У. Худойберганов. АНАЛИЗ ЗНАЧИМОСТИ ФАКТОРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ SHAP И PCA ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ АГРАРНЫМИ РЕСУРСАМИ//МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ ИНФОРМАЦИОННЫХ И КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ. 2025. Т. 6. No. 21. Стр. 21–39. (На каз.). <https://doi.org/10.54309/IJICT.2025.21.1.002>.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта



интересов.

Кіріспе

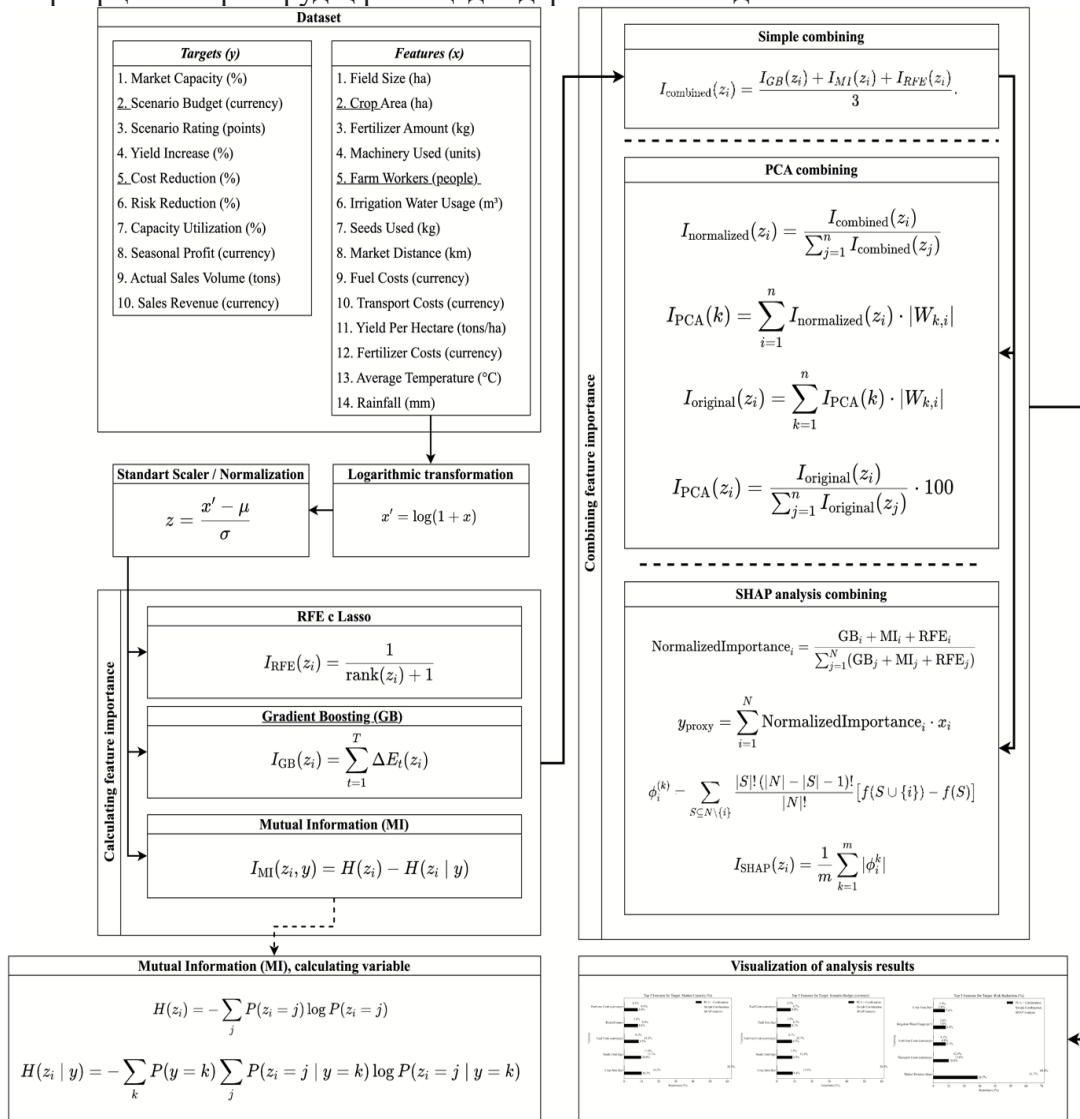
Қазіргі әлемде белгілердің маңыздылығын талдау үлкен көлемдегі деректерді өңдеуде маңызды рөл атқарады (Raman et al., 2024; Akintuyi et al., 2024; Huo et al., 2024), әсіресе ауыл шаруашылығы сияқты салаларда (Tussupov et al., 2024). Көптеген факторлар арасындағы күрделі байланыстарды – климаттық жағдайлардан бастап экономикалық шығындарға дейін – ескере отырып, дәстүрлі талдау әдістері (Tussupov et al., 2024) барлық жасырын заңдылықтарды анықтау үшін жеткілікті дәл бола бермейді. Осыған байланысты әртүрлі алгоритмдерді біріктіретін және сызықтық пен сызықтық емес тәуелділіктерді ескеруге мүмкіндік беретін кешенді тәсілдерді қолдану өзекті болып отыр. Бұл зерттеу Gradient Boosting (Wijayanti et al., 2024; Reddy et al., 2024), Mutual Information (El-Kenawy et al., 2024; Yang et al., 2024), Recursive Feature Elimination (RFE) Lasso-мен үйлесімде (Zhao et al., 2024), Негізгі компоненттерді талдау (PCA) (Kamaraj et al., 2024) және Shapley Additive exPlanations (SHAP) (Ingio et al., 2024) сияқты заманауи алгоритмдерді пайдалана отырып, белгілердің маңыздылығын бағалау әдістемесін әзірлеуге бағытталған. Бұл тәсіл ауыл шаруашылығы саласындағы ресурстарды басқару процестерін оңтайландыруға, өнімділікті арттыруға және тәуекелдерді төмендетуге мүмкіндік беретін дәлірек және түсінікті нәтижелер алуға жағдай жасайды (Xiong et al., 2024; Barzani et al., 2024). Ауыл шаруашылығы саласы көптеген қиындықтарға тап болуда, соның ішінде шектеулі ресурстарды тиімді пайдалану, шығындар мен тәуекелдерді азайту, сондай-ақ өзгермелі климаттық жағдайларға бейімделу қажеттілігі. Осындай жағдайда экономикалық және өндірістік көрсеткіштерге әсер ететін негізгі факторларды анықтайтын, сондай-ақ ресурстарды оңтайландыру жолдарын ұсынатын құралдарды әзірлеу қажет. Мұндай міндеттерді табысты шешу үшін деректерді талдаудың әртүрлі тәсілдерін біріктіру қажет, бұл белгілер арасындағы байланыстарды жан-жақты түсінуге мүмкіндік береді (Hammoumi et al., 2024; Faloye et al., 2024). Бұл зерттеуде ұсынылған әдістеме үш кезеңнен тұрады: Деректерді алдын ала өңдеу, Белгілердің маңыздылығын бірнеше әдістерді қолдану арқылы бағалау, Нәтижелерді неғұрлым терең түсіндіру үшін оларды біріктіру. Бұл тәсіл әр алгоритмнің артықшылықтарын біріктіре отырып, олардың шектеулерін азайтуға мүмкіндік береді. Әдістemenің маңызды ерекшелігі – SHAP талдауы арқылы нәтижелерді интерпретациялауға баса назар аудару, бұл модельдердің айқындығы мен түсіндірілуін қамтамасыз етеді. Ұсынылған тәсіл ауыл шаруашылығы деректерін талдау үшін аса өзекті, өйткені су пайдалану, тыңайтқыштар мен егістік алқаптарының көлемі сияқты көптеген факторлар экономикалық және өндірістік көрсеткіштерге тікелей әсер етеді. Болашақта зерттеулер нақты уақыт режиміндегі деректерді талдау әдістемесін кеңейтуге, шешім қабылдауды қолдау жүйелерімен интеграциялауға және климаттық өзгерістер мен экономикалық факторларды динамикалық ескеруге қабілетті бейімделгіш модельдерді әзірлеуге бағытталатын болады. Бұл агро-



өнеркәсіптік процестердің тұрақтылығы мен тиімділігін арттыруға мүмкіндік беретін неғұрлым дәл және икемді талдау жүйелерін құруға жол ашады.

Әдістер мен материалдар

Көпөлшемді деректердегі белгілердің маңыздылығын талдау үшін кешенді тәсіл әзірленді. Ол келесі кезеңдерді қамтиды: Деректерді алдын ала өңдеу, Маңыздылықты бағалау әдістерін қолдану, Нәтижелерді біріктіру және визуализациялау. Бұл тәсіл белгілер мен мақсатты айнымалылар арасындағы сызықтық және сызықтық емес байланыстарды ескеруге, сондай-ақ алынған нәтижелерді түсіндіруді қамтамасыз етуге бағытталған. 1-суретте көрсетілген алгоритм белгілердің маңыздылығын бағалау мен оларды әртүрлі талдау әдістері арқылы біріктірудің ретті қадамдарын сипаттайды.



Сур. 1. Белгілердің маңыздылығын бағалау алгоритмі



1. Деректерді түрлендіру.

Шеткі мәндердің әсерін азайту және аддитивті құрылымды қамтамасыз ету үшін логарифмдік функцияны қолдану арқылы деректерді түрлендіру жүзеге асырылады. Барлық x_j белгілері үшін, мұндағы $x_j > 0$, логарифмдік түрлендіру келесі түрде анықталады (1):

$$x'_i = \log(1 + x_i) \quad (1)$$

мұндағы: x_i – белгінің бастапқы мәні, x'_i – түрлендірілген мәні.

2. *Стандарттау.* Барлық белгілер z-есебін (z-score) пайдалану арқылы стандартталады, оларды орташа мәні 0 және стандартты ауытқуы 1 болатын бірыңғай шкалаға келтіру үшін (2):

$$z_i = \frac{x'_i - \mu_i}{\sigma_i} \quad (2)$$

мұндағы:

x'_i – белгінің түрлендірілген мәні,

μ_i – белгінің орташа мәні,

σ_i – белгінің стандартты ауытқуы,

z_i – белгінің стандартталған мәні.

Айнымалыларды түрлендіру:

$Z = [z_1, z_2, \dots, z_n]$, мұнда n – белгілер саны.

Стандарттау белгілерді бірыңғай шкалаға келтіріп, оларды салыстыруға мүмкіндік береді. Осылайша Z стандартталған деректері келесі талдау қадамына жіберіледі.

3. *Белгілердің маңыздылығын үш әдіс арқылы есептеу.* 1) *Gradient Boosting (GB):*

Белгілердің маңыздылығы ағаштың ішкі құрылымы арқылы анықталады. Әрбір белгі үшін маңыздылық мәні сәйкес келеді, ол келесі түрде есептеледі (3):

$$z_i \quad I_{GB}(z_i)$$

$$I_{GB}(z_i) = \sum_{t=1}^T \Delta E_t(z_i) \quad (3)$$

мұндағы T - модельдегі ағаштар саны, $\Delta E_t(z_i)$ - t -ші z_i белгісін қосу арқылы қатенің азаюы. Белгілердің маңыздылығы z_i белгісінің модель қатесін азайтуға қосқан үлесін көрсетеді. Қорытынды $I_{GB}(z_i)$ мәндері белгілерді маңыздылығы бойынша саралауға (ранжирлеуге) мүмкіндік береді. Шығыс айнымалылары: $I_{GB} = [I_{GB}(z_1), I_{GB}(z_2), \dots, I_{GB}(z_n)]$, мұнда n – белгілер саны.

2) *Өзара ақпараттылық (Mutual Information, MI):* Белгі z_i мен мақсатты айнымалы y арасындағы өзара ақпараттылық келесі формула бойынша

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0

International License



есептеледі (4):

$$I_{MI}(z_i, y) = H(z_i) - H(z_i|y) \quad (4)$$

мұндағы $H(z_i)$ – белгінің энтропиясы z_i (5),

$$H(z_i) = -\sum_j P(z_i = j) \log P(z_i = j) \quad (5)$$

$H(z_i|y)$ – берілген y үшін белгі z_i шартты энтропиясы (6),

$$H(z_i|y) = -\sum_k P(y = k) \sum_j P(z_i = j|y = k) \log P(z_i = j|y = k) \quad (6)$$

Өзара ақпараттылық (Mutual Information) белгінің z_i мен мақсатты айнымалы y -тің өзара тәуелділік дәрежесін өлшейді. Өзара ақпараттылық неғұрлым жоғары болса, z_i мен y арасындағы байланыс соғұрлым күшті болады. Шығыс айнымалылары: $I_{MI} = [I_{MI}(z_1, y), I_{MI}(z_2, y), \dots, I_{MI}(z_n, y)]$.

3) RFE with Lasso: Лассо (Lasso) моделін қолданатын рекурсивті белгі жою (RFE) әдісі. Белгілердің маңыздылығы жою процесі кезінде берілген рангтар арқылы есептеледі (7):

$$I_{RFE}(z_i) = \frac{1}{rank(z_i)+1} \quad (7)$$

мұндағы $rank(z_i)$ z_i белгісі шығарылған итерация. Ранк келесі түрде есептеледі (8):

$$rank(z_i) = k \quad (8)$$

мұндағы k - z_i белгісі модельден шығарылатын итерация нөмірі. Белгі z_i модельден неғұрлым кеш шығарылса, оның дәрежесі соғұрлым жоғары болады, және сәйкесінше, оның маңыздылығы артады. Шығыс айнымалылар: $I_{RFE} = [I_{RFE}(z_1), I_{RFE}(z_2), \dots, I_{RFE}(z_n)]$.

4. Белгілердің маңыздылығын біріктіру. Әр әдіс үшін нәтижелер келесі формула бойынша біріктіріледі (9):

$$I_{combined}(z_i) = \frac{I_{GB}(z_i) + I_{MI}(z_i) + I_{RFE}(z_i)}{3} \quad (9)$$

Комбинацияланған маңыздылық $I_{combined}(z_i)$ әртүрлі талдау әдістерін ескере отырып, белгілердің маңыздылығын неғұрлым сенімді бағалауды қамтамасыз етеді. Айнымалыларды түрлендіру (10):

$$I_{combined} = [I_{combined}(z_1), I_{combined}(z_2), \dots, I_{combined}(z_n)] \quad (10)$$

5. Негізгі компоненттерді талдау (PCA). PCA + Combination әдісі белгілердің маңыздылығын әртүрлі алгоритмдердің (Gradient Boosting, Mutual Information, RFE with Lasso) нәтижелерін біріктіру және негізгі компоненттер талдауын (PCA) қолдану арқылы бағалайды. Нормаланған маңыздылықтарды негізгі компоненттер кеңістігіне проекциялау PCA арқылы алынған W компоненттік матрицасын пайдалану арқылы жүзеге асырылады (11):

$$I_{PCA}(k) = \sum_{i=1}^n I_{normalized}(z_i) * |W_{k,i}| \quad (11)$$

мұндағы: $I_{PCA}(k)$ - k -шы негізгі компоненттің маңыздылығы, $W_{k,i}$ – PCA

компоненттер матрицасының элементі, ол z_i белгісінің k -шы негізгі компонентке қосқан үлесін көрсетеді.

Бастапқы кеңістікке кері түрлендіру. Негізгі компоненттер кеңістігінен белгілер кеңістігіне маңыздылықтарды кері түрлендіру транспозицияланған компоненттер матрицасы W^T арқылы жүзеге асырылады (12):

$$I_{original}(z_i) = \sum_{k=1}^n I_{PCA}(k) * |W_{k,i}| \quad (12)$$

Маңыздылықтарды нормалау. Алынған мәндер интерпретацияны қамтамасыз ету үшін нормаланады (олардың қосындысы 100% болады) (13):

$$I_{PCA}(z_i) = \frac{I_{original}(z_i)}{\sum_{j=1}^n I_{original}(z_j)} * 100 \quad (13)$$

мұндағы $I_{PCA}(z_i)$ – басты компоненттер кеңістігінен кері түрлендіруден кейін есептелген z_i белгісінің соңғы маңыздылығы.

6. SHAP талдауы. SHAP талдауы әрбір белгінің модель болжамына қосқан үлесін бағалау үшін қолданылады. Бұл талдау аралық мақсатты айнымалыға (y_{proxy}) негізделеді. Аралық мақсатты айнымалы (y_{proxy}) Gradient Boosting, Mutual Information және RFE with Lasso әдістері арқылы есептелген белгілердің салмақтарын сызықтық біріктіру арқылы құрастырылады.

1) Белгілердің біріктірілген маңыздылығы. Әрбір белгінің маңыздылығы үш әдіс бойынша орташа мән ретінде есептеледі (14):

$$NormalizedImportance_i = \frac{GB_i + MI_i + RFE_i}{\sum_{j=1}^N (GB_j + MI_j + RFE_j)} \quad (14)$$

мұндағы: GB_i - Gradient Boosting әдісі арқылы алынған i -белгінің маңыздылығы, MI_i - Mutual Information әдісі арқылы есептелген i -белгінің маңыздылығы, RFE_i - RFE (Recursive Feature Elimination) әдісі арқылы Lasso пайдаланып анықталған i -белгінің маңыздылығы, N - белгілер саны, $NormalizedImportance_i$ – i - белгінің ақырғы нормаланған маңыздылығы.

2) Прокси мақсатты айнымалыны құру. Прокси мақсатты айнымалы y_{proxy} X белгілерінің нормаланған маңыздылығын пайдалана отырып сызықтық комбинация ретінде қалыптастырылады (15):

$$y_{proxy} = \sum_{i=1}^N NormalizedImportance_i * x_i \quad (15)$$

мұндағы: y_{proxy} - прокси мақсатты айнымалы, x_i – i -ші белгінің мәні.

3) Белгілер үшін SHAP мәндері. SHAP мәндері Шепли теориясы негізінде есептеледі: SHAP әрбір i белгісінің k бақылауына қосқан үлесін SHAP мәндері (ϕ_i^k) арқылы бағалайды, олар Шепли теориясының формуласы бойынша есептеледі (16):

$$\phi_i^k = \sum_{S \subseteq N \setminus \{i\}} \frac{|S|!(|N|-|S|-1)!}{|N|!} [f(S \cup \{i\}) - f(S)] \quad (16)$$

мұндағы $S - i$ белгісін қоспағандағы белгілер жиынтығы, N - барлық белгілер жиынтығы, $f(S)$ - тек S белгілер жиынтығында оқытылған f_GB моделінің болжамы, $f(S \cup \{i\})$ - S белгілер жиынтығына i белгісі қосылған кезде оқытылған f_GB моделінің болжамы.

Белгілердің жиынтық маңыздылығы (*NormalizedImportance_i*) олардың прокси-нысананың (proxu target) қалыптасуына әсерін анықтайды. Бұл нысана белгілердің салыстырмалы маңыздылығын ескере отырып, олардың сызықтық комбинациясы арқылы құрылады. Gradient Boosting моделі белгілер арасындағы күрделі өзара байланыстарды есепке алу үшін қолданылады, бұл прокси-нысана айнымалысын дәлірек болжауға мүмкіндік береді. Қосымша түрде, SHAP әдісі модель болжамдарына әрбір белгінің қосқан үлесін бағалау үшін қолданылады, бұл маңыздылықты түсінікті түрде интерпретациялауға көмектеседі. Бұл әдіс әртүрлі бағалау әдістерінен алынған ақпаратты біріктіреді, бұл белгілердің күрделі өзара әрекеттесулерін есепке алуға және олардың үлесін неғұрлым дәл әрі түсінікті бағалауға мүмкіндік береді.

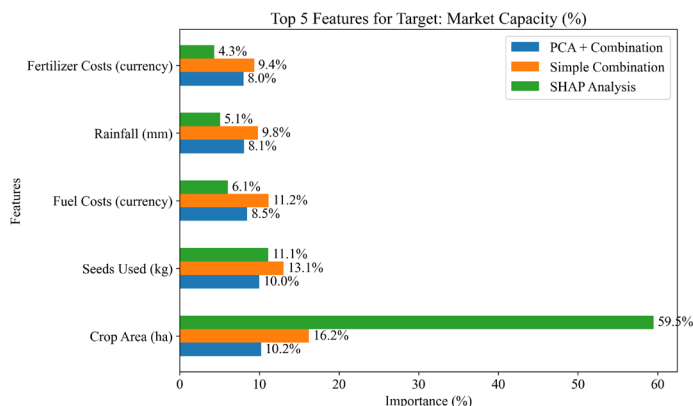
7. Нәтижелерді визуализациялау. Әрбір мақсатты айнымалы u үшін I_{PCA} , $I_{combined}$ және I_{SHAP} нәтижелері нормаланған және ең маңызды 5 белгіні визуализациялау үшін пайдаланылған (17):

$$I_{norm}(x_i) = \frac{I(x_i)}{\sum_{j=1}^n I(x_j)} * 100 \quad (17)$$

Қорытынды визуализация әрбір әдістің маңыздылық пайыздық мәндерін көрсететін көлденең жолақтар түрінде құрылады.

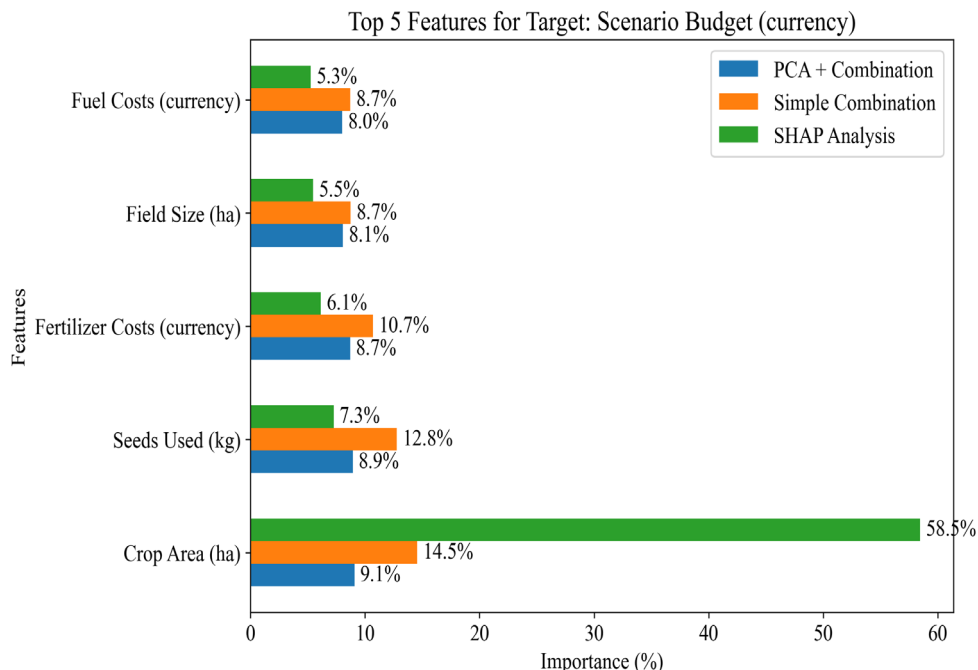
Нәтижелер және оларды талқылау

Әртүрлі әдістерді, соның ішінде PCA, SHAP және біріктірілген тәсілдерді қолданып, белгілердің маңыздылығын талдау жүргізгеннен кейін, олардың нысаналы айнымалыға (target variable) ықпалын жақсырақ түсіну үшін нәтижелерді визуализациялауға болады. 2-сурет нысаналы айнымалы «Нарықтық сыйымдылық (%)» үшін белгілердің маңыздылығын талдау нәтижелерін көрсетеді. Бұл талдау үш түрлі әдіс арқылы жүргізілді: PCA + Combination, Simple Combination және SHAP талдауы. Әрбір әдіс нысаналы айнымалыны болжауға белгілердің қаншалықты әсер ететінін өзіне тән алгоритмдер арқылы бағалайды. Горизонталды бағандық диаграмма таңдалған нысаналы айнымалы үшін ең маңызды бес белгіні көрсетеді. Диаграммадағы әрбір баған белгінің салыстырмалы маңыздылығын пайыздық түрде көрсетеді. Үш әдіс диаграммада әртүрлі түстермен белгіленген: Көк – PCA + Combination, Қызғылт сары – Simple Combination, Жасыл – SHAP талдауы.



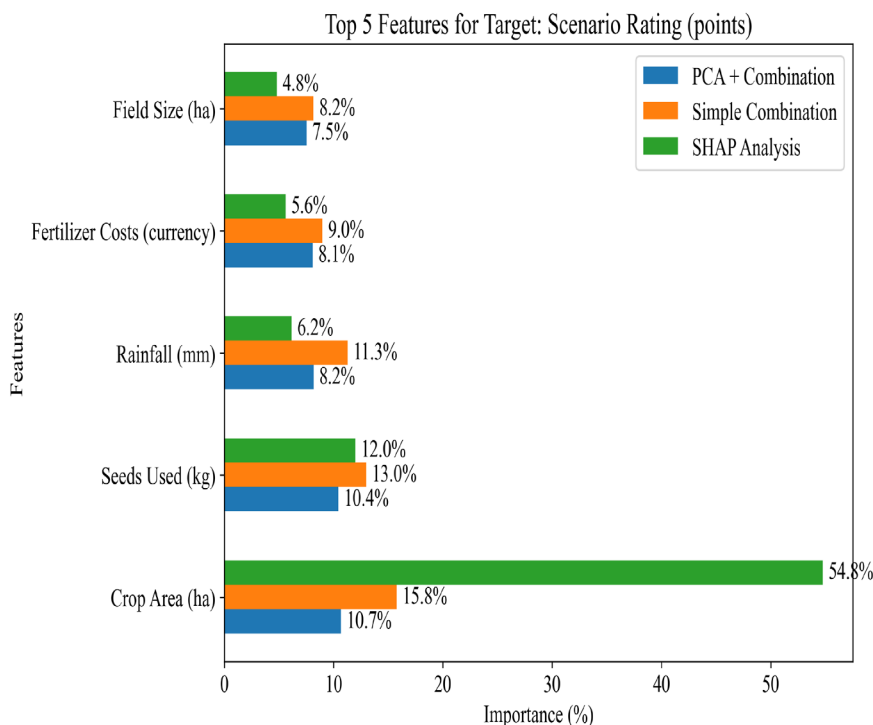
Сур. 2. “Нарық сыйымдылығы (%)” үшін белгілердің маңыздылығын PCA, Simple Combination және SHAP әдістері арқылы салыстыру

SHAP талдауы өндіріс көлемі мен нарықтық сыйымдылыққа әсері жоғары болғандықтан, «Егістік жер аумағы (га)» көрсеткішін ең маңызды фактор ретінде анықтады (59.5 %). Сонымен қатар, «Қолданылған тұқым саны (кг)» (11.1 %) және «Жанармай шығындары» (6.1 %) сияқты факторлардың да маңыздылығын атап өтті. Әдістерді қарапайым біріктіру маңыздылықтың неғұрлым тең бөлінуін көрсетті: «Егістік жер аумағы» (16.2 %) және «Тұқым саны» (13.1 %) негізгі факторлар болып қала отырып, жергілікті әсерлерді тегістеді. PCA + Combination дисперсияны түсіндіретін факторларға назар аударады, мұнда «Егістік жер аумағы» (10.2 %) және «Тұқым саны» (10.0 %) көшбасшы болып қалды. Бұл әдістер бірін-бірі толықтырып, нарықтық сыйымдылыққа әсер ететін факторлардың теңгерімді және жан-жақты талдауын қамтамасыз етеді. 3-су-ретте «Сценарий бюджеті (валюта)» мақсатты айнымалысы үшін белгілердің маңыздылығын бағалау нәтижелері көрсетілген. Бағалау үш әдіс негізінде жүргізілді: PCA + Combination, қарапайым біріктіру және SHAP талдауы. Әр әдіс бюджет көрсеткіштеріне ең үлкен әсер ететін факторларды анықтайды.



Сур. 3. «Сценарий бюджеті (валюта)» үшін белгілердің маңыздылығын PCA, Қарапайым комбинация және SHAP әдістерімен салыстыру

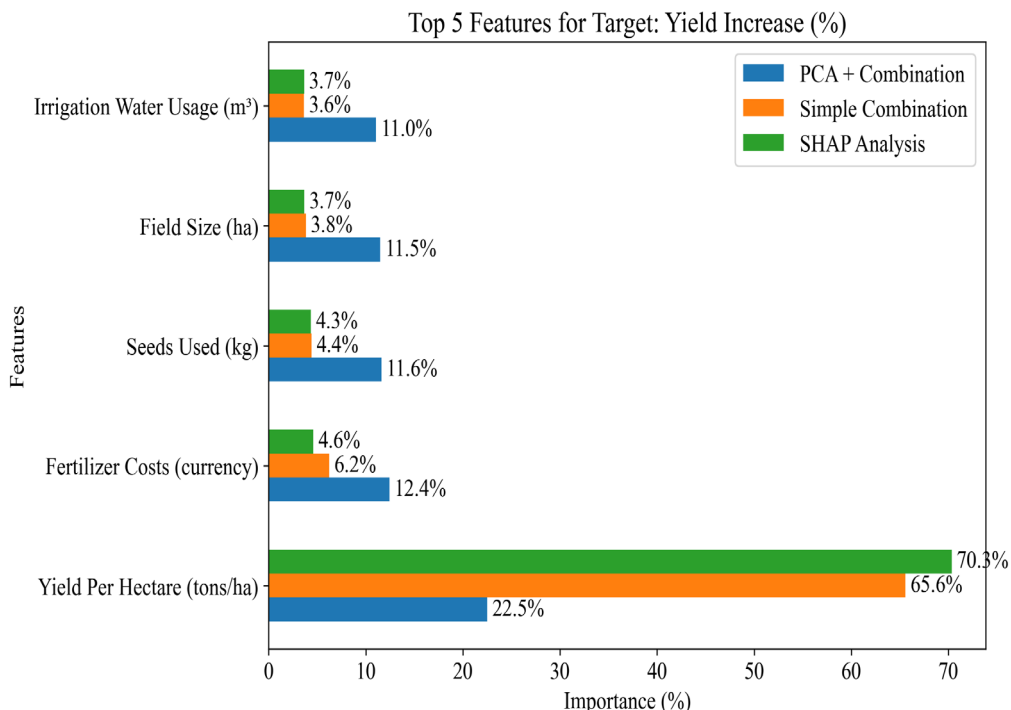
SHAP талдауы ауыл шаруашылығы жерінің ауданы (58.5 %) ең маңызды фактор екенін анықтады, себебі ол топырақ өңдеу, тыңайтқыштар және тех-ника шығындарына тікелей әсер етеді. Сонымен қатар, «Қолданылған тұқым саны» (7.3 %) және «Тыңайтқыштарға жұмсалған шығындар» (6.1 %) маңызды факторлар ретінде ерекшеленді. Әдістердің қарапайым үйлесімі факторлардың неғұрлым теңгерімді таралуын көрсетті: «Ауыл шаруашылығы жерінің ауданы» (14.5 %), «Тұқым саны» (12.8 %) және «Тыңайтқыш шығындары» (10.7 %) не-гізгі факторлар қатарында болды, бұл теңдестірілген талдау жасауға мүмкіндік берді. PCA + Combination әдісі «Ауыл шаруашылығы жерінің ауданы» (9.1 %) және «Тұқым саны» (8.9 %) көшбасшы екенін көрсетті, бірақ басқа белгілердің үлесін бірқалыпты таратып, дисперсияға назар аударды. Әдістердің біріктіріл-ген қолданылуы бюджетті қалыптастыруға әсер ететін факторларды тереңірек түсінуге мүмкіндік береді, күрделі тәуелділіктерді талдау, тепе-теңдікті сақтау және ғаламдық үрдістерді анықтауды біріктіреді. 4-суретте «Сценарий рейтингі (ұпай)» мақсатты айнымалысына әсер ететін факторлардың маңыздылығын талдау нәтижелері көрсетілген. Талдау үш түрлі тәсіл арқылы жүргізілді: PCA + Combination, Simple Combination және SHAP әдістері. Әр әдіс сценарий рейтингін қалыптастырудағы жеке белгілердің маңыздылығы туралы өзіндік бірегей түсінік берді.



Сур. 4. “Сценарий рейтингі (ұпайлар)” үшін белгілердің маңыздылығын PCA, Simple Combination және SHAP әдістерімен салыстыру

SHAP талдауы «Егіс алаңы (га)» көрсеткішін сценарийді бағалаудағы негізгі фактор ретінде белгіледі (54.8 %), бұл оның өнімділік пен операциялардың сәттілігі үшін маңызды екенін көрсетеді. Сонымен қатар, «Қолданылған тұқым саны» (12.0 %) және «Жауын-шашын мөлшері» (6.2 %) маңызды белгілер ретінде ерекшеленді. Әдістерді қарапайым біріктіру маңыздылықтың біркелкі таралуын көрсетті, мұнда «Егіс алаңы» (15.8 %) және «Тұқым саны» (13.0 %) көшбасшы болып қала берді, бұл теңгерімді талдауды қамтамасыз етеді. PCA + Combination әдісі ANOVA арқылы «Егіс алаңы» (10.7 %) және «Тұқым саны» (10.4 %) белгілерін ерекше атап өтті, бұл жоғары корреляцияланған деректерді тиімді өңдеуге мүмкіндік берді. Барлық әдістерді біріктіріп пайдалану күрделі байланыстарды ескеруге, нәтижелерді теңестіруге және жаһандық трендтерді анықтауға мүмкіндік береді, бұл сценарий рейтингін анықтауға әсер ететін факторларды жан-жақты түсінуге ықпал етеді. 5-суретте «Өнімділікті арттыру (%)» мақсатты айнымалысына әсер ететін белгілердің маңыздылығын талдау нәтижелері үш түрлі әдіс: PCA + Combination, қарапайым біріктіру және SHAP талдауы арқылы ұсынылған.

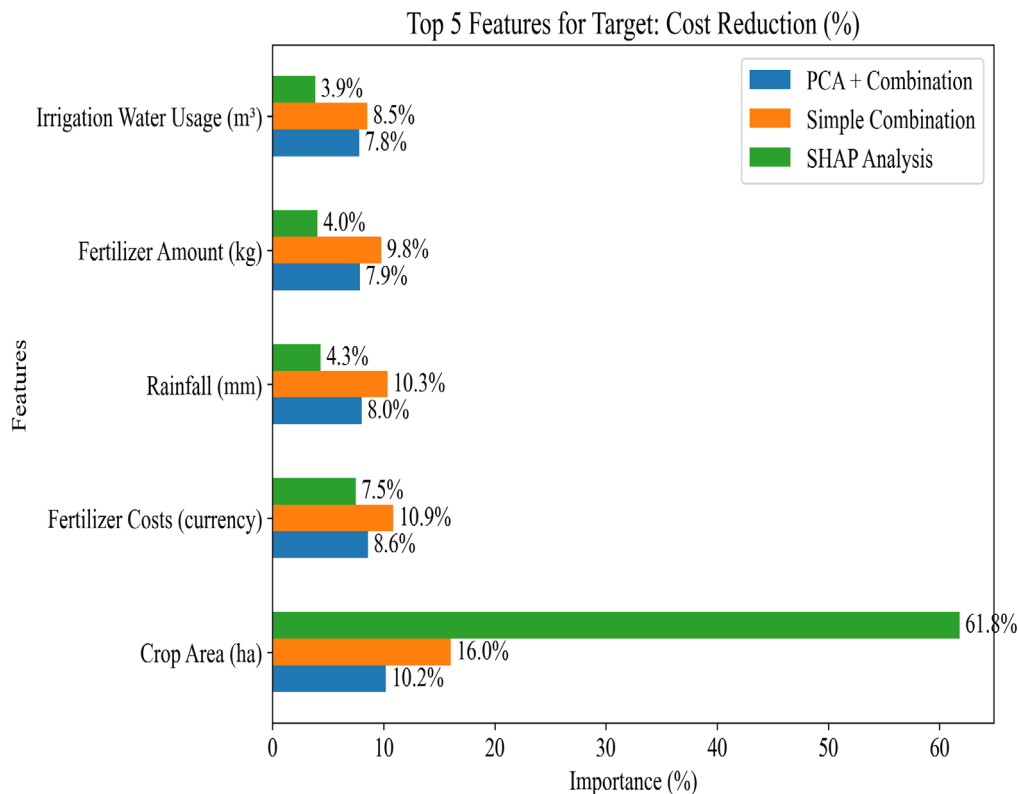
SHAP талдауы көрсеткендей, гектарға шаққандағы өнімділік (тонна/га) өнімділікті арттырудағы ең маңызды фактор болып табылады (70,3 %), бұл



Сур. 5. “Сценарий рейтингі (ұнай)” үшін белгілердің маңыздылығын PCA, Simple Combination және SHAP әдістері арқылы салыстыру

оның негізгі әсерін атап көрсетеді. Сонымен қатар, тыңайтқышқа жұмсалған шығындар (4,6 %) және тұқым саны (4,3 %) аз мәнге ие болғанымен, маңызды рөл атқарады. Әдістерді қарапайым біріктіру маңыздылықты біркелкі таратып, өнімділіктің жетекші рөлін (65,6 %) растады, сондай-ақ тыңайтқышқа жұмсалған шығындардың (6,2 %) маңызды үлесін қосты. PCA + Combination әдісі гектарға шаққандағы өнімділіктің (22,5 %) жетекші фактор екенін көрсет-се де, егістік алқабының көлемі (11,5 %) және су шығыны (11,0 %) жаһандық үрдістердегі маңыздылығын айқындады. Әдістерді біріктіріп қолдану күрделі байланыстарды ескеруге мүмкіндік береді, теңдестірілген бағалау жүргізуге және жаһандық үрдістерді анықтауға көмектеседі, бұл өндіріс тиімділігін арт-тыру стратегиялары үшін өте маңызды. 6-сурет шығындарды азайтуға әсер ететін факторлардың маңыздылығын талдау нәтижелерін көрсетеді (PCA + Combination, Simple Combination және SHAP талдау әдістері бойынша).

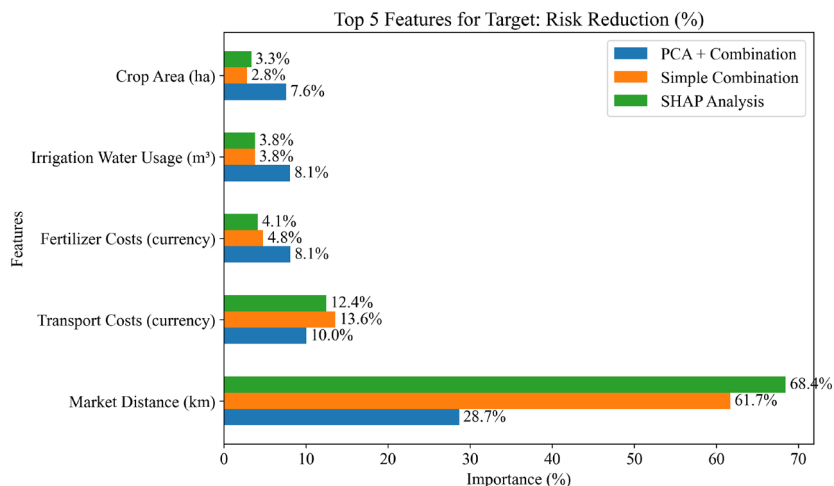
SHAP талдауы негізгі шығындарды азайту факторы ретінде “Жер аумағын (га)” (61,8 %) анықтады, бұл масштабтың үнемділігі арқылы шығындарды оңтайландыруға мүмкіндік береді. Сондай-ақ, “Тыңайтқыш құны” (7,5 %) және “Жауын-шашын мөлшері” (4,3 %) маңызды факторлар ретінде ерекшеленді. Әдістердің қарапайым үйлесімі маңыздылықты біркелкі бөлді,



Сур. 6. Атрибуттардың шығындарды азайтуға әсері (%)

Әдістердің қарапайым үйлесімі маңыздылықты біркелкі бөлді, “Жер аумағы” (16,0 %) рөлін растады және “Тыңайтқыш құны” (10,9 %) мен “Жауын-шашын мөлшері” (10,3 %) сияқты факторлардың үлесін арттырды. PCA + Combination “Жер аумағы” (10,2 %) және “Жауын-шашын мөлшерін” (8,0 %) глобалды қатынастарды талдау арқылы маңызды факторлар ретінде белгіледі. Барлық әдістерді бірге пайдалану күрделі бейсызық байланыстарды ескеруге, жалпы заңдылықтарды анықтауға және теңгерімді талдау жасауға мүмкіндік береді, бұл шығындарды басқару стратегиялары мен ауыл шаруашылығы өндірісінің тиімділігін арттыру үшін маңызды. 7-сурет PCA + Combination, қарапайым комбинация әдісі және SHAP талдауы арқылы тәуекелді азайтуға әсер ететін факторлардың маңыздылығын (%) талдау нәтижелерін көрсетеді.

SHAP талдауы «Нарыққа дейінгі қашықтық (км)» көрсеткішін негізгі тәуекелдерді азайту факторы ретінде анықтады (68,4 %), бұл оның логистика мен өнімнің қауіпсіздігіне әсерін көрсетеді. Сондай-ақ, «Тасымалдау құны» (12,4 %) және «Тыңайтқыш құны» (4,1 %) маңызды белгілер ретінде ерекшеленді. Simple Combination әдісі «Нарыққа дейінгі қашықтықтың» (61,7 %) және «Тасымалдау құнының» (13,6 %) маңыздылығын растады, сонымен



Сур. 7. Белгілердің тәуекелді төмендетуге әсері (%)

(Fig. 7. Impact of signs on risk reduction (%))

қатар басқа факторлардың теңгерімді үлесін қосты. PCA + Combination әдісі «Нарыққа дейінгі қашықтық» (28,7 %) басты фактор екенін көрсетті, оған «Тасымалдау құны» (10,0 %) және «Тыңайтқыш құны» (8,1 %) жаһандық заңдылықтар шеңберінде қосымша әсер етті. Барлық әдістерді біріктіріп қолдану тәуекелдерді төмендетуге әсер ететін факторларды терең түсінуге мүмкіндік береді және ауыл шаруашылығындағы стратегиялық басқарудың негізгі құралы болып табылады. 8-суретте PCA + Combination, Simple Combination және SHAP талдау әдістерінің нәтижелері негізінде қуатты пайдалану тиімділігіне (%) әсер ететін факторлардың маңыздылығы көрсетілген.

SHAP талдауы жер көлемін (га) негізгі табыс факторы ретінде анықтады (57,2 %), ал тұқым пайдалану (6,8 %) және тыңайтқыш құны (6,2 %) ресурстарды оңтайландырудың маңыздылығын көрсетті. Simple Combination әдісі жер көлемінің (14,5 %) маңыздылығын растады, сонымен қатар тұқым пайдаланудың (10,7 %) және тыңайтқыш құнының (8,7 %) үлесін қосты, бұл теңдестірілген талдауды қамтамасыз етті. PCA + Combination әдісі белгілердің маңыздылығын біркелкі бөліп, жер көлемін (9,1 %) және тұқым пайдалануды (8,7 %) негізгі факторлар ретінде анықтады. Әдістердің біріктірілген қолданылуы сызықтық емес байланыстар мен жаһандық үрдістерді есепке ала отырып, табысты анықтайтын факторларды кешенді түсінуге мүмкіндік береді, бұл агробизнес секторында стратегиялық басқару үшін өте маңызды. Кооперативтік ойын теориясына негізделген SHAP талдауы белгілердің мақсатты айнымалыларға қосқан үлесін сандық тұрғыдан бағалап, сызықтық емес тәуелділіктер мен өзара әрекеттесулерді ескерді. Аралық мақсатты айнымалыларды пайдалану арқылы SHAP “Жер көлемі (га)” факторын “Нарық сыйымдылығы” (59,5 %) және “Сату кірісі” (57,2 %) үшін

негізгі фактор ретінде анықтады, бұл өндіріс ауқымының маңыздылығын көрсетті. Әдіс сондай-ақ жергілікті әсерлерді ашты, мысалы, “Нарыққа дейінгі қашықтық” (68,4 %) сияқты логистикалық факторлардың тәуекелдерді азайтуға әсері. SHAP әдісі күрделі байланыстарды терең түсіндіруді қажет ететін мәселелерде тиімділігін дәлелдеді. Gradient Boosting, Mutual In-formation және RFE with Lasso әдістерін біріктіру сызықты және сызықтық емес байланыстарды ескере отырып, факторлардың теңдестірілген талдауын қамтамасыз етеді. Бюджеттік сценарий үшін негізгі факторлар жер көлемі (14,5 %), тұқым пайдалану (12,8 %) және тыңайтқыш құны (10,7 %) болды, бұл олардың операциялық шығындардағы маңыздылығын көрсетеді. PCA + Com-bination әдісі жаһандық үрдістерді және өзара тәуелді деректер құрылымдарын анықтайды, ең үлкен өзгерісті енгізетін белгілерге назар аударады. Мысалы, өнімділікті арттыру үшін негізгі факторлар “Тектарға шаққандағы өнімділік” (22,5 %) және “Егістік алқабының көлемі” (11,5 %) болды. Екі әдіс те жергілікті және жаһандық тәуелділіктерді тиімді талдайды, бұл стратегиялық жоспарлау үшін өте маңызды.

Қорытынды

Бұл мақалада агробизнес саласындағы факторлардың маңыздылығын талдауға арналған біріктірілген тәсіл ұсынылады, ол үш әдісті біріктіреді: SHAP талдауы, Қарапайым Комбинация (Simple Combination) және PCA + Комбинация. Зерттеу нәтижелері бірнеше тәсілді қолдану өнімділік, шығындарды азайту, тәуекелдерді басқару және кірісті арттыру сияқты негізгі көрсеткіштерге әсер ететін факторларды кешенді бағалауға мүмкіндік беретінін көрсетті. SHAP талдауы түзу емес байланыстарды түсіндіруге бағытталған, онда «Жер аумағы» сияқты негізгі факторлар анықталып, олардың әртүрлі мақсатты айнымалыларға әсері көрсетілді. Бұл өндіріс ауқымының маңыздылығын ерекше атап өтеді. Қарапайым Комбинация (Simple Combination) факторлардың маңыздылығын теңдестірілген түрде көрсетті, соның ішінде сызықтық және жаһандық байланыстарды ескерді. Бұл әдіс операциялық шығындарды бағалау үшін өте пайдалы. PCA + Комбинация жаһандық трендтерге назар аударып, өзара тәуелді деректер құрылымдарын анықтады. Сонымен қатар, бұл әдіс өнімділікті арттыру және шығындарды азайту сияқты көрсеткіштерге факторлардың әсерін егжей-тегжейлі сипаттады. Зерттеу нәтижелері әр әдістің өзіндік артықшылықтары бар екенін және олардың үйлесімді қолданылуы факторлар арасындағы күрделі өзара байланыстарды тереңірек түсінуге ықпал ететінін көрсетті. Ұсынылған тәсіл ресурстарды басқару процестерін оңтайландыруға, өндіріс тиімділігін арттыру стратегияларын жоспарлауға және аграрлық сектордағы тәуекелдерді барынша азайтуға тиімді түрде қолданылуы мүмкін. Болашақта зерттеу методологияны нақты уақыт режимінде деректерді талдауға бейімдеу және оны шешімдерді қолдау жүйелерімен біріктіру бағытында жалғасады. Бұл талдаудың дәлдігі мен икемділігін одан әрі арттыруға мүмкіндік береді.

ӘДЕБИЕТТЕР

- Раман Р., Кантари Х., Гокхале А.А., Элангован К., Минакши Б., Шринивасан С. (2024). Машиналық оқыту алгоритмдерін пайдалана отырып ауылшаруашылық өнімділігін болжау // — 2024 Халықаралық автоматтандыру және есептеу конференциясы (AUTOCOM), IEEE. — 2024. — Б. 187–191.
- Акинтуйи О.Б. Дәлме-дәл егіншілікте бейімделген жасанды интеллект: нақты уақыттағы деректер негізінде ферма операцияларын оңтайландыру үшін өзін-өзі үйрететін алгоритмдерді қолдануды зерттеу // — *Research Journal of Multidisciplinary Studies*. — 2024. — Т. 7. — № 02. — Б. 016–030.
- Хуо Д., Малик А.У., Равана С.Д., Рахман А.У., Ахмеди И. (2024). Смарт фермерлік картасы: деректерге негізделген дәуірдегі ауылшаруашылық мәселелерін шешу // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. — 2024. — Т. 189. — Б. 113858.
- Тусупов Ж., Есенова М., Абдикеримова Г., Аимбетов А., Бактыбеков Қ., Мурзабекова Г., Айтимова У. (2024). Машиналық оқыту әдістерін қолдану арқылы ауылшаруашылық дақылдарының аурулары мен зиянкестерін анықтауда формалды концептілерді талдау // *IEEE Access*. — 2024.
- Тусупов Ж., Абдикеримова Г., Исмаилова А., Касымова А., Белдеубаева З., Айтимов М., Макулов Қ. (2024). Дала дақылдарындағы аурулар мен зиянкестер динамикасын құрылымдық деректер негізінде талдау // *IEEE Access*. — 2024.
- Виджаянти Э.Б., Сетиади Д.Р.И.М., Сетиоко Б.Х. (2024). Экстремалды градиенттік күшейту негізінде күріш өнімділігін болжауға арналған деректер жиынын талдау және ерекшеліктерін анықтау // — *Journal of Computing Theories and Applications*. — 2024. — Т. 1. — № 3. — Б. 299–310.
- Редди Н., Манимегалай Т. (2024). Наивті Байес алгоритмімен салыстырмалы түрде градиенттік күшейту алгоритмін пайдаланып ауылшаруашылық өнімділігін болжау // *AIP Conference Proceedings*. — 2024. — Т. 2853. — № 1.
- Эль-Кенави Э.С.М., Альхуссан А.А., Холадади Н., Миржалили С., Эйд М.М. (2024). Тұрақты ауыл шаруашылығы үшін машиналық және терең оқыту арқылы картоп өнімділігін болжау // *Potato Research*. — 2024. — Б. 1–34.
- Ян Ю., Чжоу Ш., Сюй Ц., Ван Х., Лю Л., Цао В. (2024). Су-энергетикалық байланыстың тұрақтылығын талдау үшін экологиялық желілерге өзара ақпаратты біріктіру: Янцзы өзенінің экономикалық белдеуі мысалында // — *Journal of Cleaner Production*. — 2024. — Т. 448. — Б. 141705.
- Чжао Ш., Чжан М., Сяо З., Кан Б. (2024). Шамаланған дәлелді өзара ақпаратты пайдаланып деректердің сенімділігі мен салыстырмалы салмағын бағалау // *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. — 2024. — Т. 133. — Б. 108409.
- Камаарадж В.В., Маран П.С., Ранджана П. (2024). Топырақты жіктеу және өнімділікті арттыру үшін модификацияланған рекурсивті ерекшеліктерді жою (MRFE) әдісі // *AIP Conference Proceedings*. — 2024. — Т. 3075. — № 1.
- Ингио Ж.А., Нсанг А.С., Иорлиам А. (2024). Күріш өнімділігін болжауды көптік сызықтық регрессия мен рекурсивті ерекшеліктерді жою арқылы оңтайландыру // — *Journal of Future Artificial Intelligence and Technologies*. — 2024. — Т. 1. — № 2. — Б. 96–108.
- Сюн Л., Ан Ж., Хоу Ю., Ху Ц., Ван Х., Чен Ю., Тан Ш. (2024). Өзара байланысты газ сенсоры деректерін өңдеуге арналған топшілік репрезентативті ерекшеліктерді таңдау негізінде жақсартылған SVR рекурсивті ерекшеліктерді жою (IRFS-SVR-RFE) // *Sensors and Actuators B: Chemical*. — 2024. — Т. 419. — Б. 136395.
- Барзани А.Р., Пахлавани П., Горбанзаде О., Голамния К., Гамиси П. (2024). Орман өрттері қаупі бар аймақтарды болжауда машиналық оқыту модельдеріндегі рекурсивті ерекшеліктерді жоюдың әсерін бағалау // *Fire*. — 2024. — Т. 7. — № 12. — Б. 440.
- Хаммуми Д. және басқалар. (2024). Судың сапасын маусымдық өзгерістер мен негізгі компоненттік талдау (PCA) және су сапасының индексі (WQI) арқылы бағалау: практикалық мысал // *Sustainability*. — 2024. — Т. 16. — № 13. — Б. 5644.
- Фалойе О.Т., Аджайи А.Э., Камчум В., Акинтола О.А., Огунтунде П.Г. (2024). Био көмір және минералды тыңайтқыштардың топырақ сапасы мен жүгері өнімділігіне әсерін негізгі компоненттік талдау арқылы бағалау // *Agromomy*. — 2024. — Т. 14. — № 8. — Б. 1761.

REFERENCES

- Raman R., Kantari H., Gokhale A. A., Elangovan K., Meenakshi B., Srinivasan S. (2024). Agriculture Yield Estimation Using Machine Learning Algorithms // 2024 International Conference on Automation and Computation (AUTOCOM), IEEE. — 2024. — Pp. 187–191.
- Akintuyi O.B. (2024). Adaptive AI in precision agriculture: a review: investigating the use of self-learning algorithms in optimizing farm operations based on real-time data // — *Research Journal of Multidisciplinary Studies*. — 2024. — Vol. 7. — No. 02. — Pp. 016–030.
- Huo D., Malik A.W., Ravana S.D., Rahman A.U., Ahmedy I. (2024). Mapping smart farming: Addressing agricultural challenges in data-driven era // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. — 2024. — Vol. 189. — P. 113858.
- Tussupov J., Yessenova M., Abdikerimova G., Aimbetov A., Baktybekov K., Murzabekova G., Aitimova U. (2024). Analysis of formal concepts for verification of pests and diseases of crops using machine learning methods // IEEE Access. — 2024.
- Tussupov J., Abdikerimova G., Ismailova A., Kassymova A., Beldeubayeva Z., Aitimov M., Makulov K. (2024). Analyzing disease and pest dynamics in steppe crop using structured data // IEEE Access. — 2024.
- Wijayanti E.B., Setiadi D.R.I.M., Setyoko B.H. (2024). Dataset Analysis and Feature Characteristics to Predict Rice Production based on eXtreme Gradient Boosting // — *Journal of Computing Theories and Applications*. — 2024. — Vol. 1. — No. 3. — Pp. 299–310.
- Reddy N., Manimegalai T. (2024). Predicting the crop yield in agriculture using gradient boosting algorithm in comparison of naive bayes algorithm // AIP Conference Proceedings. — 2024. — Vol. 2853. — No. 1.
- El-Kenawy E.S.M., Alhussan A.A., Khodadadi N., Mirjalili S., Eid M.M. (2024). Predicting potato crop yield with machine learning and deep learning for sustainable agriculture // *Potato Research*. — 2024. — Pp. 1–34.
- Yang Y., Zhou X., Xu J., Wang H., Liu L., Cao W. Coupling mutual information into ecological networks to analyze the sustainability of water-energy nexus: A case study of Yangtze River Economic Belt // — *Journal of Cleaner Production*. — 2024. — Vol. 448. — P. 141705.
- Zhao X., Zhang M., Xiao Z., Kang B. (2024). Evaluating the reliability and relative weight of the evidence using approximate evidential mutual information // — *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. — 2024. — Vol. 133. — P. 108409.
- Kamaraj V.V., Maran P.S., Ranjana P. (2024). Modified recursive feature elimination (MRFE) technique for soil classification and better crop production // AIP Conference Proceedings. — 2024. — Vol. 3075. — No. 1.
- Ingio J.A., Nsang A.S., Iorliam A. (2024). Optimizing Rice Production Forecasting Through Integrating Multiple Linear Regression with Recursive Feature Elimination // — *Journal of Future Artificial Intelligence and Technologies*. — 2024. — Vol. 1. — No. 2. — Pp. 96–108.
- Xiong L., An J., Hou Y., Hu C., Wang H., Chen Y., Tang X. (2024). Improved support vector regression recursive feature elimination based on intragroup representative feature sampling (IRFS-SVR-RFE) for processing correlated gas sensor data // — *Sensors and Actuators B: Chemical*. — 2024. — Vol. 419. — P. 136395.
- Barzani A.R., Pahlavani P., Ghorbanzadeh O., Gholamnia K., Ghamisi P. (2024). Evaluating the Impact of Recursive Feature Elimination on Machine Learning Models for Predicting Forest Fire-Prone Zones // *Fire*. — 2024. — Vol. 7. — No. 12. — P. 440.
- Hammoumi D. et al. (2024). Seasonal variations and assessment of surface water quality using water quality index (WQI) and principal component analysis (PCA): a case study // *Sustainability*. — 2024. — Vol. 16. — No. 13. — P. 5644.
- Faloye O.T., Ajayi A.E., Kamchoom V., Akintola O.A., Oguntunde P.G. (2024). Evaluating impacts of biochar and inorganic fertilizer applications on soil quality and maize yield using principal component analysis // *Agronomy*. — 2024. — Vol. 14. — No. 8. — P. 1761.

**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 15.03.2025.

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).