

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



«ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ» РҚБ

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

РОО «НАЦИОНАЛЬНОЙ
АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН»

N E W S

OF THE NATIONAL ACADEMY
OF SCIENCES OF THE REPUBLIC
OF KAZAKHSTAN

SERIES OF PHYSICS AND MATHEMATICS

1 (353)

JANUARY – MARCH 2025

PUBLISHED SINCE JANUARY 1963

PUBLISHED 4 TIMES A YEAR

ALMATY, NAS RK

БАС РЕДАКТОР:

МҮТАНОВ Ғалымқайыр Мұтанұлы, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, ҚР ҒЖБМ ҒК «Ақпараттық және есептеу технологиялары институты» бас директорының м.а. (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6506682964>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1423665>

РЕДАКЦИЯ АЛҚАСЫ:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

БИЯШЕВ Рустам Гакашевич, техника ғылымдарының докторы, профессор, Информатика және басқару мәселелері институты директорының орынбасары, Ақпараттық қауіпсіздік зертханасының меңгерушісі (Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6603642864>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/3802016>

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

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

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

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

«ҚР ҰҒА Хабарлары. Физика-математика сериясы».

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

Меншіктеуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» РҚБ (Алматы).

Ақпарат агенттігінің мерзімді баспасөз басылымын, ақпарат агенттігін және желілік басылымды қайта есепке қою туралы ҚР Мәдениет және Ақпарат министрлігі «Ақпарат комитеті» Республикалық мемлекеттік мекемесі **28.02.2025** ж. берген №**KZ20VPY00113741** Куәлік.

Тақырыптық бағыты: *ақпараттық-коммуникациялық технологиялар*

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

Мерзімділігі: *жылына 4 рет.*

Редакцияның мекен-жайы: *050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28, 219 бөл., тел.: 272-13-19*

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

© «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» РҚБ, 2025

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

МУТАНОВ Галимканр Мутанович, доктор технических наук, профессор, академик НАН РК, и.о. генерального директора «Института информационных и вычислительных технологий» КН МНВО РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6506682964>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1423665>

Редакционная коллегия:

КАЛИМОЛДАЕВ Максат Нурадилович, (заместитель главного редактора), доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, советник генерального директора «Института информационных и вычислительных технологий» КН МНВО РК, заведующий лабораторией (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56153126500>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2428551>

МАМЫРБАЕВ Оркен Жумажанович, (ученый секретарь), доктор философии (PhD) по специальности «Информационные системы», заместитель директора по науке РГП «Институт информационных и вычислительных технологий» Комитета науки МНВО РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55967630400>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1774027>

БАЙГУНЧЕКОВ Жумадил Жанабаевич, доктор технических наук, профессор, академик НАН РК, Институт кибернетики и информационных технологий, кафедра прикладной механики и инженерной графики, Университет Саппаева (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6506823633>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1923423>

ВОЙЧИК Вальдемар, доктор технических наук (физ.-мат.), профессор Люблинского технологического университета (Люблин, Польша), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7005121594>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/678586>

СМОЛАРЖ Анджей, доцент факультета электроники Люблинского политехнического университета (Люблин, Польша), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56249263000>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1268523>

КЕЙЛАН Алимхан, доктор технических наук, профессор (Doctor of science (Japan)), главный научный сотрудник РГП «Института информационных и вычислительных технологий» КН МНВО РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8701101900>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1436451>

ХАЙРОВА Нина, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник РГП «Института информационных и вычислительных технологий» КН МНВО РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=37461441200>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1768515>

ОТМАН Мохамед, доктор философии, профессор компьютерных наук, Департамент коммуникационных технологий и сетей, Университет Путра Малайзия (Селангор, Малайзия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56036884700>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/747649>

НЫСАНБАЕВА Сауле Еркебулановна, доктор технических наук, доцент, старший научный сотрудник РГП «Института информационных и вычислительных технологий» КН МНВО РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55453992600>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/3802041>

БИЯШЕВ Рустам Гакашевич, доктор технических наук, профессор, заместитель директора Института проблем информатики и управления, заведующий лабораторией информационной безопасности (Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6603642864>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/3802016>

КАПАЛОВА Нурсулу Алдажаровна, кандидат технических наук, заведующий лабораторией кибербезопасности РГП «Института информационных и вычислительных технологий» КН МНВО РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57191242124>,

КОВАЛЕВ Александр Михайлович, доктор физико-математических наук, академик НАН Украины, Институт прикладной математики и механики (Донецк, Украина), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7202799321>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/38481396>

МИХАЛЕВИЧ Александр Александрович, доктор технических наук, профессор, академик НАН Беларуси (Минск, Беларусь), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004159952>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/46249977>

ТИГИНЯНУ Ион Михайлович, доктор физико-математических наук, академик, президент Академии наук Молдовы, Технический университет Молдовы (Кишинев, Молдова), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006315935>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/524462>

«Известия НАН РК. Серия физико-математическая».

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

Собственник: *Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы).*

Свидетельство о постановке на переучет периодического печатного издания, информационного агентства и сетевого издания № **KZ20VPU00113741**. Дата выдачи **28.02.2025**

Тематическая направленность: *информационно-коммуникационные технологии.*

В настоящая время: *вошел в список журналов, рекомендованных КОКШВО МНВО РК по направлению «информационно-коммуникационные технологии».*

Периодичность: *4 раза в год.*

Адрес редакции: *050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, оф. 219, тел.: 272-13-19*
<http://www.physico-mathematical.kz/index.php/en/>

© РОО «Национальная академия наук Республики Казахстан», 2025

CHIEF EDITOR:

MUTANOV Galimkair Mutanovich, doctor of technical sciences, professor, academician of NAS RK, acting General Director of the Institute of Information and Computing Technologies CS MES RK (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6506682964>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1423665>

EDITORIAL BOARD:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

BIYASHEV Rustam Gakashevich, doctor of technical sciences, professor, Deputy Director of the Institute for Informatics and Management Problems, Head of the Information Security Laboratory (Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6603642864>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/3802016>

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

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

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

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

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

Series of Physics and Mathematics

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

Owner: RPA «National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan» (Almaty).

Certificate No. **KZ20VPY00113741** on the re-registration of the periodical printed and online publication of the information agency, issued on **28.02.2025** by the Republican State Institution «Information Committee» of the Ministry of Culture and Information of the Republic of Kazakhstan

Subject area: *information and communication technologies.*

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

Periodicity: *4 times a year.*

Editorial address: *28, Shevchenko str., of 219, Almaty, 050010, tel. 272-13-19*

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

NEWS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES
ISSN 1991-346X
Volume 1. Number 353 (2025). 151–167

<https://doi.org/10.32014/2025.2518-1726.331>

UDC 50.47.29

**M.N. Kalimoldayev¹, Z.D. Ormansha², K.B. Begaliyeva^{2,*}, A.S. Ainagulova²,
A.O. Aukenova², 2025.**

¹Institute of Informatics and Computing Technology, SC MSHE RK,
Almaty, Kazakhstan;

²S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana, Kazakhstan.

*E-mail: begaliyevakalamkas@gmail.ru

A BLOCKCHAIN MODEL FOR AGRICULTURAL PRODUCT TRACKING THAT SUPPORTS FEDERAL TRAINING

Kalimoldayev M.N. – Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Academician of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan, E-mail: mnk@ipic.kz, <https://orcid.org/0000-0003-0025-8880>;

Ormansha Z.D. – Doctoral student of the specialty „8D06103 - Modeling and optimization of business processes“, S.Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana, Kazakhstan, E-mail: zangar.ormansha@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0000-6223-7650>;

Begaliyeva K.B. – PhD, S.Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana, Kazakhstan, E-mail: kalamkas_b@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4216-9184>;

Ainagulova A.S. – Candidate of Technical Sciences, Acting Assoc.Professor, S.Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana, Kazakhstan, E-mail: aliya080982@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9354-2180>;

Aukenova A.O. – Senior Lecturer at the Department of Computer Science, S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana, Kazakhstan, E-mail: ai-k-a@mail.ru, 0000-0003-3442-32-15.

Abstract. The article presents an integrated blockchain model for monitoring agricultural products, enhanced by federated learning technology. The study aims to improve transparency, security in agricultural supply chains through decentralized data processing and artificial intelligence insights. A review of global literature on the topic identifies the limitations of existing systems, and a comparative analysis is presented using a Venn diagram. The methodology involves designing blockchain architecture, developing a privacy-focused federated learning model, and integrating and testing the systems.

The results indicate that the proposed model effectively enhances data integrity, security, and confidentiality. The use of IoT sensors and decentralized processing enables real-time monitoring of agricultural products. Furthermore, federated learning facilitates decentralized data processing while preserving the confidentiality of agricultural information and reducing reliance on centralized systems. This

approach minimizes cybersecurity risks and enhances overall system reliability. The article explores future research directions, including the development of eco-friendly consensus algorithms and the integration of blockchain with artificial intelligence to enhance sustainability in agriculture.

This research contributes to the field by demonstrating how blockchain and federated learning can complement each other in creating an intelligent and secure agricultural tracking system. The implementation of the proposed model can significantly improve food safety, regulatory compliance, and consumer trust by ensuring transparency and accountability. The findings provide valuable insights for researchers and industry professionals interested in optimizing digital transformation and agricultural traceability in the agri-food sector.

Keywords: blockchain, agricultural product tracking, federated learning, decentralization, data privacy.

**М.Н. Калимолдаев¹, З.Д. Орманша², К.Б. Бегалиева^{2*},
А.С. Айнагулова², А.О. Аукунова², 2025.**

¹Информатика және есептеу технологиялық институты, ҒК ЖБЖҒМ,
Алматы, Қазақстан;

²С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті,
Астана, Қазақстан.

*E-mail: kalamkas_b@mail.ru

ФЕДЕРАТИВТІ ОҚЫТУДЫ ҚОЛДАЙТЫН АУЫЛШАРУАШЫЛЫҚ ӨНІМДЕРІН БАҚЫЛАУҒА АРНАЛҒАН БЛОКЧЕЙН МОДЕЛІ

Калимолдаев М.Н. – физика-математика ғылымдарының докторы, ҚР ҰҒА академигі, Алматы, Қазақстан, E-mail: mnk@ipic.kz, <https://orcid.org/0000-0003-0025-8880>;

Орманша З.Д. – «8D06103-Бизнес үдерістерін модельдеу және оңтайландыру» мамандығының 2-курс докторанты, С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана, Қазақстан, E-mail: zangar.ormansha@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0000-6223-7650>;

Бегалиева К.Б. – философия докторы (Phd), Компьютерлік ғылымдар кафедрасының аға оқытушысы, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана, Қазақстан, E-mail: kalamkas_b@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4216-9184>;

Айнагулова А.С. – техника ғылымдарының кандидаты, Компьютерлік ғылымдар кафедрасының асоц.профессор м.а., С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана, Қазақстан, E-mail: aliya080982@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9354-2180>;

Аукунова А.О. – магистр, компьютерлік ғылымдар кафедрасының аға оқытушысы, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана, Қазақстан, E-mail: ai-k-a@mail.ru, 0000-0003-3442-32-15.

Аннотация. Мақалада федеративті оқыту технологиясымен жетілдірілген ауыл шаруашылық өнімдерін бақылауға арналған интеграцияланған блокчейн моделі ұсынылады. Зерттеу орталықтандырылмаған деректерді өңдеуді және жасанды интеллектке негізделген түсініктерді пайдалану арқылы ауылшаруашылық жеткізу тізбегіндегі ашықтықты, қауіпсіздікті және тиімділікті арттыруға бағытталған. Зерттеу тақырыбы бойынша әлемдік

әдебиеттерді шолып, қазіргі жүйелердің шектеулерін анықталды, Венн диаграммасы арқылы салыстырмалы талдау ұсынылды. Ұсынылған әдістемеді бірнеше кезеңдер қарастырылған: блокчейн архитектурасын жобалау, деректердің құпиялылығын сақтау үшін федеративті оқыту моделін құру және аталған жүйелерді интеграциялау мен тестілеу сияқты бірнеше кезеңдік тәсіл баяндалады.

Нәтижелер ұсынылған модельдің деректердің тұтастығын, қауіпсіздігін және құпиялылығын арттыруға тиімді екенін көрсетеді. IoT сенсорлары мен орталықсыздандырылған өңдеуді пайдалану арқылы модель нақты уақыт режимінде мониторинг жүргізуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, федеративтік оқыту орталықтандырылған жүйелерге тәуелділікті азайта отырып, ауылшаруашылық құпия деректерінің құпиялылығын сақтай отырып, орталықтандырылмаған деректерді өңдеуге мүмкіндік береді. Бұл орталықтандырылмаған тәсіл киберқауіпсіздік тәуекелдерін азайтады және жүйенің жалпы сенімділігін арттырады. Мақала экологиялық таза консенсус алгоритмдерін әзірлеу және блокчейн мен жасанды интеллект интеграциясын ауыл шаруашылығында тұрақтылықты арттырудың болашақ зерттеу бағыттары ретінде қарастырады.

Бұл зерттеу ауыл шаруашылығын қадағалаудың зияткерлік және қауіпсіз жүйесін құру үшін блокчейн мен федеративті оқытудың бір-бірін қалай толықтыра алатындығын көрсету арқылы салаға үлес қосады. Сонымен қатар, ұсынылған модельді енгізу негізінде бақылану мен есеп беруді қамтамасыз ету арқылы азық-түлік қауіпсіздігін, нормативтік талаптарға сәйкестікті және тұтынушылар арасындағы сенімділікті айтарлықтай жақсарты алады. Қорытындылар азық-түлік өнеркәсібіндегі ауылшаруашылық қадағалауды және цифрлық трансформацияны оңтайландыруды көздейтін зерттеушілерге және сала мамандары үшін құнды түсінік береді.

Түйін сөздер: блокчейн, ауылшаруашылық өнімдерін бақылау, федеративті оқыту, орталықсыздандыру, деректердің құпиялылығы.

**М.Н. Калимолдаев¹, З.Д. Орманша², К.Б. Бегалиева^{2*}, А.С. Айнагулова²,
А.О. Аукенова², 2025.**

¹Институт информатики и вычислительной технологии, КН МНВО РК,
Алматы, Казахстан;

²Казахский агротехнический исследовательский университет
им. С. Сейфуллина, Астана, Казахстан.

*E-mail: kalamkas_b@mail.ru

БЛОКЧЕЙН-МОДЕЛЬ ДЛЯ ОТСЛЕЖИВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ С ПОДДЕРЖКОЙ ФЕДЕРАТИВНОГО ОБУЧЕНИЯ

М.Н. Калимолдаев – доктор физико-математических наук, академик НАН РК, Алматы, Казахстан, E-mail: mnk@ipic.kz, <https://orcid.org/0000-0003-0025-8880>;

З.Д. Орманша – докторант специальности «8D06103 – Моделирование и оптимизация бизнес-процессов», Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, Астана, Казахстан, E-mail: zangar.ormansha@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0000-6223-7650>;

К.Б. Бегалиева – PhD, Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, Астана, Казахстан, E-mail: kalamkas_b@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4216-9184>;

А.С. Айнагулова – кандидат технических наук, и.о. асоц.профессора, Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, Астана, Казахстан, E-mail: aliya080982@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9354-2180>;

А.О. Аукунова – магистр, старший преподаватель кафедры компьютерных наук, Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, Астана, Казахстан, E-mail: ai-k-a@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3442-32-15>.

Аннотация. Статья представляет интегрированную блокчейн-модель для мониторинга сельскохозяйственной продукции, усовершенствованную с помощью технологии федеративного обучения. Исследование направлено на повышение прозрачности, безопасности и эффективности в цепочках поставок сельского хозяйства за счет использования децентрализованной обработки данных и аналитики на основе искусственного интеллекта. В ходе исследования проведен обзор мировой литературы по данной теме, выявлены ограничения существующих систем и предложен сравнительный анализ с использованием диаграммы Венна. Предлагаемая методология включает несколько этапов: разработку архитектуры блокчейна, создание модели федеративного обучения для обеспечения конфиденциальности данных, а также интеграцию и тестирование данных систем.

Результаты показывают, что предложенная модель эффективно повышает целостность, безопасность и конфиденциальность данных. Использование IoT-сенсоров и децентрализованной обработки позволяет осуществлять мониторинг сельскохозяйственной продукции в режиме реального времени. Кроме того, федеративное обучение обеспечивает децентрализованную обработку данных, сохраняя конфиденциальность сельскохозяйственной информации и уменьшая зависимость от централизованных систем. Такой подход снижает киберриски и повышает общую надежность системы. В статье рассматриваются перспективные направления будущих исследований, включая разработку экологически чистых алгоритмов консенсуса и интеграцию блокчейна с искусственным интеллектом для повышения устойчивости сельского хозяйства.

Данное исследование вносит вклад в отрасль, демонстрируя, как блокчейн и федеративное обучение могут дополнять друг друга при создании интеллектуальной и безопасной системы отслеживания сельскохозяйственной продукции. Внедрение предложенной модели может значительно улучшить безопасность пищевых продуктов, соответствие нормативным требованиям и уровень доверия потребителей за счет обеспечения прозрачности и подотчетности. Выводы исследования представляют ценную информацию для

исследователей и специалистов отрасли, заинтересованных в оптимизации цифровой трансформации и отслеживания сельскохозяйственной продукции в агропромышленном секторе.

Ключевые слова: блокчейн, отслеживание сельскохозяйственной продукции, федеративное обучение, децентрализация, конфиденциальность данных.

Кіріспе. Жасанды интеллект және блокчейн технологиялары ауыл шаруашылығы саласындағы жеткізу тізбегінің ашықтығы мен тиімділігін арттыруда маңызды рөл атқарады. Олар өнім сапасын бақылауды жақсартып, ресурстарды тиімді пайдалануға және тұтынушылардың сенімін арттыруға жаңа мүмкіндіктер ұсынады. Алайда, Акильжанованың зерттеуінде дәстүрлі жеткізу тізбектерінде инфрақұрылымның жетіспеушілігі, деректерді басқару мен қауіпсіздікті қамтамасыз ету мәселелері әлі де өзекті екені анықталды (Акильжанова, et al., 2023).

Қазақстан Президенті Қ.К. Тоқаев ауыл шаруашылығын дамыту және оны тұрақты ету үшін озық технологияларды енгізудің маңыздылығын атап өтуде. Осыған сәйкес, Қазақстан Республикасының агроөнеркәсіптік кешенін дамытудың 2021–2030 жылдарға арналған тұжырымдамасында саланы цифрландыру мен автоматтандырудың маңызына ерекше назар аударылған. Аталған тұжырымдама аясында «өсімдік шаруашылығында қадағалаудың ақпараттық жүйесі енгізіледі, бұл жүйе тұқым шаруашылығы мен дақылдарды өсіру, сақтау және есепке алуды цифрландыруға мүмкіндік береді. Сонымен қатар өнімнің ел ішінде және импорттық жеткізу тізбегіндегі қауіпсіздігін қамтамасыз ете отырып, «сұр» схемалардың алдын алуды көздейді» делінген.

Блокчейн және федеративті оқыту деректердің өзгермейтіндігін қамтамасыз ету және орталықсыздандырылған өңдеу арқылы ақпараттың құпиялылығын сақтай отырып, өнімнің сапасын бақылау мен реттеуде тиімді шешімдер ретінде қолданылуда. Мақаланың мақсаты – деректер құпиялылығын, қадағалауды және қауіпсіздікті қамтамасыз ететін ауыл шаруашылық өнімдерін бақылауға арналған блокчейн UML диаграммасы ұсынылады. Зерттеу аясында блокчейннің өзгермейтін деректер тіркеу қабілетін және федеративті оқытудың деректердің құпиялылығын сақтаудағы тиімділігін біріктіру арқылы жүйе қауіпсіздігін қамтамасыз етудің жаңа әдістері ұсынылады.

Материалдар мен әдістер. Ауыл шаруашылығының жеткізу тізбегінде деректердің ашықтығы мен қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін блокчейн және федеративті оқыту технологиялары қолданылады. Ең алдымен екі технологияға қатысты анықтамаларды айқындайық.

Федотованың зерттеуінде блокчейн – «деректердің біртұтас және өзгермейтін архивін қамтамасыз ететін технология» деп сипатталған, ол жүйедегі әрбір қатысушыға бірегей жазбаларға қол жеткізуді және тексеруді қамтамасыз етеді делінсе, Тапскоттың еңбегінде блокчейнді «ақпаратты қауіпсіз және тұрақты түрде сақтауға мүмкіндік беретін, өзгермейтін, орталықсыздандырылған тізбектік жүйе» деп сипаттайды (Федотова, et al.,

2018; Tapscott, et al., 2016). Блокчейнді тек қана қаржылық транзакциялар үшін емес, сонымен қатар әртүрлі саладағы сенімді ақпарат алмасу және қадағалау үшін қолдануға болатынын дәлелдеген. Иманбаева және соавтарларының зерттеуінде блокчейн - ақпаратты орталықсыздандырылған және қауіпсіз түрде сақтауға арналған таратылған тізбектік мәліметтер базасы. Блокчейнде барлық деректер блоктарға топтастырылып, бұрынғы блоктармен байланысып, өзгермейтін тізбек құрады. Әрбір блоктың деректері шифрланған және тізбектегі алдыңғы блокпен байланысқандықтан, ақпарат өзгермейтін және сенімді болып қалады. Бұл технология деректердің қауіпсіздігі мен айқындылығын қамтамасыз етеді, сондықтан оны банкинг, логистика, жеткізу тізбегі және ауыл шаруашылығы сияқты салаларда қолдануға болатынын көрсеткен (Иманбаева, et al., 2008).

«Федеративті оқыту – деректерді орталықсыздандырылған түрде өңдеуге арналған машиналық оқыту әдісі. Федеративті оқыту кезінде деректерді орталық серверге жібермей-ақ, әрбір қатысушы немесе құрылғы өз деректерінде модельді жергілікті деңгейде оқытады. Осылайша, жеке мәліметтер серверге тасымалданбайды, тек алынған модельдің параметрлері ғана орталық серверге жіберіледі» - деп Новикова және соавтарларының зерттеуінде толық сипаттаған (Новикова, et al., 2023). Ал Бектемысованың еңбегінде федеративті оқыту «орталықтандырылмаған деректерді өңдеуге мүмкіндік беретін жүйе» ретінде анықтама берген, мұнда деректер әрбір құрылғыда сақталып, жеке пайдаланушылардың құпиялылығы сақталады. Жүйе тек модельді оқыту нәтижелерін біріктіріп, ортақ үлгіні жаңарту үшін пайдаланатынын дәлелдеген (Бектемысова, et al., 2024).

Жоғарыдағы әр зерттеушінің анықтамаларында блокчейн және федеративті оқыту технологиялары бойынша анықтамалар беріліп, зерттеу мәселелері мен шешімдері ұсынылған. Дегенмен әр технологияның өзіндік ерекшеліктері мен ортақ сипаттамалары бар. Төмендегі сызбада әлемдік зерттеулерді зерттей отырып, екі технологияға Венн диаграммасы арқылы талдау жасалды (Сурет - 1).



Сурет 1 - Блокчейн және федеративті оқыту технологияларын салыстыру диаграммасы

Венн диаграммасында көрсетілген әрбір сипаттама әлемдік зерттеу жұмыстарымен негізделді. Яғни, блокчейн және федеративті оқыту технологиялары ауыл шаруашылығы өнімдерінің жеткізу тізбегіндегі ашықтықты, деректер қауіпсіздігін және құпиялылықты сақтауға бірлесіп ықпал ете алады. Блокчейн орталықсыздандырылған, өзгермейтін деректер тізбегі арқылы әрбір қатысушының деректерді тексеріп, қауіпсіз сақтауға мүмкіндік береді. Бұл технология әсіресе Мухамедованың зерттеуінде көрсетілгендей сенімі шектеулі ортада маңызды, себебі әр қатысушы үшін деректерді тексеру және өзгеріссіз сақтау қамтамасыз етіледі (Мухамедова, et al., 2022). Сонымен қатар, Гальвес еңбегінде блокчейн транзакцияларды қауіпсіз тіркеп, деректердің шынайылығын қамтамасыз ететін белгілі (Galvez, et al., 2018). Алайда, Сахипов блокчейннің үлкен есептеу ресурстарын талап етуі мен энергия шығындары – оның шектеулері болып табылатынын көрсеткен (Сахипов, et al., 2024).

Запечников және соавторлардың еңбегінде федеративті оқыту деректерді жергілікті деңгейде өңдеп, жеке ақпараттың құпиялылығын сақтай отырып, үлгіні оқытуға мүмкіндік беретінін айқындады. (Запечников, et al., 2020). Ал Ян және соавторлары ауыл шаруашылығы саласында федеративті оқыту фермерлердің деректерін жергілікті деңгейде өңдеуді қамтамасыз етіп, модель құруға ықпал ететінін көрсеткен (Yang, et al., 2019).

Блокчейн мен федеративті оқытуды біріктіру, аталған екі технологияның тиімді жақтарын қолдану арқылы ауыл шаруашылығы жеткізу тізбегіндегі бақылауды жақсартады. Блокчейн транзакциялардың қауіпсіздігін қамтамасыз етсе, федеративті оқыту деректердің құпиялылығын сақтай отырып, тиімді талдауды жүзеге асырады. Дегенмен, келесі зерттеушілер тобы екі технологияны бірлесіп қолдануда жоғары есептеу шығындары мен қажетті ресурстарды талап ететін кедергілер барын анықтаған (Qi, et al., 2020; Yin, et al., 2021). Сонымен блокчейн және федеративті оқыту технологияларының ауыл шаруашылығындағы тиімділігін арттыру мақсатында оларды біріктіріп қолдану зерттеудің негізгі бағыты болып табылады. Сондықтан зерттеуде өнімді қадағалаудың инновациялық тәсілін ұсыну үшін бірнеше кезеңдік әдістер қолдану ұсынылады:

Бірінші кезең, модельді әзірлеудің жалпы құрылымы. Зерттеуде ауыл шаруашылығы өнімдерінің әрбір жеткізу кезеңін (фермерлерден тұтынушыларға дейін) тиімді түрде бақылау үшін блокчейн және федералды оқыту технологияларын біріктіру қажетігі қарастырылады. Әдіс жеке деректердің сақталуын қамтамасыз етуге және өнімнің әр кезеңіндегі ақпаратты нақты бақылауға мүмкіндік береді. Екінші кезең, блокчейн архитектурасын әзірлеу. Блокчейн деңгейі өнімдерге қатысты деректерді қорғау және оларды өзгермейтін, орталықсыздандырылған жүйеде тіркеу үшін пайдаланылады. Жүйеде әрбір өнімнің сипаттамасы, тасымалдау уақыты және қоймада сақталу кезеңі туралы мәліметтер транзакция ретінде тіркеледі және барлық ақпараттар блоктар тізбегінде сақталады. Степановтың

еңбегінде деректерді тіркеу кезінде деректердің сенімділігі мен шынайылығы қамтамасыз етіледі, себебі жүйедегі әрбір жаңа транзакция бұрынғы блоктарға тәуелдігін көрсеткен (Степанов, et al., 2023).

Үшінші кезең, федеративті оқыту тәсілін құру. Новикова әрбір фермер немесе жеткізуші жеке деректерін серверге жібермей-ақ, үлгіні жергілікті оқытатынын айқындаған (Новикова, et al., 2023). Кейіннен жергілікті жаңартулар орталық моделге интеграцияланады. Бұл әдіс деректердің құпиялылығын сақтауға және үлгіні орталықтандырылған деректерсіз оқытуға мүмкіндік береді. Кайруз еңбегінде федеративті оқыту әдісі мәліметтерді өңдеудің орталықсыздандырылған жолдарын зерттеу үшін маңызды, өйткені ол деректердің сақталуын қамтамасыз етіп, оқыту нәтижесін жақсартатынын дәлелдеген (Kairouz, et al., 2019).

Төртінші кезең, жүйелерді интеграциялау және тестілеу. Жүйені біріктіру кезеңі блокчейн және федеративті оқыту модульдерін біріктіру арқылы жүзеге асады. Бұл кезеңде блокчейнде тіркелген әрбір өнім туралы ақпарат федеративті оқыту арқылы оқытылады және ақпарат өнімнің бастапқы орнынан тұтынушыға дейінгі қозғалысын қадағалауға мүмкіндік береді (Qi, et al., 2020). Интеграциялау кезінде әрбір кезеңдегі өнімнің жағдайын бағалау үшін федеративті оқыту арқылы алынған нәтижелер қолданылады. Тестілеу кезеңінде блокчейн және федеративті оқыту жүйелерінің сенімділігі, деректердің құпиялылығы және өңдеу уақыты бағаланады. Жүйенің өнімділігі тізбектер арасындағы ақпараттың дәйектілігі, өнім қозғалысын қадағалау қабілеті және деректердің дер кезінде жаңартылу мүмкіндігі арқылы өлшенеді (Кашеварова, et al., 2024).

Бесінші кезең, деректерді жинау және талдау. Almeida зерттеуінде ауыл шаруашылығы өнімдерін қадағалаудың тиімділігін бағалау үшін екі түрлі деректер жинау әдісі қолданылатынын көрсеткен. Біріншісі, нақты деректерді жинау - фермерлер, тасымалдаушылар және бөлшек сауда өкілдері арқылы алынған өнім туралы деректер. Екіншісі, федеративті оқыту арқылы алынған нәтижелерді талдау, фермерлердің өнімді сақтау, тасымалдау және қайта өңдеу тәсілдерін жақсарту үшін қажетті ақпарат алынған (Almeida, et al., 2018).

Алтыншы кезең, қолданылатын әдістердің шектеулері. Блокчейн мен федеративті оқыту мүмкіндіктерін кеңінен пайдаланғанымен, кейбір шектеулер бар. Мысалы, блокчейннің энергия шығындарының көптігі, ал федеративті оқыту әдісінде үлгі дәлдігін қамтамасыз ету үшін жоғары сапалы деректер қажеттілігі бар. Сондай-ақ, Янның федеративті оқыту технологиясының орталықсыздандырылған құрылымында пайдаланушылар арасында деректер сәйкестігін қамтамасыз ету қиын болуы мүмкіндігін айтқан (Yang, et al., 2019). Сондықтан жүйені дамыту кезінде қосымша тестілеулер және түзетулер қажет болады.

Нәтижелер және талқылау. Өзірленген үлгіде блокчейн тізбегін жасау үшін Hyperledger Fabric немесе Corda сияқты рұқсат етілген (permissioned) блокчейн желісіне негізделген бөлінген архитектурасы бар желі қолайлы.

Себебі, блокчейн платформалары жеке және қауіпсіз тізбектерді қолдайды, қатынасты жоғары деңгейде басқаруды қамтамасыз етіп, фермерлер мен басқа қатысушылардың құпия деректерін қорғауға мүмкіндік береді. Сондай-ақ, деректерді бөлінген өңдеуді қамтамасыз ету үшін федеративті оқыту алгоритмдерімен интеграция жасау мүмкіндігі бар.

Блокчейнге жазылатын деректер:

- Қоршаған орта жағдайлары туралы деректер (температура, ылғалдылық, жарықтандыру) – деректер типі: сандық (float немесе integer).
- Өнімнің орналасқан жері туралы деректер (GPS координаттары, уақыт және күн) – жолдық және уақыт деректер типі.
- Өнімнің күйі (жетілу деңгейі, салмақ, сапа) – сандық және жолдық деректер типі.
- Өнім қозғалысы туралы транзакциялар (күн мен уақыт, жіберуші және қабылдаушы) – уақытжәне жолдық деректер типі.

Тізбектегі әрбір блок жеткізу тізбегі бойынша әрі қарай бақылау үшін негіз ретінде қызмет ететін бірегей өнім идентификаторымен байланысты өнім жазбасын қамтуы мүмкін. Әр жазба негізгі өрістері бар JSON-объект ретінде ұсынылады:

```
{
  «product_id»: «string»,
  «location»: {
    «latitude»: «float»,
    «longitude»: «float»
  },
  «environment_conditions»: {
    «temperature»: «float»,
    «humidity»: «float»,
    «light»: «float»
  },
  «status»: «string»,
  «timestamp»: «ISO 8601 формат»
}
```

Әрбір транзакцияға қол қойылады және деректерді шифрлау үшін AES (Advanced Encryption Standard) шифрлауымен және асимметриялық кілт шифрлау үшін RSA арқылы қорғалады. Деректердің өзгермейтіндігін қамтамасыз ету үшін SHA-256 негізіндегі хэштеу әрбір жазбаны өзгертуге немесе өзгертуге болмайтындығына көз жеткізу үшін пайдаланылады. Әрбір жаңа блоктың хәші бұрмалауға төзімді тізбекті құра отырып, алдыңғы блокқа байланады. Федеративті оқыту орталықтандырылған дерекқорда сақталмаған, бірақ жергілікті түрде талданатын және жалпы үлгі үшін блокчейнде синхрондалған IoT сенсорларынан жергілікті өңделген деректерді біріктіруге көмектеседі. Бұл барлық қатысушылардың деректерінің қауіпсіздігі мен құпиялылығын сақтайды.

Агроөнеркәсіп саласында блокчейн шешімін енгізу үшін Hyperledger Fabric сияқты платформаларда кең қолдауды қамтамасыз ететін Python, Go және JavaScript (Node.js) программалау тілдері қолданылады. IoT сенсорларынан келетін деректерді өңдеу үшін Python тілін пайдалануға болады. IoT сенсорлары мен федеративті оқытуды пайдалана отырып, ауылшаруашылық өнімдерінің қозғалысын бақылайтын блокчейн тізбегі әр блокты өнімнің және сақтаудың күйі туралы деректері бар өнімді жеткізудің жеке кезеңі (мысалы, ферма, көлік, қойма) ретінде көрсететін құрылымға ие болады. Әрбір блокта алдыңғы блоктың хәші, уақыт белгісі және өнім деректері жинақталады.

Python программалау тілін пайдаланатын блок тізбегі құрылымының мысалы:

```
class Block:
    def __init__(self, index, previous_hash, timestamp, data, sensor_data_hash):
        self.index = index # Блоктың бірегей идентификаторы
        self.previous_hash = previous_hash # Алдыңғы блоктың хәші
        self.timestamp = timestamp # Уақыт белгісі
        self.data = data # Блок деректері (мысалы, жеткізу кезеңі)
        self.sensor_data_hash = sensor_data_hash # IoT-деректер хәші
        self.hash = self.calculate_hash() # Ағымдағы блоктың хәші

    def calculate_hash(self):
        block_string = f»{self.index} {self.previous_hash} {self.timestamp} {self.
data} {self.sensor_data_hash}»
        return hashlib.sha256(block_string.encode()).hexdigest()

class Blockchain:
    def __init__(self):
        self.chain = [self.create_genesis_block()] # Бастапқы блокты құру

    def create_genesis_block(self):
        # Бастапқы блок (тізбектің алғашқы блогы)
        return Block(0, «0», time.time(), «Genesis Block», «0»)

    def get_latest_block(self):
        return self.chain[-1]

    def add_block(self, new_block):
        new_block.previous_hash = self.get_latest_block().hash
        new_block.hash = new_block.calculate_hash()
        self.chain.append(new_block)

# Блокчейн тізбегін құру және блоктарды қосу
blockchain = Blockchain()
```

```

# Жеткізу тізбегінің кезеңдеріне қатысты блоктар деректерінің мысалы
sensor_data_farm = «температура: 20С, ылғалдылық: 50%, орналасуы:
ферма»
sensor_data_transport = «температура: 18С, ылғалдылық: 52%, орналасуы:
жолда»
sensor_data_warehouse = «температура: 16С, ылғалдылық: 55%, орналасуы:
қойма»
# IoT-датчиктерден алынған деректерді хэштеу
farm_data_hash = hashlib.sha256(sensor_data_farm.encode()).hexdigest()
transport_data_hash = hashlib.sha256(sensor_data_transport.encode()).
hexdigest()
warehouse_data_hash = hashlib.sha256(sensor_data_warehouse.encode()).
hexdigest()

```

```

# Жеткізу тізбегінің әртүрлі кезеңдері үшін блоктарды тізбекке қосу
blockchain.add_block(Block(1, blockchain.get_latest_block().hash, time.
time(), «Farm», farm_data_hash))
blockchain.add_block(Block(2, blockchain.get_latest_block().hash, time.
time(), «Transport», transport_data_hash))
blockchain.add_block(Block(3, blockchain.get_latest_block().hash, time.
time(), «Warehouse», warehouse_data_hash))

```

Блоктық тізбектің сипаттамасы:

Генезис блогы (*genesis_block*) өнім туралы ақпаратты қамтымайтын тізбектің бастапқы элементі болып табылады. Оның 0 индексі бар және алдыңғы блоктың хэші «0» деп орнатылған. Хэш берілген блокта қамтылған бірегей деректер негізінде жасалады.

Жеткізу тізбегінің әртүрлі кезеңдерінде келесі блоктар қалыптасады:

- Ферма кезеңіне сәйкес келетін *бірінші блок* хэш ретінде ұсынылған температура, ылғалдылық және орналасу сияқты IoT сенсорлары арқылы жиналған деректерді қамтиды.

- Тасымалдаумен байланысты *екінші блокта* өнімді тасымалдау шарттары туралы ақпаратты қамтиды.

- Қоймаға қатысты *үшінші блокқа* қоймадағы тауарлардың жай-күйі туралы деректер қамтылады.

Ерекшеліктер мен түсініктемелер:

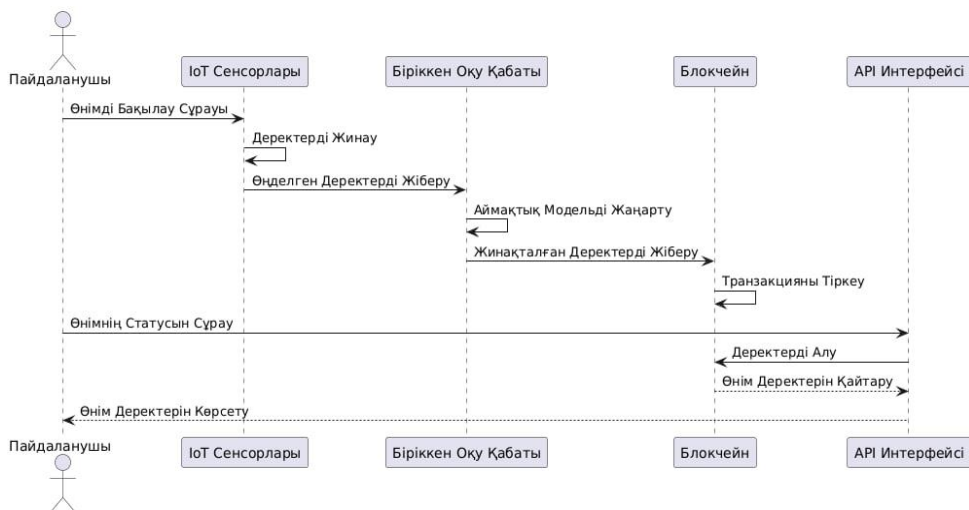
- Әрбір блок *sensor_data_hash* деп белгіленген IoT сенсорларынан жиналған деректер хэшін қамтиды. Бұл шара деректердің тұтастығын қамтамасыз етеді және бұрмалау мүмкіндігін болдырмайды.

- Блоктар арасындағы байланыс әрбір жаңа блокта алдыңғысының хэші болуымен қамтамасыз етіледі, осылайша толық тізбекті құрайды. Блоктардың біріндегі деректерді өзгерту тізбектің тұтастығын бұзуға әкеледі, өйткені хэштер енді сәйкес келмейді.

- Хэшингті пайдалану тізбектегі барлық келесі блоктарды өзгертпей

өзгертуге болмайтын криптографиялық қауіпсіз жазбаларды жасауға мүмкіндік береді.

Қолданылатын технологиялардың ішінде негізгілері Hyperledger Fabric немесе Ethereum болып табылады, қажет болған жағдайда Parity немесе басқа жеке нұсқалар сияқты шешімдерді пайдалана отырып, таратылған блок тізбегін құруға мүмкіндік береді. Docker технологиясы контейнерлеуді қамтамасыз етеді, ал Flask немесе Django құрылымдары API серверін жасау үшін пайдаланылады. InterPlanetary File System (IPFS) блокчейн ресурстарын оңтайландыруға және оның жұмысын жақсартуға көмектесетін тікелей блокчейнде сақтауға арналмаған үлкен көлемдегі деректерді сақтау үшін пайдаланылады, қатысушыларға құпиялылықты сақтай отырып, әр кезеңде өнімдерді бақылауға және тексеруге мүмкіндік береді.



Сурет 2 - Жүйедегі өзара әрекеттесудің UML диаграммасы

Ұсынылып отырған жүйенің мақсаты – ауыл шаруашылығы өнімдерін жеткізу тізбегінің барлық кезеңдерінде қауіпсіз және ашық қадағалауды қамтамасыз етіп, қатысушылардың деректерінің құпиялылығын сақтау. Жүйе бірнеше негізгі компоненттерден тұрады: пайдаланушы, IoT-датчиктер, федеративті оқыту деңгейі, блокчейн және соңғы пайдаланушылармен өзара әрекеттесу үшін API интерфейсі. Деректерді жинаудан бастап олардың сақталуы мен өңделуіне дейінгі жеткізу тізбегінің әр кезеңінде тиімділік пен сенімділікті арттыру үшін озық технологиялар қолданылады. Процестің қатысушыларын қарастыратын болсақ:

- Пайдаланушы - өнімнің шығу тегі, орналасқан жері және сақтау шарттары туралы деректерді алуға мүдделі жүйенің соңғы пайдаланушысы. Пайдаланушы бөлшек сауда өкілі, сатып алушы немесе жеткізу тізбегінің кез келген басқа қатысушысы бола алады.

• IoT-сенсорлары - өнімді тасымалдау кезінде қоршаған орта жағдайларын және өнімнің жағдайын тіркейтін құрылғылар. Бұл сенсорлар температура, ылғалдылық, геолокация және өнімнің сапасына әсер ететін басқа параметрлер туралы ақпаратты жинайды.

• Федеративті оқыту деңгейі — IoT-датчиктерінен алынған деректерді біріктіретін және аймақтық үлгілер жасау үшін федеративті оқыту әдістерін қолданатын компонент. Деректер орталық қоймаға жіберілмей, жергілікті түрде өңделетіндіктен деректердің құпиялылығы сақталады.

• Блокчейн - өнімнің қозғалысы мен жағдайына байланысты барлық транзакциялар жазылатын таратылған реестр. Әр жазба өзгермейтін және криптография арқылы қорғалған, бұл жеткізу тізбегінің барлық қатысушылары үшін деректердің ашықтығы мен сенімділігін қамтамасыз етеді.

• API интерфейсі — соңғы пайдаланушыларға өнім туралы ақпаратқа қол жеткізуді қамтамасыз ететін компонент. API интерфейсі арқылы өнімнің ағымдағы күйі, орналасқан жері және қозғалыс тарихы туралы сұраулар жасауға болады.

Жүйедегі өзара әрекеттестік өнімнің ағымдағы күйі мен жеткізу тізбегіндегі алдыңғы кезеңдер туралы ақпаратты алу үшін пайдаланушы өнімді қадағалау сұрауын жібергеннен басталады. Сұрау жүйенің API интерфейсі арқылы келіп түседі және нақты уақытта деректерді жинайтын IoT-сенсорларына беріледі. Жеткізу тізбегінің әр кезеңінде IoT-сенсорлары қоршаған орта шарттарын (мысалы, өнімнің температурасы, ылғалдылығы және орналасқан жерін) тіркейді. Бұл деректер үнемі жаңартылып, жергілікті құрылғыларда өңделеді. Кейін өңделген деректер бірнеше датчиктерден жиналған деректерді пайдалана отырып, аймақтық модельдер жасау және жаңарту мүмкіндігін беретін федеративті оқыту деңгейіне бағытталады, бұл ретте фермерлер мен жеткізу тізбегінің басқа қатысушыларының деректерінің құпиялылығы сақталады. Осылайша, жүйе орталық қоймаға деректерді жібермей, жергілікті түрде өңделгендіктен жоғары құпиялылықты қамтамасыз етеді. Осы деректер негізінде аймақтық модельдер жаңартылып, өнімнің сапасы туралы деректердің дәлдігін арттыруға мүмкіндік береді.

Аймақтық модель жаңартылғаннан кейін агрегатталған деректер блокчейнге жіберіледі, яғни әрбір транзакция өзгермейтін жазба ретінде тіркеледі. Блокчейн өнімнің қозғалысының әр кезеңі туралы ақпаратты сақтайды, бұл оны жеткізу тізбегінің барлық қатысушыларының тексеруіне қолжетімді етеді. Әрбір транзакция криптографиялық хэш көмегімен жазылады, бұл деректердің өзгермейтіндігін қамтамасыз етеді. Өнімнің жағдайы мен орналасқан жері, сондай-ақ тасымалдау кезеңдерінің әр кезеңінде сақтау шарттарының сақталуы туралы ақпарат бұрмаланудан қорғалған және барлық мүдделі тараптар үшін қолжетімді болады.

Пайдаланушы қажет болған жағдайда өнімнің ағымдағы күйі туралы деректерді алу сұрауын жібере алады. Бұл сұрау блокчейнде сақталған ақпаратқа қол жеткізуді қамтамасыз ететін API интерфейсі арқылы өңделеді.

API интерфейсі блокчейнге жүгініп, өнімнің орналасқан жері, күйі және қозғалыс тарихы туралы деректерді алып, оларды пайдаланушыға қайта береді. Осы кезеңде пайдаланушы өнімнің тарихы мен ағымдағы жағдайы туралы толық ақпарат алады, бұл оған өнімнің сапасы мен қауіпсіздігі стандарттарының сақталуына көз жеткізуге мүмкіндік береді.

Ұсынылған блокчейн мен федеративті оқыту негізіндегі жүйе деректердің мөлдірлігі мен сенімділігін жоғары деңгейде қамтамасыз етіп, жеткізу тізбегінің қатысушыларының құпиялылығын сақтайды. Транзакциялар мен сақтау шарттары туралы деректерді сақтау үшін блокчейнді пайдалану және өнім туралы деректерді жинау үшін IoT-сенсорларын қолдану өнімнің қозғалысын қадағалауға ғана емес, сонымен қатар өнім туралы ақпаратқа деген сенімділікті арттыруға мүмкіндік береді. Жүйе ауыл шаруашылығының экологиялық тұрақтылығын арттыруға инновациялық әдістер ұсынады, себебі ол сапаны бақылауды жақсартуға және деректердің бұрмалануына жол бермейді, бұл азық-түлік нарығының жаһандануы жағдайында ерекше маңызды.

Жүйені дамыту бағытында бірнеше маңызды зерттеу бағыттары бар. Біріншіден, блокчейн технологиясын жасанды интеллект элементтерімен интеграциялау арқылы өнім сапасын автоматты түрде бақылауды жетілдіруге болады. Бұл тәсіл өнімнің сапасын бақылауды жылдамдатуға және ақауларды анықтауға ықпал етеді. Екіншіден, федеративті оқыту алгоритмдерін жетілдіру арқылы жергілікті өңдеу тиімділігін арттыру мүмкіндігі бар. Сонымен қатар, ауыл шаруашылығындағы экологиялық тұрақтылықты арттыру маңызды бағыт болып табылады. Блокчейн мен федеративті оқыту жүйелерін экологиялық тиімді ету үшін жаңа консенсус алгоритмдерін әзірлеу болашақ зерттеулердің бағыты бола алады. Бұл әдіс экологиялық ресурстарды үнемдеуге және өнімдерді қадағалауда экологиялық таза тізбекті қамтамасыз етуге көмектеседі.

Қорытынды. Мақалада ауыл шаруашылығы өнімдерінің жеткізу тізбегін қадағалау үшін блокчейн және федеративті оқыту технологияларын біріктіретін жаңа инновациялық тәсіл ұсынылды. Әдебиеттерге талдау негізінде бұл технологиялардың ауыл шаруашылығында өнім сапасын бақылауды, деректер қауіпсіздігін және жүйенің ашықтығын жақсартуда маңызды екені көрсетілді.

Жасалған жүйедегі өзара әрекеттесудің UML диаграммасы арқылы деректердің өзгермейтіндігін, ал федеративті оқыту арқылы деректердің құпиялылығын қамтамасыз етеді. Бұл тәсіл жеткізу тізбегіндегі әрбір өнім қозғалысын нақты уақытта бақылауға және қажетті ақпаратты қауіпсіз сақтауға мүмкіндік береді. Нәтижесінде фермерлер мен жеткізу тізбегінің қатысушылары үшін жеке мәліметтер сақталып, тұтынушылар өнімнің сапасы мен қауіпсіздігі туралы нақты мәлімет ала алады. Болашақ зерттеулерде жүйенің ауқымдылығын кеңейту және экологиялық тиімділігін арттыру мақсатында қосымша мүмкіндіктер қарастырылады. Ауыл

шаруашылығындағы деректердің ашықтығын, өнім сапасын бақылауды және тұтынушылар сенімін нығайтуға жаңа жолдар ұсынады және азық-түлік қауіпсіздігін қамтамасыз ету мен ауыл шаруашылығының тұрақты дамуына ықпал етеді.

Әдебиеттер

Об утверждении Концепции развития агропромышленного комплекса Республики Казахстан на 2021 – 2030 годы. (2021). Постановление Правительства Республики Казахстан от 30 декабря 2021 года №960. URL:<https://adilet.zan.kz/kaz/docs/P2100000960> (in Russian).

Акильжанова Л., Рахметова А., Саркулова Н., & Райханова Г.А. (2023). Государственное управление информационными процессами в регионе (Казахстан и зарубежный опыт). «Вестник НАН РК», 402(2), 278–288. <https://doi.org/10.32014/2023.2518-1467.472>. (in Russian).

Федотова В.В., Емельянов Б.Г., Типнер Л.М. (2018). Блокчейн – главная тема науки. Европейская наука. — No 1 (33). — 2018. — Pp. 40–41. (in Russian).

Tapscott D., Tapscott A. (2016). Blockchain revolution: How the technology behind bitcoin is changing money, business, and the world. Penguin. (in Eng).

Иманбаева З., Токтарова М., Кушенова М., Айтманбетова Р., & Абуселидзе Г. (2024). Ауылшаруашылық секторында блокчейн технологиясын қолданудың теориялық аспектілері. «Вестник НАН РК», 407(1), 498–512. <https://doi.org/10.32014/2024.2518-1467.688>. (In Kazakh)

Новикова Е. С., Федорченко Е. В., Котенко И. В., & Холод И. И. (2023). Аналитический обзор подходов к обнаружению вторжений, основанных на федеративном обучении: преимущества использования и открытые задачи. Информатика и автоматизация, 22(5), 1034-1082. (in Russian).

Бектемысова Г., & Бакирова Г. (2024). Анализ алгоритмов федеративного обучения. Вестник КазАТК, 131(2), 297-304. (in Russian).

Мухамедова З.Г., Осадчук В.Д., & Тулаев А.У. (2022). Перспективы использования технологии блокчейн в организации перевозочного процесса и цепочке поставок. Известия Транссиба, (2 (50)), 142-156. (in Russian).

Galvez J.F., Mejuto J.C., Simal-Gandara J. (2018). Future challenges on the use of blockchain for food traceability analysis. Trends in Analytical Chemistry, 107, - P. 222-232. (in Eng).

Сахипов А., Мектепбаева А., Рыстыгулова В., Абильдина А., & Омаржанова Г. (2024). Machine learning strategies and algorithms for enhancing real-time data processing in dynamic and big data systems. Вестник КазАТК, 134(5), 278-291 (in Eng).

Запечников С.В. (2020). Модели и алгоритмы конфиденциального машинного обучения. Безопасность информационных технологий, 27(1), 51-67 (in Russian).

Yang Q., Liu Y., Chen T., Tong Y. (2019). Federated machine learning: Concept and applications. ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology (TIST), 10(2), -P. 1-19. <https://doi.org/10.1145/3298981> (in Eng).

Qi J., Wu C., Wang T., Guo Y. (2020). Blockchain-based federated learning for privacy-preserving system in agriculture. IEEE Transactions on Computational Social Systems, 7(5), -P. 992-1001. <https://doi.org/10.1109/TCSS.2020.3025133>(in Eng).

Yin X., Su C., Liu H., Qi J. (2021). A blockchain-enabled federated learning system for secure data sharing in smart agriculture. Sustainability, 13(4), -P. 1899. <https://doi.org/10.3390/su13041899> (in Eng).

Степанов И.Е. (2023). Применение технологии блокчейн для обеспечения надежности и безопасности данных в интернете вещей. Вестник науки, 4(5 (62)), 762-769. (in Russian).

Kairouz P., McMahan B., Avent B., Bellet A., Bennis M., Bhagoji A. N., Zhao S. (2019). Advances and open problems in federated learning. URL: <https://arxiv.org/abs/1912.04977> (in Eng).

Кашеварова Н.А., & Куликова М.Е. (2024). Интеграция блокчейна и искусственного интеллекта как механизма модернизации различных отраслей экономики. Вестник университета, (5), 54-67. (in Russian).

Almeida O.X.B., Rodriguez M.C., Samaniego T., Gomez E.C.F., Cabezas-Cabezas R., Bazan V. (2018). Blockchain in Agriculture: A Systematic Literature Review. In Proceedings of the Technologies and Innovation, Guayaquil, Ecuador, November 6–9, -01.003. (in Eng).

References

Ob utverzhenii Konsepsii razvitiya agropromyshlennogo kompleksa Respubliki Kazahstan na 2021 – 2030 gody [On approval of the Concept of development of the agro–industrial complex of the Republic of Kazakhstan for 2021-2030] (2021). Postanovlenie Pravitelstva Respubliki Kazahstan ot 30 dekabra 2021 goda №960. URL:<https://adilet.zan.kz/kaz/docs/P2100000960>. (in Russian).

Akiljanova L., Rahmetova A., Sarkulov, N., & G.A. Raihanova. (2023). Gosudarstvennoe upravlenie informatsionnymi prosesami v regione (Kazahstan i zarubejnyi opyt) [State management of information processes in the region (Kazakhstan and foreign experience)]. «Vestnik NAN RK», 402(2), 278–288. <https://doi.org/10.32014/2023.2518-1467.472>. (in Russian).

Fedotova V.V., Emelyanov B.G., Tipner L.M. (2018). Blockchain - glavnaya tema nauki [Blockchain is the main topic of science]. Evropeiskaya nauka. — No. 1 (33). —2018. — Pp. 40–41. (in Russian).

Tapscott D., Tapscott A. (2016). Blockchain revolution: How the technology behind bitcoin is changing money, business, and the world. Penguin. (in Eng).

Imanbaeva Z., Toktarova M., Kushenova M., Aitmanbetova R., & Abuselidze G. (2024). Auylyaruashylyq sektorynda blokchein tehnologiasyn qoldanudyñ teoralyq aspektileri [Theoretical aspects of the application of blockchain technology in the agricultural sector]. «Vestnik NAN RK», 407(1), 498–512. <https://doi.org/10.32014/2024.2518-1467.688> (In Kazakh)

Novikova E.S., Fedorchenko E.V., Kotenko I.V., & Holod I.I. (2023). Analiticheski obzor podhodov k obnaruzheniu vtorzheni, osnovannyh na federativnom obuchenii: preimushstva ispolzovania i otkrytye zadachi [An analytical review of intrusion detection approaches based on federated learning: advantages of use and open tasks]. Informatika i avtomatizatsia, 22(5), 1034-1082. (in Russian).

Bektemysova G., & Bakirova G. (2024). Analiz algoritmov federativnogo obucheniya [Analysis of federated learning algorithms]. Vestnik KazATK, 131(2), 297-304. (in Russian).

Muhamedova Z.G., Osadchuk V.D., & Tulaev A.U. (2022). Perspektivy ispolzovania tehnologii blokchein v organizatsii perevozochnogo prosesa i sepochnke postavok [Prospects of using blockchain technology in the organization of the transportation process and supply chain]. Izvestia Transiba, (2 (50)), 142-156. (in Russian).

Galvez J.F., Mejuto J.C., Simal-Gandara J. (2018). Future challenges on the use of blockchain for food traceability analysis. Trends in Analytical Chemistry, 107, - P. 222-232. (in Eng).

Sahipov A., Mektepbaeva A., Rystygulova V., Abildina A., & Omarjanova G. (2024). Machine learning strategies and algorithms for enhancing real-time data processing in dynamic and big data systems. Vestnik KazATK, 134(5), 278-291. (in Eng).

Zaprechnikov S.V. (2020). Modeli i algoritmy konfidentsialnogo mashinnogo obucheniya. Bezopasnost informatsionnykh tehnologi [Confidential machine learning models and algorithms. Information technology security], 27(1), 51-67. (in Russian).

Yang Q., Liu Y., Chen T., Tong Y. (2019). Federated machine learning: Concept and applications. ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology (TIST), 10(2), -P. 1-19. <https://doi.org/10.1145/3298981> (in Eng).

Qi J., Wu C., Wang T., Guo Y. (2020). Blockchain-based federated learning for privacy-preserving system in agriculture. IEEE Transactions on Computational Social Systems, 7(5), -P. 992-1001. <https://doi.org/10.1109/TCSS.2020.3025133> (in Eng).

Yin X., Su C., Liu H., Qi J. (2021). A blockchain-enabled federated learning system for secure data sharing in smart agriculture. Sustainability, 13(4), -P. 1899. <https://doi.org/10.3390/su13041899> (in Eng).

Stepanov I. E. (2023). Primenenie tehnologii blokchein dlä obespecheniya nadejnosti i bezopasnosti dannyh v internete vešei [The use of blockchain technology to ensure the reliability and security of data in the Internet of Things. Bulletin of Science]. Vestnik nauki, 4(5 (62)), 762-769. (in Russian).

Kairouz P., McMahan B., Avent B., Bellet A., Bennis M., Bhagoji A.N., Zhao S. (2019). Advances and open problems in federated learning. URL: <https://arxiv.org/abs/1912.04977> (in Eng).

Kashevarova, N.A., & Kulikova, M.E. (2024). Integratsia blokcheina i iskusstvennogo intelekta kak mehanizma modernizatsii razlichnyh otraslei ekonomiki [Integration of blockchain and artificial intelligence as a mechanism for modernization of various sectors of the economy]. *Vestnik universiteta*, (5), 54-67. (in Russian).

Almeida O.X.B., Rodriguez M.C., Samaniego T., Gomez E.C.F., Cabezas-Cabezas R., Bazan V. (2018). Blockchain in Agriculture: A Systematic Literature Review. In *Proceedings of the Technologies and Innovation*, Guayaquil, Ecuador, November 6–9, -01.003. (in Eng).

CONTENTS

INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES

A.Abdiraman, L.Aldasheva, A.Zakirova, B.Mukhametzhanova, I.Orman GLOBAL ANALYSIS OF MOBILE BROADBAND NETWORK PERFORMANCE: INSIGHTS INTO 5G DEPLOYMENT AND FUTURE 6G CHALLENGES.....	5
R. Abdualiyeva, L. Smagulova, A. Yelepbergenova THE EFFECTIVENESS OF USING CHATGPT IN PROGRAMMING.....	17
A.B. Aben, N.M. Zhunissov, G.N. Kazbekova, A.N. Amanov, A.A. Abibullayeva DEEPPFAKE ARTIFICIAL VOICE DETECTION. COMPARISON OF THE EFFECTIVENESS OF THE LSTM AND CNN MODELS.....	32
A.A. Aitkazina, N.O. Zhumazhan DEVELOPMENT OF A BIOTECHNICAL SYSTEM FOR LASER TREATMENT OF SUNFLOWER SEEDS.....	49
G. Aksholak, A. Bedelbayev, R. Magazov SECURING KUBERNETES: AN ANALYSIS OF VULNERABILITIES, TOOLS, AND FUTURE DIRECTIONS.....	66
A.T. Akynbekova, A.A. Mukhanova, Salah Al-Majeed, A.G. Altayeva PROBLEMS OF IMPLEMENTATION OF FUZZY MODELS OF DECISION MAKING IN SOCIAL PROCESSES.....	78
K.M. Aldabergenova, M.A. Kantureyeva, A.B. Kassekeyeva, A. Akhmetova, T.N. Esikova FEATURES AND PROSPECTS FOR THE USE OF DIGITAL PLATFORMS AND INTERNET MARKETING IN THE DEVELOPMENT OF AGRICULTURAL PRODUCTION.....	93
A. Yerimbetova, M. Sambetbayeva, E. Daiyrbayeva, B. Sakenov, U. Berzhanova CREATING A MODEL FOR RECOGNIZING THE KAZAKH SIGN LANGUAGE USING THE DEEP LEARNING METHOD.....	108
A.N. Zhidebayeva, S.T. Akhmetova, A.O. Aliyeva, B.O. Tastanbekova, G.S. Shaimerdenova REVIEW OF DETECTION AND PREVENTION OF OFFENSIVE LANGUAGE VIA SOCIAL MEDIA DATA MINING.....	124

K.S. Ivanov, D.T. Tulekenova

ENSURING THE DETERMINABILITY OF MOTION OF AN ADAPTIVE SPACECRAFT DRIVE BY INTRODUCING AN ADDITIONAL VELOCITY CONSTRAINT FORCE.....136

M.N. Kalimoldayev, Z.D. Ormansha, K.B. Begaliev, A.S. Ainagulova, A.O. Aukenova

A BLOCKCHAIN MODEL FOR AGRICULTURAL PRODUCT TRACKING THAT SUPPORTS FEDERAL TRAINING.....151

I. Massyrova, O. Joldasbayev, S. Joldasbayev, A. Bolysbek, S. Mambetov
AUTOMATION OF THE SYSTEM FOR INDUSTRIAL PRACTICE AND INTERNSHIPS FOR STUDENTS IN ORGANIZATIONS OUTSIDE OF THE UNIVERSITY.....168

A.B. Mimenbayeva, G.O. Issakova, G.K. Bekmagambetova, A.B. Aruova, E.K. Darikulova

DEVELOPMENT OF DEEP LEARNING MODELS FOR FIRE SOURCES PREDICTION.....185

K. Momynzhanova, S.Pavlov, Sh. Zhumagulova

MATHEMATICAL MODELS AND PRACTICAL IMPLEMENTATION OF AN OPTICAL-ELECTRONIC EXPERT SYSTEM FOR GLAUCOMA DETECTION.....202

B.O. Mukhametzhanova, L.N. Kulbaeva, Z.B. Saimanova, E.K. Seipisheva, B.M. Sadanova

OPTIMIZATION AND INTEGRATION OF DOCKER TECHNOLOGY IN MODERN INFORMATION SYSTEMS.....218

A.R. Orazayeva, J.A. Tussupov, A.K. Shaikhanova, G.B. Bekeshova, A.D. Galymova

FUZZY EXPERT SYSTEM FOR ASSESSING DYNAMIC CHANGES IN BIOMEDICAL IMAGES OF BREAST CANCER TUMORS.....227

D. Oralbekova, O. Mamyrbayev, A. Akhmediyarova, D. Kassymova
USING KAZAKH NER DATASETS FOR MULTICLASS CLASSIFICATION IN THE LEGAL DOMAIN: A COMPARATIVE STUDY OF BERT, GPT, AND LSTM MODELS.....242

A. Ospanov, A.J. Pedro, T. Turymbetov, K. Dyussekeyev, A. Zhumadillayeva
ADVANCEMENTS IN ERP SYSTEMS THROUGH EMERGING

TECHNOLOGIES, MACHINE LEARNING AND HYBRID OPTIMIZATION
TECHNIQUES.....259

**K. Rabbany, A. Bekarystankyzy, A. Shoiynbek, D. Kuanyshbay,
A. Mukhametzhano**
DETECTION OF SUICIDAL TENDENCIES IN REDDIT POSTS
USING MACHINE LEARNING.....270

A. Taukenova
PERSONALIZED ARCHITECTURE: CREATING UNIQUE SPACES
WITH DIGITAL TECHNOLOGIES.....283

МАЗМҰНЫ

**АҚПАРАТТЫҚ-КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ
ТЕХНОЛОГИЯЛАР**

Ә. Әбдіраман, Л. Алдашева, А. Закирова, Б. Мухаметжанова, И. Орман МОБИЛЬДІ КЕН ЖОЛАҚТЫ ЖЕЛІЛЕРДІҢ ТИІМДІЛІГІНІҢ ЖАҒАНДЫҚ ТАЛДАУ: 5G ЕНГІЗУ ЖӘНЕ 6G БОЛАШАҚ МӘСЕЛЕЛЕРІ.....	5
Р.Е. Абдуалиева, Л.А. Смагулова, А.У. Елепбергенова БАҒДАРЛАМАЛАУДА СНАТGPT ҚОЛДАНУ ТИІМДІЛІГІ.....	17
А.Б. Абен, Н.М. Жунисов, Г.Н. Казбекова, А.Н. Аманов, А.А. Абибуллаева DEEPFAKE ЖАСАНДЫ ДАУЫСТЫ АНЫҚТАУ. LSTM ЖӘНЕ CNN МОДЕЛЬДЕРІНІҢ ТИІМДІЛІГІ САЛЫСТЫРУ.....	32
Ә.А. Айтқазина, Н.Ө. Жұмажан КҮНБАҒЫС ТҰҚЫМДАРЫН ЛАЗЕРМЕН ӨНДЕУГЕ АРНАЛҒАН БИОТЕХНИКАЛЫҚ ЖҮЙЕНІ ДАМЫТУ.....	49
Г.И. Ақшолақ, А.А. Бедельбаев, Р.С. Мағазов KUBERNETES-ТІ ҚОРҒАУ: ОСАЛДЫҚТАРДЫ, ҚҰРАЛДАРДЫ ЖӘНЕ БОЛАШАҚ БАҒЫТТАРДЫ ТАЛДАУ.....	66
А.Т. Ақынбекова, А.А. Муханова, Salah Al-Majeed, Г.С. Алтаева ӘЛЕУМЕТТІК ПРОЦЕСТЕРДЕ ШЕШІМДЕР ҚАБЫЛДАУДЫҢ БҰЛДЫР МОДЕЛЬДЕРІН ЕНГІЗУ МӘСЕЛЕЛЕРІ.....	78
К.М. Алдабергенова, М.А. Кантуреева, А.Б. Касекеева, А.Ж. Ахметова, Т.Н. Есикова АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫ ӨНДІРІСІН ДАМЫТУДА ЦИФРЛЫҚ ПЛАТФОРМАЛАР МЕН ИНТЕРНЕТ-МАРКЕТИНГТІ ҚОЛДАНУДЫҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ МЕН ПЕРСПЕКТИВАЛАРЫ.....	93
А.С. Еримбетова, М.А. Сәмбетбаева, Э.Н. Дайырбаева, Б.Е. Сәкенов, У.Г. Бержанова ТЕРЕҢ ОҚЫТУ ӘДІСІН ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ ҚАЗАҚ ҰМ ТІЛІН ТАНУҒА АРНАЛҒАН МОДЕЛЬ ҚҰРУ.....	108

- А.Н. Жидебаева, С.Т. Ахметова, А.О. Алиева, Б.О. Тастанбекова,
Г.С. Шаймерденова**
ӘЛЕУМЕТТІК ЖЕЛІЛЕРДЕН DATA MINING АРҚЫЛЫ БЕЙӘДЕП
СӨЗДЕРДІ АНЫҚТАУ ЖӘНЕ АЛДЫН АЛУҒА ШОЛУ.....124
- К.С. Иванов, Д.Т. Тулекенова**
ЖЫЛДАМДЫҚ БАЙЛАНЫСЫНЫҢ ҚОСЫМША КҮШІН ЕНГІЗУ
АРҚЫЛЫ ҒАРЫШ АППАРАТЫНЫҢ БЕЙІМДЕЛГЕН ЖЕТЕК
ҚОЗҒАЛЫСЫНЫҢ АЙҚЫНДЫЛЫҒЫН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ.....136
- М.Н. Калимолдаев, З.Д. Орманша, К.Б. Бегалиева, А.С. Айнагулова,
А.О. Аукенова**
ФЕДЕРАТИВТІ ОҚЫТУДЫ ҚОЛДАЙТЫН АУЫЛШАРУАШЫЛЫҚ
ӨНІМДЕРІН БАҚЫЛАУҒА АРНАЛҒАН БЛОКЧЕЙН МОДЕЛІ.....151
- И. Масырова, О.К. Джолдасбаев, С.К. Джолдасбаев, А. Болысбек,
С.Т. Мамбетов**
УНИВЕРСИТЕТТЕН ТЫС ҰЙЫМДАРДА СТУДЕНТТЕРДІҢ
ӨНДІРІСТІК ПРАКТИКАСЫ МЕН ТАҒЫЛЫМДАМАСЫН
АВТОМАТТАНДЫРУ ЖҮЙЕСІ.....168
- А.Б. Мименбаева, Г.О. Исакова, Г.К. Бекмагамбетова, Ә.Б. Аруова,
Е.Қ. Дәрікүлова**
ӨРТ КӨЗДЕРІН БОЛЖАУ ҮШІН ТЕРЕҢ ОҚЫТУ МОДЕЛЬДЕРІН
ӘЗІРЛЕУ.....185
- К.Р. Момынжанова, С.В. Павлов, Ш.П. Жұмағұлова, М.Т. Тұңғышбаев**
ГЛАУКОМАНЫ АНЫҚТАУҒА АРНАЛҒАН ОПТИКАЛЫҚ-
ЭЛЕКТРОНДЫҚ САРАПТАМАЛЫҚ ЖҮЙЕНІҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ
МОДЕЛЬДЕРІ МЕН ПРАКТИКАЛЫҚ ІСКЕ АСЫРЫЛУЫ.....202
- Б.О. Мухаметжанова, Л.Н. Құлбаева, З.Б. Сайманова, Э.К. Сейпишева,
Б.М. Саданова**
ЗАМАНАУИ АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДЕГІ DOCKER
ТЕХНОЛОГИЯСЫН ОҢТАЙЛАНДЫРУ ЖӘНЕ ИНТЕГРАЦИЯЛАУ.....218
- А.Р. Оразаева, Д.А. Тусупов, А.К. Шайханова, Г.Б. Бекешова,
Ә.Д. Ғалымова**
СҮТ БЕЗІ ҚАТЕРЛІ ІСІГІ КЕЗІНДЕ БИОМЕДИЦИНАЛЫҚ
КЕСКІНДЕРІНДЕГІ ДИНАМИКАЛЫҚ ӨЗГЕРІСТЕРДІ БАҒАЛАУҒА
АРНАЛҒАН АНЫҚ ЕМЕС САРАПТАМА ЖҮЙЕСІ.....227

Д. Оралбекова, О. Мамырбаев, А. Ахмедиярова, Д. Қасымова ҚАЗАҚ ТІЛІНДЕГІ NER ДЕРЕКТЕР ЖИНАҒЫН ҚҰҚЫҚТЫҚ САЛАДА КӨПСАНАТТЫ ЖІКТЕУ ҮШІН ПАЙДАЛАНУ: BERT, GPT ЖӘНЕ LSTM МОДЕЛЬДЕРІНІҢ САЛЫСТЫРМАЛЫ ЗЕРТТЕУІ.....	242
А. Оспанов, П. Алонсо-Жорда, Т. Тұрымбетов, К. Дүйсекеев, А. Жұмаділлаева ERP ЖҮЙЕЛЕРІНІҢ ЖЕТІЛДІРІЛУІ: ЗАМАНАУИ ТЕХНОЛОГИЯЛАР, МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ ЖӘНЕ ГИБРИДТІ ОПТИМИЗАЦИЯ ӘДІСТЕРІ.....	259
К. Раббани, А. Бекарыстанқызы, Д. Қуанышбай, А. Шойынбек, А. Мұхаметжанов МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУДЫ ПАЙДАЛАНУ АРҚЫЛЫ REDDIT ПОСТТАРЫНДАҒЫ СУИЦИДТІК ТЕНДЕНЦИЯЛАРЫН АНЫҚТАУ.....	270
Ә. Таукенова ЖЕКЕЛЕНДІРІЛГЕН АРХИТЕКТУРА: ДИДЖИТАЛ ТЕХНОЛОГИЯЛАРМЕН ЕРЕКШЕ КЕҢІСТІКТЕР ЖАРАТУ.....	283

СОДЕРЖАНИЕ

ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ

А. Абдираман, Л. Алдашева, А. Закирова, Б. Мухаметжанова, И. Орман ГЛОБАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ МОБИЛЬНОЙ ШИРОКОПОЛОСНОЙ СЕТИ: ВНЕДРЕНИЕ 5G И БУДУЩИЕ ЗАДАЧИ 6G.....	5
Р.Е. Абдуалиева, Л.А. Смагулова, А.У. Елепбергенова ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ SNATGPT В ПРОГРАММИРОВАНИИ.....	17
А.Б. Абен, Н.М. Жунисов, Г.Н. Казбекова, А.Н. Аманов, А.А. Абибуллаева ОБНАРУЖЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ГОЛОСА DEERFAKE. СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МОДЕЛЕЙ LSTM И CNN.....	32
А.А. Айтказина, Н.О. Жумажан РАЗРАБОТКА БИОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ПОДСОЛНЕЧНИКА.....	49
Г.И. Акшолок, А.А. Бедельбаев, Р.С. Магазов ЗАЩИТА KUBERNETES: АНАЛИЗ УЯЗВИМОСТЕЙ, ИНСТРУМЕНТОВ И НАПРАВЛЕНИЙ НА БУДУЩЕЕ.....	66
А.Т. Акынбекова, А.А. Муханова, Salah Al-Majeed, Г.С. Алтаева ПРОБЛЕМЫ РЕАЛИЗАЦИИ НЕЧЕТКИХ МОДЕЛЕЙ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В СОЦИАЛЬНЫХ ПРОЦЕССАХ.....	78
К.М. Алдабергенова, М.А. Кантуреева, А.Б. Касекеева, А.Ж. Ахметова, Т.Н. Есикова ОСОБЕННОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ПЛАТФОРМ И ИНТЕРНЕТ-МАРКЕТИНГА В РАЗВИТИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	93
А.С. Еримбетова, М.А. Самбетбаева, Э.Н. Дайырбаева, Б.Е. Сакенов, У.Г. Бержанова СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ КАЗАХСКОГО ЖЕСТОВОГО ЯЗЫКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ.....	108

- А.Н. Жидебаева, С.Т. Ахметова, А.О. Алиева, Б.О. Тастанбекова,
Г.С. Шаймерденова**
ОБЗОР ОБНАРУЖЕНИЯ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ОСКОРБИТЕЛЬНОЙ
ЛЕКСИКИ С ПОМОЩЬЮ DATA MINING В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ....124
- К.С. Иванов, Д.Т. Тулеkenова**
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОПРЕДЕЛИМОСТИ ДВИЖЕНИЯ АДАПТИВНОГО
ПРИВОДА КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА С ПОМОЩЬЮ ВВЕДЕНИЯ
ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ СИЛЫ СКОРОСТНОЙ СВЯЗИ.....136
- М.Н. Калимолдаев, З.Д. Орманша, К.Б. Бегалиева, А.С. Айнагулова,
А.О. Аукенова**
БЛОКЧЕЙН-МОДЕЛЬ ДЛЯ ОТСЛЕЖИВАНИЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ С ПОДДЕРЖКОЙ
ФЕДЕРАТИВНОГО ОБУЧЕНИЯ.....151
- И. Масырова, О.К. Джолдасбаев, С.К. Джолдасбаев, А. Болысбек,
С.Т. Мамбетов**
АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ
ПРАКТИКИ И СТАЖИРОВКИ СТУДЕНТОВ В ОРГАНИЗАЦИЯХ
ВНЕ ВУЗА.....168
- А. Мименбаева, Г. Исакова, Г.К. Бекмагамбетова, А.Б. Аруова,
Е.К. Дарикулова**
РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИСТОЧНИКОВ ПОЖАРОВ.....185
- К.Р. Момынжанова, С.В. Павлов, Ш.П. Жумагулова, М.Т. Тунгушбаев**
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ
ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЙ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ
ВЫЯВЛЕНИЯ ГЛАУКОМЫ.....202
- Б.О. Мухаметжанова, Л.Н. Кулбаева, З.Б. Сайманова, Э.К. Сейпишева,
Б.М. Саданова**
ОПТИМИЗАЦИЯ И ИНТЕГРАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ DOCKER В
СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ.....218
- А.Р. Оразаева, Д.А. Тусупов, А.К. Шайханова, Г.Б. Бекешова,
А.Д. Галымова**
НЕЧЕТКАЯ ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОЦЕНКИ ДИНАМИЧЕСКИХ
ИЗМЕНЕНИЙ В БИМЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ ОПУХОЛЕЙ
ПРИ РАКЕ МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ.....227

Д. Оралбекова, О. Мамырбаев, А. Ахмедиярова, Д. Касымова ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАБОРОВ ДАННЫХ NER НА КАЗАХСКОМ ЯЗЫКЕ ДЛЯ МУЛЬТИКЛАССИФИКАЦИИ В ПРАВОВОЙ СФЕРЕ: СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ BERT, GPT И LSTM.....	242
А. Оспанов, П. Алонсо-Жорда, Т. Турымбетов, К. Дюсекеев, А. Жумадилаева ПРОДВИЖЕНИЕ ERP СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ И ГИБРИДНЫХ МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ.....	259
К. Раббани, А. Бекарыстанкызы, Д. Куанышбай, А. Шойынбек, А. Мухаметжанов ОБНАРУЖЕНИЕ СУИЦИДАЛЬНЫХ ТЕНДЕНЦИЙ В ПУБЛИКАЦИЯХ НА REDDIT С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ.....	270
А. Таукенова ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННАЯ АРХИТЕКТУРА: СОЗДАНИЕ УНИКАЛЬНЫХ ПРОСТРАНСТВ С ПОМОЩЬЮ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	283

**Publication Ethics and Publication Malpractice
the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan**

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

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

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

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

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

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайтах:

www.nauka-nanrk.kz

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

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

Директор отдела издания научных журналов НАН РК *А. Ботанқызы*

Редакторы: *Д.С. Аленов, Ж.Ш. Әден*

Верстка на компьютере *Г.Д. Жадыранова*

Подписано в печать 20.03.2025.

Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.

20,0 п.л. Заказ 1.