

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 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)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

EDITOR

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

«International Journal of Information and Communication Technologies»

ISSN 2708–2032 (print)

ISSN 2708–2040 (online)

Owner: International Information Technology University JSC (Almaty).

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

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

Periodicity: 4 times a year.

Circulation: 100 copies.

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

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

© International Information Technology University JSC, 2025

© Group of authors, 2025

МАЗМҰНЫ

А.Е. Абдуалиев, Г.Қ. Сембина

ГЕНЕТИКАЛЫҚ АЛГОРИТМ ЖӘНЕ БАЙЕСИЯЛЫҚ ГИПЕРПАРАМЕТРЛЕРДІ ОҢТАЙЛАНДЫРУ НЕГІЗІНДЕ АЙМАҚТЫҚ БЮДЖЕТТІ БӨЛҮДІ ОҢТАЙЛАНДЫРУ.....8

А.М. Альжанов, К.Қ. Рахымбек, А.Б. Нугуманова

БЛОКЧЕЙННЕН ШАБЫТТАНҒАН КОНСЕНСУС МОДЕЛЬДЕРІ АРҚЫЛЫ ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ НЕГІЗІНДЕГІ СУ ТАСҚЫНЫ БОЛЖАМЫНЫҢ ТҰРАҚТЫЛЫҒЫН

АРТТЫРУ.....24

А.З. Айтмагамбетов, С.Ж. Жұмағали, А.С. Инчин, С.М. Трепашко

НАВИГАЦИЯЛЫҚ ПЛОМБА МОДУЛЬДЕРІНІҢ ЭНЕРГИЯ ТҰТЫНУЫН БАҒАЛАУ ҮШІН СТЕНД ӨЗІРЛЕУ ЖӘНЕ СЫНАУ.....45

С. Аманжолова, Г. Мутанов, С. Муханов, О. Усатова, А. Razaque

ZABVIX ЖӘНЕ GRAFANA КӨМЕГІМЕН ЖЕЛІЛІК БЕЛСЕНДІЛІКТІ БАҚЫЛАУҒА ЖӘНЕ SQL ИНЪЕКЦИЯЛЫҚ ШАБУЫЛДАРЫН АНЫҚТАУҒА АРНАЛҒАН AI-МЕН ЖҰМЫС ІСТЕЙТІН ЖҮЙЕ.....61

Н.Ә. Асан, Д.М. Утебаева, А.Е. Қасенхан, Л.М. Илипбаева

БІЛІМ БЕРУ ЖҮЙЕЛЕРІНЕ ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТІНІ ЕНГІЗУ.....84

О. Бекмурат, В. Сербин, М. Алиманова, Ү. Базарбаева

ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ НЕГІЗІНДЕ ЖАСӨСПІРІМДЕРДІҢ СУИЦИДТІК БЕЙІМДІЛІГІН БОЛЖАУ.....

100А. Белошицкий, Ю. Андрашко, А. Кучанский, А. Нефтисов, М. Гладка

ЖАҢА АУЫЛШАРУАШЫЛЫҚ ДАҚЫЛДАРЫН ӨСІРУ БОЙЫНША ЖЫЛЫЖАЙ АУЫЛШАРУАШЫЛЫҚ КӘСІПОРЫНДАРЫНЫҢ ОПЕРАЦИЯЛЫҚ ҚЫЗМЕТІНЕ ШЕШІМ ҚАБЫЛДАУ ҮЛГІСІ.....115

Э. Гайсина, А. Кубашева, А. Кумаргалиева, Г. Дашева, П. Шмидт

ОНЛАЙН ОҚЫТУ ПЛАТФОРМАЛАРЫНЫҢ ҚАБЫЛДАНУЫНА ЫҚПАЛ ЕТЕТІН ФАКТОРЛАРДЫ АҚПАРАТТЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР ТҰРҒЫСЫНАН ЗЕРТТЕУШ.....133

Ележанова, Х. Кутуку, Ш. Коданова, А. Кубашева, Ж. Аманбаева

DuckDB МЕН ChromaDB НЕГІЗІНДЕ ҚЫЗМЕТКЕРЛЕР ТУРАЛЫ МӘЛІМЕТТЕРДІ ӨНДЕУДЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫ ДЕРЕКТЕРДІ ТАЛДАУ ӘДІСТЕРІН ҚОЛДАНУ.....145

А.К. Калдарова, М.А. Васкез

СТУДЕНТТЕРДІҢ СӨЗДІК ҚОРЫН ДАМУ: WORDWALL ПЛАТФОРМАСЫ НЕГІЗІНДЕГІ ИНТЕРАКТИВТІ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІНІҢ ҰҚПАЛЫ.....173

К.В. Колесникова, А.В. Нефтисов, И.М. Казамбаев, Т.М. Олех, Ж. Әбдібаев,

МӘЛІМЕТТЕРДІ ИНТЕГРАЦИЯЛАУДЫҢ МӘСЕЛЕЛЕРАРАЛЫҚ СУ РЕСУРСТАРЫН БАСҚАРУДАҒЫ ӘДІСТЕМЕЛІК ҚАҒИДАТТАРЫ.....186

Л. Курманғазиева, О. Финдик, В. Махатова, Д. Құдабаева, А. Маратұлы

ОБЪЕКТІЛЕРДІ ТАҢУ ЖӘНЕ ЫҒЫСУЫН БАҚЫЛАУҒА АРНАЛҒАН КОНВОЛЮЦИЯЛЫҚ НЕЙРОНДЫҚ ЖЕЛІ.....202

Г.М. Мауина, Б.Е. Таныкпаева, А.У. Есиркепова, Г.Ж. Өтеген, Х.М. Рай

МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІМЕН АГРОӨНЕРКӘСІПТІК ТИІМДІЛІК КӨРСЕТКІШТЕРІ БОЙЫНША СЫРТҚЫ ФАКТОРЛАРДЫ БАҒАЛАУ.....222

К.К. Мырзабек, А.Б. Хасен, Ш.М.У. Хан

УАҚЫТТЫҚ ЫҚТИМАЛДЫ АВТОМАТТАР НЕГІЗІНДЕ ӨУЕ ҚОЗҒАЛЫСЫН БАСҚАРУ ЖҮЙЕЛЕРІН ТАЛДАУ.....238

М.К. Рыспаева, О.С. Салыкова

ТРАНСФЕРЛІК ОҚЫТУ МЕН RADIMAGENET САЛМАҚТАРЫНА НЕГІЗДЕЛГЕН СИРЕК ПАТОЛОГИЯЛАРҒА АРНАЛҒАН GAN ӘДІСІ АРҚЫЛЫ МЕДИЦИНАЛЫҚ БЕЙНЕЛЕРДІ ГЕНЕРАЦИЯЛАУ.....254

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



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

СОДЕРЖАНИЕ

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



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

CONTENTS

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



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



EVALUATION OF EXTERNAL FACTORS ON AGROINDUSTRIAL EFFICIENCY INDICATORS USING MACHINE LEARNING METHODS

G. Mauina¹, B. Tanykpayeva^{1*}, A. Yessirkepova², G. Otegen², H.M. Rai³

¹S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University named after S. Seifullin, Astana, Kazakhstan;

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

³Gachon University, South Korea.

E-mail: alema85@mail.ru

Mauina Gulalem — lecturer of 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>;

Tanykpayeva Balansa — lecturer of the Department of Information Systems, Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin, Astana, Kazakhstan

E-mail: balausa1.80@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0001-1259-0832>;

Yessirkepova Aizhan — senior lecturer of the Department of Computer Science, Kyzylorda University named after Korkyt Ata, Kyzylorda, Kazakhstan

E-mail: aizhan_kizi@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3219-3022>;

Otegen Gulzat — senior lecturer of the Department of Computer Science, Kyzylorda University named after Korkyt Ata, Kyzylorda, Kazakhstan

E-mail: otegen.gulzat@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2490-9385>;

Rai Hari Mohan — PhD, associate professor, Gachon University, South Korea

E-mail: Rai@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7651-7338>.

© G. Mauina, B. Tanykpayeva, A. Yessirkepova, G. Otegen, H.M. Rai

Abstract. Modern agriculture is faced with the problem of increasing production efficiency in conditions of limited resources and changing climatic conditions. This article presents an approach to assessing the impact of various factors on agro-industrial indicators using machine learning methods. The analysis was conducted on the basis of production, climatic and economic indicators of agro-industrial enterprises of the North Kazakhstan region for the period 2020–2022. The study revealed that the most important factors are the acreage, average crop weight and rainfall, which show a correlation of up to 93 % with an increase in productivity. The use of the proposed methods made it possible to reduce forecast uncertainty

by 28 % and increase the forecast accuracy of key indicators by 15–20 %. The results of the analysis, visualized in the form of correlation matrices and maps of important features, confirm that the proposed approach can be used to optimize the management of agro-industrial production. The use of the developed methodology contributes to the development of strategies aimed at the sustainable development of the agro-industrial complex. In addition, the study results indicate the importance of automating technological processes in agriculture.

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

For citation: G. Mauina, B. Tanykpayeva, A. Yessirkepova, G. Otegen, H.M. Rai. Evaluation of external factors on agroindustrial efficiency indicators using machine learning methods//International journal of information and communication technologies. 2025. Vol. 6. No. 23. Pp. 222–237. (In Kaz.). <https://doi.org/10.54309/IJICT.2025.23.3.013>.

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

МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІМЕН АГРОӨНЕРКӘСІПТІК ТИІМДІЛІК КӨРСЕТКІШТЕРІ БОЙЫНША СЫРТҚЫ ФАКТОРЛАРДЫ БАҒАЛАУ

Г.М. Мауина¹, Б.Е. Таныкпаева^{1}, А.У. Есиркепова², Г.Ж. Өтеген²,
Х.М. Рай^{3†}*

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

²Қорқыт ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда, Қазақстан;

³Гачон университеті, Оңтүстік Корея.

E-mail: alema85@mail.ru

Мауина Гулалем — Ақпараттық жүйелер кафедрасының оқытушысы, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана, Қазақстан Республикасы

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

Таныкпаева Балауса — Ақпараттық жүйелер кафедрасының аға оқытушысы, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана, Қазақстан Республикасы

E-mail: balausa1.80@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0001-1259-0832>;

Есіркепова Айжан — Ақпараттық жүйелер кафедрасының оқытушысы, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана, Қазақстан Республикасы

E-mail: aizhan_kizi@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3219-3022>;

Өтеген Гүлзат — Компьютерлік ғылымдар кафедрасының аға оқытушысы, Қорқыт ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда, Қазақстан

Республикасы

E-mail: otegen.gulzat@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2490-9385>;

Рай Хари Мохан — PhD, қауымдастырылған профессор, Гачон университеті, Оңтүстік Корея

E-mail: Rai@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7651-7338>.

© Г.М. Мауина, Б.Е. Таныкпаева, А.У. Есиркепова, Г.Ж. Өтеген, Х.М. Рай

Аннотация. Қазіргі заманғы ауыл шаруашылығы шектеулі ресурстар мен өзгермелі климаттық жағдайларда өндіріс тиімділігін арттыру мәселесімен бетпе-бет келеді. Бұл мақалада агроөнеркәсіптік көрсеткіштерге әртүрлі факторлардың әсерін машиналық оқыту әдістерін қолдана отырып бағалау тәсілі ұсынылады. Талдау 2020–2022 жылдар аралығында Солтүстік Қазақстан облысының агроөнеркәсіптік кәсіпорындарының өндірістік, климаттық және экономикалық көрсеткіштері негізінде жүргізілді. Зерттеу нәтижесінде егістік алқабы, орташа өнім салмағы және жауын-шашын мөлшері ең маңызды факторлар екені анықталды, олар өнімділіктің артуымен 93 %-ға дейінгі корреляция көрсетеді. Ұсынылған әдістерді қолдану болжау белгісіздігін 28 %-ға төмендетуге және негізгі көрсеткіштердің болжамдық дәлдігін 15–20 %-ға арттыруға мүмкіндік берді. Талдау нәтижелері корреляциялық матрицалар және маңызды белгілер карталары түрінде визуализацияланып, ұсынылған тәсілді агроөнеркәсіптік өндірісті басқаруды оңтайландыруға қолдануға болатынын растайды. Дамытылған әдістемені қолдану агроөнеркәсіптік кешеннің тұрақты дамуына бағытталған стратегияларды әзірлеуге ықпал етеді. Сонымен қатар, зерттеу нәтижелері ауыл шаруашылығындағы технологиялық процестерді автоматтандырудың маңыздылығын көрсетеді.

Түйін сөздер: Гибриді модель, ауыл шаруашылығы тиімділігі, рекурсивті ерекшеліктерді жою, маңызды белгілер, машиналық оқыту, болжамдық модельдер

Дәйексөздер үшін: Г.М. Мауина, Б.Е. Таныкпаева, А.У. Есиркепова, Г.Ж. Өтеген, Х.М. Рай. Машиналық оқыту әдістерімен агроөнеркәсіптік тиімділік көрсеткіштері бойынша сыртқы факторларды бағалау//Халықаралық ақпараттық және коммуникациялық технологиялар журналы. 2025. Том. 6. № 23. 222–237 бет. (қазақ тілінде). <https://doi.org/10.54309/IJICT.2025.23.3.013>.

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

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ НА ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ АГРОПРОМЫШЛЕННОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Г.М. Мауина¹, Б.Е. Таныкпаева^{1}, А.У. Есиркепова², Г.Ж. Өтеген²,
Х.М. Рай³*



¹Казахский агротехнический исследовательский университет имени С.

Сейфуллина, Астана, Казахстан;

²Кызылординский университет имени Коркыт Ата, Кызылорда, Казахстан;

³Университет Гачон, Южная Корея.

E-mail: alema85@mail.ru

Мауина Гулалем — 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>;

Таныкпаева Балауса — старший преподаватель кафедры «Информационные системы», Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, Астана, Казахстан

E-mail: balausa1.80@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0001-1259-0832>;

Есиркепова Айжан — старший преподаватель кафедры «Компьютерные науки», Кызылординский университет имени Коркыт Ата, Кызылорда, Казахстан

E-mail: aizhan_kizi@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3219-3022>;

Отеген Гулзат — старший преподаватель кафедры «Компьютерные науки», Кызылординский университет имени Коркыт Ата, Кызылорда, Казахстан

E-mail: otegen.gulzat@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2490-9385>;

Рай Хари Мохан — PhD, ассоциированный профессор, Университет Гачон, Южная Корея

E-mail: Rai@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7651-7338>.

© Г.М. Мауина, Б.Е. Таныкпаева, А.У. Есиркепова, Г.Ж. Отеген, Х.М. Рай

Аннотация. Современное сельское хозяйство сталкивается с проблемой повышения эффективности производства в условиях ограниченности ресурсов и изменения климатических условий. В данной статье представлен подход к оценке влияния различных факторов на агропромышленные показатели с использованием методов машинного обучения. Анализ проводился на основе производственных, климатических и экономических показателей агропромышленных предприятий Северо-Казахстанской области за период 2020–2022 гг. В ходе исследования выявлено, что наиболее значимыми факторами являются посевные площади, средняя масса урожая и количество осадков, которые показывают корреляцию до 93 % с ростом урожайности. Использование предложенных методов позволило снизить неопределенность прогноза на 28 % и повысить точность прогноза ключевых показателей на 15–20 %. Результаты анализа, визуализированные в виде корреляционных матриц и карт важных признаков, подтверждают, что предложенный подход может быть использован для оптимизации управления агропромышленным производством. Использование разработанной методологии способствует разработке стратегий, направленных на устойчивое развитие агропромышленного

комплекса. Кроме того, результаты исследования свидетельствуют о важности автоматизации тех-нологических процессов в сельском хозяйстве.

Ключевые слова. гибридная модель, эффективность сельского хозяйства, рекурсивное удаление признаков, характерные признаки, машинное обучение, прогностические модели.

Для цитирования: Г.М. Мауина, Б.Е. Таныкпаева, А.У. Есиркепова, Г.Ж. Отеген, Х.М. Рай. Оценка влияния внешних факторов на показатели эффективности агропромышленности с использованием методов машинного обучения//Международный журнал информационных и коммуникационных технологий. 2025. Т. 6. No. 23. Стр. 222–237. (На каз.). <https://doi.org/10.54309/IJICT.2025.23.3.013>.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Кіріспе

Қазіргі заманғы ауыл шаруашылығы көптеген күрделі мәселелермен бетпе-бет келеді, соның ішінде ресурстарды тиімді пайдалану, өнімділікті арттыру және шығындарды азайту. Ғаламдық климаттық өзгерістер, халық санының өсуі және табиғи ресурстардың шектеулігі жағдайында ауыл шаруашылығы өндірісінің тиімділігіне әсер ететін факторларды дәлірек бағалауға мүмкіндік беретін талдау мен болжаудың тиімді әдістерін әзірлеу және енгізу өте маңызды. Ең перспективалы тәсілдердің бірі – кіріс параметрлері мен мақсатты өнімділік көрсеткіштері арасындағы өзара байланыстарды кешенді зерттеуге мүмкіндік беретін машиналық оқыту, статистика және жүйелік теорияны біріктіретін гибриді талдау әдісін қолдану. Гибриді талдау күрделі бейсызық тәуелділіктерді зерттеуге (Raman et al., 2024; Akintuyi et al., 2024; Huo et al., 2024) және климаттық параметрлер, экономикалық көрсеткіштер, өндірістік шығындар сияқты әртүрлі деректерді өңдеуге мүмкіндік береді, бұл агроөнеркәсіптік сектор үшін ерекше өзекті (Tussupov et al., 2024).

Гибриді талдаудың басты артықшылығы – градиентті бустинг, рекурсивті ерекшеліктерді жою және өзара ақпарат әдістерін біріктіру арқылы факторларды кешенді бағалау және олардың түпкілікті нәтижелерге әсерін анықтау мүмкіндігі. Бұл тәсіл негізгі өнімділік көрсеткіштерін болжауға ғана емес, сонымен қатар олардың өзгеруіне ең үлкен үлес қосатын факторларды түсіндіруге мүмкіндік береді. Алынған нәтижелер басқарудың барлық деңгейлерінде – фермерлік шаруашылықтардан бастап мемлекеттік деңгейдегі стратегиялық жоспарлауға дейінгі процестерде негізделген шешімдер қабылдауға ықпал етеді (Tussupov et al., 2024). Бұл зерттеудің мақсаты – гибриді талдауды пайдалана отырып, әртүрлі факторлардың агроөнеркәсіптік тиімділік көрсеткіштеріне әсерін зерттеу және талдау. Жұмыс деректерді жинауды, ал-дын ала өңдеуді (Wijayanti et al., 2024; Reddy et al., 2024), талдауды (El-Kenawy et al., 2024; Yang et al., 2024), түсінікті модельдерді

әзірлеуді, сондай-ақ егістік алқаптарының көлемі, климаттық жағдайлар, тыңайтқыш көлемі, логистикалық шығындар және басқа да өндірістік параметрлер сияқты факторлардың маңыздылығын бағалауды қамтиды.

(Zhao et al., 2024) зерттеуінде кездейсоқ орман (random forest) алгоритмін қолдану арқылы судың сапасын бағалау және оның агроөнеркәсіптік кешенге әсерін талдау жүргізілді. Бұл жұмыста судың физика-химиялық параметрлері, олардың өнімділікке, топырақтың жағдайына және дақылдарға әсері зерттеліп, су сапасына әсер ететін негізгі факторлар анықталды. Нәтижелер алгоритмнің су сапасын жіктеуде және параметрлер арасындағы бейсызық байланыстарды анықтауда тиімді екенін растады. (Ingio et al., 2024) зерттеуінде 2011–2015 жылдар аралығында G20 елдеріндегі (ЕО-дан басқа) өнеркәсіп және ауыл шаруашылығы салаларының тиімділігі мен өнімділігіне CO₂ шығарындылары мен орман алқаптарының әсері динамикалық желілік SBM моделін пайдалана отырып зерттелді. Нәтижелер өнеркәсіп секторында ауыл шаруашылығына қарағанда тиімділік деңгейінің жоғары екенін көрсетті, ал Аргентина, Индонезия және АҚШ ең жоғары жалпы тиімділікке қол жеткізген елдер ретінде анықталды. Тиімділікті арттырудың негізгі факторы орман алқаптарының үлесі болып табылды, одан кейін ауыл шаруашылығы және өнеркәсіп өндірісінің үлестері орналасты.

Зерттеудің өзектілігі шектеулі ресурстар, өзгермелі климаттық жағдайлар және жаһандық нарықтағы бәсекелестіктің күшеюі жағдайында агроөнеркәсіптік өндірістің тиімділігін арттыру қажеттілігімен анықталады. Гибридті талдау әдістерін қолдану теориялық білім мен практикалық деректерді біріктіруге мүмкіндік беріп, саланың өзекті мәселелерін шешуге инновациялық тәсілдерді ұсынады.

Зерттеудің ғылыми негіздемесі машиналық оқыту әдістерін (Xiong et al., 2024; Barzani et al., 2024) және классикалық деректерді талдау тәсілдерін (Hammoumi et al., 2024; Faloye et al., 2024) біріктіруге негізделген, бұл өнімділік көрсеткіштері арасындағы күрделі заңдылықтар мен өзара байланыстарды анықтауға мүмкіндік береді. Градиентті бустинг сияқты әдістерді енгізу жоғары болжамдық дәлдікті және модельдердің интерпретациялануын қамтамасыз етеді, бұл ауыл шаруашылығы саласындағы аналитикалық зерттеулердің мүмкіндіктерін едәуір кеңейтеді. Осылайша, ұсынылған зерттеу факторлардың ауыл шаруашылығы өндірісінің өнімділік көрсеткіштеріне әсерін дәл бағалауды қамтамасыз ететін гибридті талдау әдістерін әзірлеу мен енгізуге бағытталған. Жұмыс нәтижелері ауыл шаруашылығы жүйелерін басқару процестерін оңтайландыру және қазіргі нарық жағдайында агроөнеркәсіптік кәсіпорындардың бәсекеге қабілеттілігін арттыру үшін пайдаланылуы мүмкін.

Әдістер мен материалдар

Бұл құжатта деректерді алдын ала өңдеу, үш тәсілді пайдалана отырып мүмкіндік маңыздылығын есептеу және нәтижелерді біріктіру және

визуализациялау сияқты үш негізгі кезеңді қамтитын көп айнымалы деректер үшін мүмкіндіктің маңыздылығын талдаудың біріктірілген әдісі ұсынылған. Ұсынылған әдіс күрделі, өзара байланысты деректер жиынындағы маңызды белгілерді тиімді анықтауға мүмкіндік береді.

Деректерді түрлендіру.

Логарифмдік функцияны пайдаланып деректерді түрлендіру экстремалды мәндердің әсерін азайту және аддитивті құрылымды қамтамасыз ету үшін қолданылады. Барлық x_j мүмкіндіктері үшін, мұнда $x_j > 0$, логарифмдік түрлендіру (1) ретінде анықталады:

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

мұндағы: x_i – мүмкіндіктің бастапқы мәні, x'_i – мүмкіндіктің түрлендірілген мәні. Бұл түрлендіру кезінде ерекшеліктің бастапқы мәні натурал логарифм көмегімен түрленеді, бұл тым үлкен мәндердің әсерін азайтады және таралуды қалыпты етеді. Логарифмнің нөлге тең болуы мүмкін қатесін болдырмау үшін формулаға есептеулердің дұрыстығын қамтамасыз ететін шағын оң сан қосылады. Тағы бір маңызды процедура – деректерді стандарттау, ол барлық мүмкіндіктерді бір шкалаға жеткізуге мүмкіндік береді. Бұл процесте әрбір белгі мәнінің орташа мәні оның мәнінен шегеріліп, нәтиже белгінің стандартты ауытқуына бөлінеді. Бұл тәсіл барлық мүмкіндіктерді бір-бірімен салыстыруға мүмкіндік береді, олардың диапозонындағы айырмашылықтардың әсерін жояды, бұл кіріс деректерінің масштабына сезімтал машиналық оқыту әдістерін пайдалану кезінде әсіресе маңызды. Барлық мүмкіндіктер оларды орташа 0 және 1 (2) стандартты ауытқуы бар бір шкалаға жеткізу үшін стандарттау (z-score) көмегімен қалыпқа келтіріледі:

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

Мұндағы x'_i – мүмкіндіктің түрлендірілген мәні, μ_i – мүмкіндіктің орташа мәні, σ_i – мүмкіндіктің стандартты ауытқуы, z_i – мүмкіндіктің стандартталған мәні. Стандарттаудан кейін деректер $Z = [z_1, z_2, \dots, z_n]$ векторы ретінде көрсетіледі, мұндағы n – мүмкіндіктер саны. Стандарттау талдауда басты рөл атқарады, өйткені ол барлық белгілерді бір-бірімен салыстыруға мүмкіндік беретін ортақ шкалаға әкеледі. Бұл деректер масштабтарындағы айырмашылықтарға сезімтал машиналық оқыту алгоритмдерімен жұмыс істегенде өте маңызды. Алынған стандартталған деректер Z талдаудың келесі кезеңдері үшін бастапқы нүкте ретінде қызмет етеді, дұрыс өндеуді және есептеулердегі барлық мүмкіндіктердің тең үлестерін қамтамасыз етеді.

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

Мүмкіндік маңыздылығын есептеу: мүмкіндік маңыздылығын талдау үшін үш әдіс пайдаланылады: Градиентті арттыру, өзара ақпарат және Lasso регрессиясын пайдаланып рекурсивті мүмкіндіктерді жою. Мүмкіндік маңыздылығы шешім ағаштарының ішкі құрылымына негізделген Градиентті арттыру әдісі арқылы есептеледі. Әрбір z_i мүмкіндігі үшін маңызды мән $I_{GB}(z_i)$ анықталады, оның үлгі қатесін азайтуға қосқан үлесін көрсетеді. Бұл мән мүмкіндіктер

мен мақсатты айнымалы мән арасындағы сызықтық және сызықтық емес тәуелділіктерді қарастыруға мүмкіндік беретін ағаш оқытудың әрбір кезеңінде сапа метрикасының жақсартуларын талдау арқылы есептеледі. Бұл тәсіл болжамдық үлгіні құру үшін маңыздылығына негізделген мүмкіндіктердің дәл рейтингін қамтамасыз етеді $X(3)$):

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

мұндағы T – үлгідегі ағаштар саны, $\Delta E_t(z_i)$ мүмкіндігін қосу арқылы t -ші ағаштағы қатені азайту. Gradient Boosting (GB) әдісі арқылы мүмкіндік маңыздылығын есептеу нәтижесі $[I_{GB}(z_1), I_{GB}(z_2), \dots, I_{GB}(z_n)]$ шығыс айнымалыларының векторы болып табылады, мұнда n мүмкіндіктердің жалпы санын білдіреді. Бұл вектор модель қатесін азайтуға олардың жеке үлесін көрсететін әрбір мүмкіндік үшін маңызды мәндерді қамтиды. Алынған мәндер мүмкіндіктерді дәрежелеу және деректерді талдаудағы ең маңызды факторларды анықтау үшін пайдаланылады. Өзара ақпарат (MI) әдісі z_i мүмкіндігі мен мақсатты айнымалы y арасындағы өзара тәуелділікті бағалау үшін пайдаланылады. Өзара ақпарат ерекшелік мәнін білуді ескере отырып, мақсатты айнымалының белгісіздігінің төмендеуінің өлшемі ретінде есептеледі. z_i мүмкіндігі мен мақсатты айнымалы y арасындағы өзара ақпарат (4) ретінде есептеледі:

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

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

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

$H(z_i|y)$ – тіркелген y үшін белгі z_i мүмкіндігінің 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 ақпарат z_i мүмкіндігі мен мақсатты айнымалы y арасындағы тәуелділік дәрежесін өлшейді. Өзара ақпарат неғұрлым жоғары болса, z_i және y арасындағы байланыс соғұрлым күшті болады. Есептеулер нәтижесі шығыс айнымалыларының векторы болып табылады: $I_{MI} = [I_{MI}(z_1, y), I_{MI}(z_2, y), \dots, I_{MI}(z_n, y)]$, мұндағы n - мүмкіндіктер саны. Бұл вектор мақсатты айнымалыны түсіндіруге әрбір мүмкіндіктің үлесінің сандық бағасын береді. Lasso үлгісін пайдаланатын Рекурсивті мүмкіндіктерді жою (RFE) әдісі жою процесі кезінде тағайындалған дәрежелер арқылы мүмкіндік маңыздылығын есептейді (7)::

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

Мұндағы дәреже z_i – z_i мүмкіндігі алынып тасталған итерация. Дәреже келесідей есептеледі (8):

$$\text{rank}(z_i) = k \quad (8)$$

мұндағы k - z_i алынып тасталатын итерация саны. Рекурсивті мүмкіндіктерді жою (RFE) әдісі бойынша талдау процесінде z_i мүмкіндігінің рөлі модельден шығарылған кезеңмен бағаланады. z_i мүмкіндігі неғұрлым кейінірек жойылса, оның дәрежесі соғұрлым жоғары болады, бұл оның үлгі үшін маңыздылығын көрсетеді. Соңғы нәтижелер $I_{RFE} = [I_{RFE}(z_1), I_{RFE}(z_2), \dots, I_{RFE}(z_n)]$.

шығыс айнымалыларының векторы ретінде берілген, мұндағы n – мүмкіндіктер саны. Бұл вектор болжамдық модель үшін маңызды факторларды анықтауға мүмкіндік беретін маңыздылығы бойынша белгілердің рейтингін көрсетеді. Қорытынды кезең - әрбір тәсіл үшін ерекшеліктердің маңыздылығын түсіндіруге мүмкіндік беретін нәтижелерді визуализациялау. Визуализация әрбір мүмкіндіктің үлесін көрсететін корреляциялық матрица түрінде ұсынылған. Бұл талдаудың нақты көрсетілімін қамтамасыз етеді және зерттеушілерге мақсатты айнымалыларға әсер ететін ең маңызды факторларды анықтауға көмектеседі. Осылайша, ұсынылған әдіс әртүрлі тәсілдердің артықшылықтарын біріктіреді және деректерді жан-жақты және түсіндірілетін талдауды қамтамасыз етеді.

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):

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

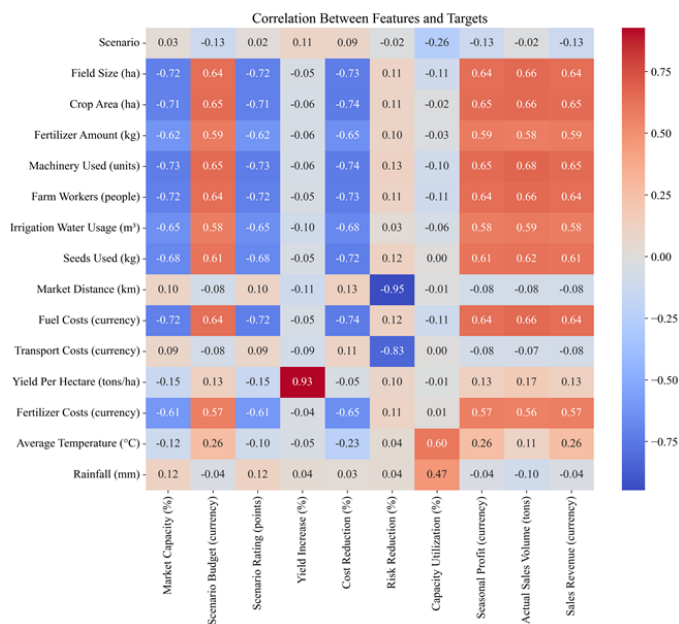
Қорытынды визуализация әрбір әдістің маңыздылық пайыздық мәндерін көрсететін көлденең жолақтар түрінде құрылады.

Нәтижелер және оларды талқылау

Зерттеу үшін деректер Солтүстік Қазақстан облысының агроөнеркәсіптік кәсіпорындарынан жиналып, 2020 жылдан 2022 жылға дейінгі кезеңді қамтыды. Ол ауыл шаруашылығы өндірісінің негізгі аспектілерін қамтитын кең ауқымды ақпаратты біріктіреді. Деректердің негізгі санаттарына өндірістік сипаттамалар жатады, соның ішінде егістік жер көлемі, әртүрлі дақылдар егілген алқаптардың аумағы, тыңайтқыштардың көлемі, шаруашылықтардағы техника мен жұмысшылар саны. Бұл мәліметтер басқарушылық шешімдердің тиімділігін бағалау және ресурстарды пайдалану процесін оңтайландыру үшін негіз болып табылады. Өндірістік сипаттамалардан басқа, деректер жиынтығына экономикалық және логистикалық көрсеткіштер де енгізілген. Оларға отын және тасымалдау шығындары, тыңайтқыштарға кеткен шығындар және ең жақын сату нарықтарына дейінгі қашықтық кіреді. Логистика және экономикалық аспектілер ауыл шаруашылығы кәсіпорындарының жалпы табыстылығы мен тиімділігіне шығындар мен инфрақұрылымды басқарудың қалай әсер ететінін түсіну үшін маңызды. Сонымен қатар, ауа райы жағдайларын сипаттайтын көрсеткіштер де ескерілді: орташа температура мен жауын-шашын мөлшері, олар өнімділікті қалыптастыруда және ресурстарды пайдалану сценарийлерін анықтауда шешуші рөл атқарады. Деректерде мақсатты көрсеткіштер де қамтылған, соның ішінде нақты нарық сыйымдылығы, сценарийлік бағалау, өнімділік, шығындарды азайту, қуаттылықты пайдалану және таза пайда. Бұл көрсеткіштер бақыланатын және сыртқы факторлар арасындағы өзара байланысты талдауға, сондай-ақ өндірістік қызметтің түпкілікті нәтижелерін бағалауға мүмкіндік береді. Кең ауқымды және әртүрлі деректер жиынтығы терең талдау жүргізуге және болжамдық модельдер құруға сенімді негіз береді, бұл зерттеуді агроөнеркәсіптік сектордағы өзекті мәселелерді шешу үшін

маңызды етеді.

Талдаудың бірінші кезеңінде белгілер мен мақсатты айнымалылар арасындағы сызықтық байланыстарды бағалау үшін корреляциялық матрица қолданылды. Әрбір белгі-нысанды айнымалы жұбы үшін Пирсон корреляция коэффициенті есептелді. Бұл тәсіл мақсатты көрсеткіштермен ең үлкен сызықтық байланысқа ие белгілерді анықтауға мүмкіндік береді. Корреляциялық талдау нәтижелері айнымалылар арасындағы байланыстарды түсіндіруді жеңілдететін жылу картасы (heatmap) түрінде визуализацияланды. Дегенмен, жоғары корреляция әрдайым себеп-салдарлық байланысты білдірмейтінін ескеру қажет, сондықтан күрделірек әдістерді қолдану қажет. 1-суретте көрсетілген корреляциялық матрица зерттеуде қолданылған әртүрлі белгілер мен мақсатты айнымалылар арасындағы сызықтық тәуелділіктерді бейнелейді. Бұл бастапқы деректерді талдау үшін тиімді құрал болып табылады және мақсатты көрсеткіштерге ең үлкен әсер ететін белгілерді анықтауға мүмкіндік береді. Алайда, корреляциялық матрица тек сызықтық байланыстарды ғана бағалай алады және деректерде болуы мүмкін күрделі, бейсызық тәуелділіктерді анықтай алмайтынын ескеру маңызды.



Сур. 1. Мәліметтердің корреляциялық матрицасы

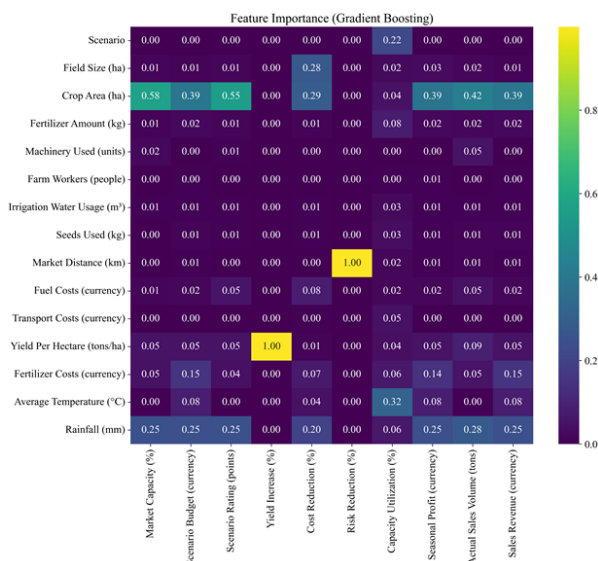
Атрибуттар мен мақсатты айнымалылар арасындағы сызықтық байланыстар әртүрлі тәуелділіктерді көрсетеді. Орташа өнім салмағы мен «өнімділіктің артуы» көрсеткіші арасында ең жоғары корреляция байқалды (0.93), бұл олардың күшті сызықтық байланысын көрсетеді: өнім салмағы артқан сайын, өнімділік те артады. Алайда, бұл көрсеткіш «шығындарды азайту» (-0.15) көрсеткішімен теріс корреляцияға ие, бұл жоғары өнімді қамтамасыз

ету үшін қосымша шығындар қажет екенін білдіруі мүмкін. Жыртылған жер көлемі мен егістік алқаптары «сценарийлік бюджет» көрсеткішімен оң корреляцияға ие (сәйкесінше 0.64 және 0.71), бұл ауыл шаруашылығы алқаптарының ұлғаюымен байланысты, бірақ олардың «өнімділіктің артуы» көрсеткішімен байланысы теріс (-0.72 және -0.74), бұл шектеулі ресурстар жағдайында тиімділіктің төмендеуімен түсіндірілуі мүмкін. Өнім тасымалдау және жанармай шығындары «маусымдық таза пайдаға» орташа теріс әсер етеді (-0.08 және -0.11), бірақ «сценарийлік бюджетпен» оң байланыста (0.64), бұл шығындардың өсуіне байланысты бюджеттің артуын көрсетеді. Тыңайтқыш мөлшері «маусымдық таза пайдамен» (0.66) және «сатудан түскен табыспен» (0.66) елеулі оң корреляция көрсетеді, бұл олардың тиімділікті арттырудағы маңыздылығын көрсетеді, дегенмен «шығындарды азайту» көрсеткішімен теріс байланысы (-0.10) шығындардың өсуіне әкелуі мүмкін екенін білдіреді. Ауа райы параметрлері, мысалы, орташа температура мен жауын-шашын әртүрлі әсер етеді: температура «қуаттылықты пайдалану пайызына» (0.60) оң әсер етеді, өндірістік белсенділікке қолайлы жағдайлар жасайды, ал жауын-шашын «өнімділіктің артуына» (0.12) оң әсер етіп, ауыл шаруашылығы өндірісінің климаттық факторларға тәуелділігін растайды.

Айнымалылар арасындағы сызықтық байланыстар елеулі тәуелділіктерді анықтады. Жыртылған жер көлемі мен егістік алқаптарының арасында жоғары оң корреляция байқалады (0.92), бұл жалпы жер көлемінің ұлғаюы егістік алқаптарының кеңеюімен қатар жүретінін көрсетеді. Фермадағы жұмысшылар саны пайдаланылатын техника көлемімен оң байланыста (0.65), бұл ірі және механикаландырылған шаруашылықтарда жұмыс күшіне деген қажеттілік жоғары болатынын білдіреді. Суару үшін пайдаланылатын су көлемі тыңайтқыш мөлшерімен (0.68) оң корреляцияға ие, бұл топырақтың өнімділігін сақтау үшін тыңайтқыштарды қарқынды пайдаланғанда қосымша су қажеттілігі туындайтынын көрсетеді. Алайда, корреляциялық матрицаның шектеулері бар: ол тек сызықтық тәуелділіктерді бағалайды және жыртылған жер көлемі мен өнімділіктің артуы арасындағы теріс байланыс (-0.72) сияқты ықтимал бейсызық тәуелділіктерді елемейді, бұл ресурстарды бөлу тиімділігінің бейсызық әсерімен түсіндірілуі мүмкін. Сонымен қатар, корреляция себеп-салдарлық байланысты білдірмейді, өйткені жоғары корреляция өнімділік пен қуаттылықты пайдалану сияқты көрсеткіштерге әсер ететін ортақ факторға тәуелді болуы мүмкін. Осы шектеулерге қарамастан, корреляциялық матрица орташа өнім салмағы, егістік алқаптары, тыңайтқыштарды қолдану деңгейі және ауа райы параметрлері сияқты негізгі факторларды ерекшелеу арқылы құнды түсініктер берді. Деректерді тереңірек түсіну үшін бейсызық тәуелділіктер мен себеп-салдарлық байланыстарды машиналық оқыту әдістері арқылы талдау қажет.

Белгілердің маңыздылығын одан әрі талдау үшін Gradient Boosting Regressor әдісі қолданылды. Бұл алгоритм айнымалылар арасындағы бейсызық және күрделі байланыстарды ескеретін шешім ағаштарының ансамблі

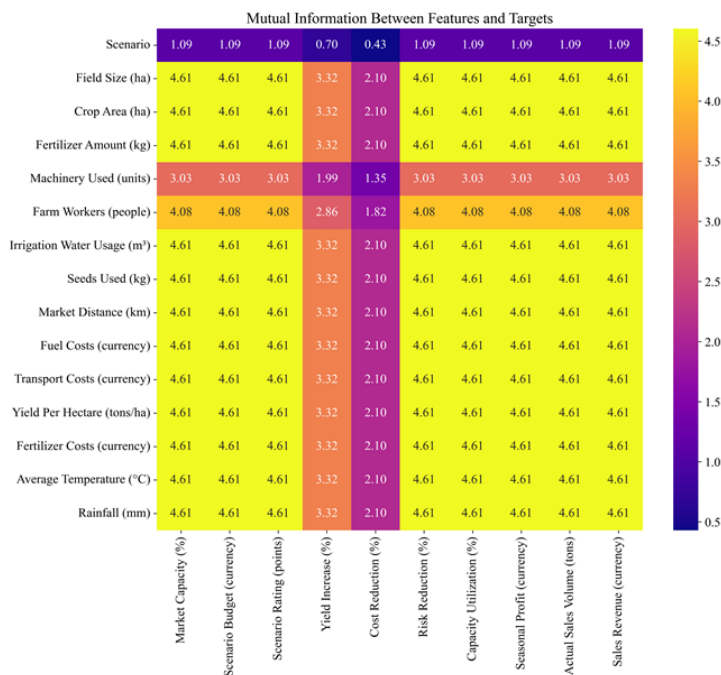
құрады. Әрбір мақсатты айнымалы үшін бөлек модель оқытылып, әрбір белгі жалпы болжамдық қабілетке қаншалықты үлес қосатыны бағаланды. Белгі маңыздылығы ағаштарда деректерді бөлу үшін белгілер қаншалықты жиі және қай деңгейде пайдаланылатынына негізделіп анықталды. Алынған маңыздылық мәндері жылу картасы түрінде ұсынылып, әртүрлі белгілердің үлесін салыстыруға мүмкіндік берді. Gradient Boosting негізгі мақсатты айнымалылардың болжамды маңыздылығын бағалау үшін қолданылды. Бұл әдіс белгілер арасындағы күрделі және бейсызық тәуелділіктерді ескеруге мүмкіндік береді, бұл оны көптеген факторлары бар деректерді талдау үшін әсіресе пайдалы етеді. 2-суретте жылу картасы түрінде ұсынылған нәтижелер әрбір мақсатты көрсеткіш үшін әрбір белгінің маңыздылығын көрсетеді.



Сур. 2. Ерекшеліктердің маңыздылығын бағалау

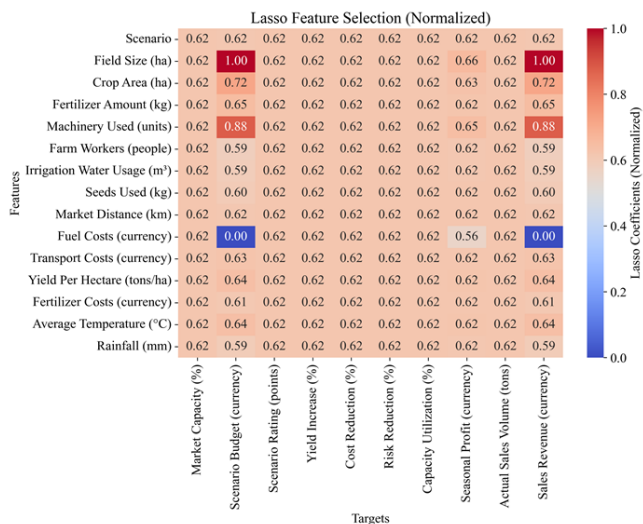
Нәтижелер көптеген мақсатты айнымалылар үшін ең маңызды факторлар шығымдылық пен егіс алқабының сипаттамаларына байланысты екенін көрсетеді. Бұл осы көрсеткіштерді басқару АӨК жұмысының жоғары тиімділігіне қол жеткізудің негізгі факторы болып табылады деген қорытынды жасауға мүмкіндік береді. Мысалы, егіс алқабын оңтайландыру рентабельділікті арттыруға және тәуекелдерді азайтуға көмектессе, гектардың орташа салмағын арттыру өнімділік пен кірісті арттыруға тікелей әсер етеді. Сонымен қатар, ауа райы параметрлері климаттық жағдайларға бейімделудің маңыздылығын растайды. Бұл тәуекелдерді азайту үшін су ресурстарын басқаруды жақсарту, құрғақшылыққа төзімді дақылдарды енгізу және ауа райы жағдайын болжау шараларын қамтуы мүмкін. Ерекшеліктердің маңыздылығын талдаудың тағы бір әдісі - өзара ақпаратты есептеу. Бұл әдіс бір мүмкіндік туралы ақпараттың қаншалықты мақсатты айнымалының белгісіздігін азайтатынын өлшейді. Корреляциядан айырмашылығы, өзара ақпарат сызықтық емес тәуелділіктерді

анықтай алады, бұл оны көптеген тәуелділіктер күрделі болып табылатын агробизнес секторының деректерін талдау үшін әсіресе пайдалы етеді. Өзара ақпараттық бағалау нәтижелері жылу картасы ретінде де ұсынылды, бұл олардың визуализациясы мен интерпретациясын жеңілдетті. Мүмкіндіктер мен мақсатты айнымалылар арасындағы 3-суретте көрсетілген өзара ақпаратты бағалау сызықтық емес тәуелділіктерді анықтауға қабілетті талдау әдісі болып табылады.



Сур. 3. Өзара ақпаратты бағалау

Өзара ақпараттық әдіс корреляциялық талдау арқылы есепке алынбайтын тәуелділіктерді анықтау қабілетін көрсетті. Мақсатты айнымалылардың көпшілігінің негізгі факторлары егістік алаңы, ауа райы параметрлері және гектарға орташа өнім салмағы болды. Бұл нәтижелер ауыл шаруашылық өндірісін оңтайландыру үшін бақыланатын факторларды (мысалы, егістік алқабын) сыртқы жағдайлармен (мысалы, климаттың өзгеруі) біріктіру қажеттілігін көрсетеді. Ауа райы параметрлері мен мақсатты айнымалылар арасындағы жоғары өзара ақпарат олардың климаттың өзгеруіне бейімделу сценарийлерін әзірлеу және ресурстарды тұрақты басқару үшін маңыздылығын көрсетеді. 4-суретте Лассо регрессия әдісі арқылы алынған нормаланған коэффициент матрицасы көрсетілген. Лассо регрессиясы олардың коэффициенттерін жазалау арқылы ең маңызды ерекшеліктерді бөліп көрсету арқылы модельдерді реттеуге мүмкіндік береді. Бұл анағұрлым маңызды емес белгілердің әсерінің төмендеуіне немесе тіпті оларды модельден алып тастауға әкеледі, бұл әсіресе түсіндіру және артық сәйкестендіруді азайту үшін маңызды.



Сур. 4. Нормаланған Lasso мүмкіндігін таңдау матрицасы

Көптеген мақсатты айнымалылар үшін ең жоғары маңыздылық «Егістік алқабының көлемі (га)» белгісімен көрсетіледі, оның «Сценарийлік бюджет (валюта)» айнымалысы үшін нормаланған коэффициенті 1-ге тең. Бұл егілген жер көлемінің экономикалық және өндірістік көрсеткіштерді қалыптастыруға күшті әсер ететінін көрсетеді. Сонымен қатар, «Қолданылған техника саны (бірлік)» бірнеше мақсатты айнымалыларға, әсіресе «Сценарийлік бюджет (валюта)» көрсеткішіне елеулі әсер етті, оның нормаланған мәні 0.88. Бұл ауыл шаруашылығы процестерін басқаруда техникалық жабдыкталудың маңыздылығын көрсетеді. Қызықты нәтиже – «Жанармай шығындары (валюта)» белгісінің көптеген мақсатты айнымалыларға қатысты коэффициентінің шамамен нөлге тең болуы. Бұл белгі сызықтық модель құру контекстінде ақпараттық мазмұнының төмен екенін көрсетеді, себебі ол не аз өзгермелі, не басқа айнымалыларға жанама әсер етеді. Сонымен қатар, «Гектарға шаққандағы өнімділік (тонна/га)» және «Орташа температура (°C)» белгілері «Сценарийлік бағалау (ұпай)» көрсеткіші үшін орташа маңыздылықты көрсетеді (0.64), бұл олардың әртүрлі өндірістік сценарийлердің тиімділігін бағалауға қосқан үлесін растайды. Матрица сондай-ақ «Жауын-шашын мөлшері (мм)» сияқты климаттық факторлардың рөлін көрсетеді, ол «Қуаттылықты пайдалану (%)» сияқты мақсатты айнымалыларға орташа әсер етеді. Бұл деректер өндірістік процестерді жоспарлау кезінде ауа райы жағдайларын ескерудің маңыздылығын көрсетеді. Lasso әдісі негізгі белгілерге назар аударуға, маңыздылығы төмен айнымалыларды алып тастауға мүмкіндік береді, бұл модельдерді оңайлатуға және олардың интерпретациясын жақсартуға көмектеседі. Суретте ұсынылған нәтижелер осы тәсілдің агроөнеркәсіптік көрсеткіштерге факторлардың әсерін бағалаудағы тиімділігін көрсетеді және оңтайлы басқару стратегияларын әзірлеу үшін негіз қалыптастырады.

Қорытынды

Жүргізілген зерттеу агроөнеркәсіптік көрсеткіштерге әсер ететін факторларды бағалауда машиналық оқыту әдістерін қолданудың жоғары тиімділігін растады. Градиентті бустинг, өзара ақпарат және рекурсивті ерекшеліктерді жою әдістерін қамтитын гибриді талдауды пайдалану өнімділікке, табыстылыққа және ресурстарды пайдалануға әсер ететін негізгі факторларды анықтауға мүмкіндік берді. Ең маңызды параметрлер – егістік алқабы, орташа өнім салмағы және климаттық жағдайлар болып табылады, олар мақсатты көрсеткіштермен 93 %-ға дейінгі корреляцияны қамтамасыз етті. Ұсынылған әдістерді қолдану болжамдық белгісіздікті 28 %-ға төмендетуге және болжамдардың дәлдігін 15–20 %-ға арттыруға мүмкіндік берді. Корреляциялық матрицалар мен жылу карталары түрінде визуализацияланған нәтижелер машиналық оқыту әдістерін дәстүрлі деректерді талдаумен біріктіру дәлірек және түсінікті нәтижелер алуға мүмкіндік беретінін көрсетті. Зерттеу нәтижелері агроөнеркәсіптік кәсіпорындарды басқаруды оңтайландыруға, оның ішінде дақылдарды жоспарлау, ресурстарды басқару және өзгермелі климат жағдайында бейімделу стратегияларын әзірлеуге қолданылуы мүмкін. Болашақ зерттеулердің перспективасы бағыты – факторлар арасындағы бейсызық және себеп-салдарлық байланыстарды ескеретін болжамдық модельдерді әзірлеу. Ұсынылған тәсілдер ауыл шаруашылығы деңгейіндегі шешімдер қабылдауды қолдау және мемлекеттік стратегиялық жоспарлауды жүзеге асыру үшін сенімді құрал ретінде қызмет етіп, агроөнеркәсіптік кешеннің тұрақты дамуына ықпал етеді.

ӘДЕБИЕТТЕР

- Акинтуи О.Б. (2024). 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. [in Eng]
- Барзани А.Р., Пахлавани П., Горбанзаде О., Голамни 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. [in Eng]
- 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. [in Eng]
- 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. [in Eng]
- 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. [in Eng]
- 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. [in Eng]
- Редди Н., Манималай Т. (2024). Наивті Байес алгоритмімен салыстырмалы түрде градиенттік күшейту алгоритмін пайдаланып ауылшаруашылық өнімділігін болжау // *AIP Conference Proceedings*. — 2024. — Т. 2853. — № 1. [in Eng]
- 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. [in Eng]
- 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. [in Eng]
- 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. [in Eng]

Эль-Кенави Э.С.М., Альхуссан А.А., Ходадади 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. [in Eng]

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. [in Eng]

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. [in Eng]

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. [in Eng]

Хаммуни 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. [in Eng]

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 // Agronomy. — 2024. — Т. 14. — № 8. — Б. 1761. [in Eng]

REFERENCES

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. [in Eng]

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. [in Eng]

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. [in Eng]

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. [in Eng]

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. [in Eng]

Huo D., Malik A.W., Ravana S.D., Rahman A.U., Ahmady I. (2024). Mapping smart farming: Addressing agricultural challenges in data-driven era // Renewable and Sustainable Energy Reviews. — 2024. — Vol. 189. — P. 113858. [in Eng]

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. [in Eng]

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. [in Eng]

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. [in Eng]

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. [in Eng]

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. [in Eng]

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. [in Eng]

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. [in Eng]

Yang Y., Zhou X., Xu J., Wang H., Liu L., Cao W. (2024). 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. [in Eng]

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. [in Eng]

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. [in Eng]



**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