

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

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ

әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің

# Х А Б А Р Л А Р Ы

---

---

**ИЗВЕСТИЯ**

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ  
НАУК РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН  
Казахский национальный  
университет имени аль-Фараби

**N E W S**

OF THE ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF  
KAZAKHSTAN  
al-Farabi Kazakh National University

**SERIES**  
**PHYSICS AND INFORMATION TECHNOLOGY**

**2 (346)**

**APRIL – JUNE 2023**

PUBLISHED SINCE JANUARY 1963

PUBLISHED 4 TIMES A YEAR

ALMATY, NAS RK

#### **БАС РЕДАКТОР:**

**МУТАНОВ Ғалымқайыр Мұтанұлы**, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, ҚР БҒМ ҒК «Ақпараттық және есептеу технологиялары институты» бас директорының м.а. (Алматы, Қазақстан), **Н=5**

#### **БАС РЕДАКТОРДЫҢ ОРЫНБАСАРЫ:**

**МАМЫРБАЕВ Өркен Жұмажанұлы**, ақпараттық жүйелер мамандығы бойынша философия докторы (Ph.D), ҚР БҒМ Ғылым комитеті «Ақпараттық және есептеуші технологиялар институты» РМК жауапты хатшысы (Алматы, Қазақстан), **Н=5**

#### **РЕДАКЦИЯ АЛҚАСЫ:**

**КАЛИМОЛДАЕВ Мақсат Нұрәділұлы**, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі (Алматы, Қазақстан), **Н=7**

**БАЙГУНЧЕКОВ Жұмаділ Жанабайұлы**, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Кибернетика және ақпараттық технологиялар институты, Сатпаев университетінің Қолданбалы механика және инженерлік графика кафедрасы, (Алматы, Қазақстан), **Н=3**

**ВОЙЧИК Вальдемар**, техника ғылымдарының докторы (физика), Люблин технологиялық университетінің профессоры (Люблин, Польша), **Н=23**

**БОШКАЕВ Қуантай Авгазыұлы**, Ph.D. Теориялық және ядролық физика кафедрасының доценті, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), **Н=10**

**QUEVEDO Hernando**, профессор, Ядролық ғылымдар институты (Мехико, Мексика), **Н=28**

**ЖҮСПОВ Марат Абжанұлы**, физика-математика ғылымдарының докторы, теориялық және ядролық физика кафедрасының профессоры, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), **Н=7**

**КОВАЛЕВ Александр Михайлович**, физика-математика ғылымдарының докторы, Украина ҰҒА академигі, Қолданбалы математика және механика институты (Донецк, Украина), **Н=5**

**РАМАЗАНОВ Тілекқабұл Сәбитұлы**, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің ғылыми-инновациялық қызмет жөніндегі проректоры, (Алматы, Қазақстан), **Н=26**

**ТАКИБАЕВ Нұрғали Жобағаұлы**, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), **Н=5**

**ТИГИНЯНУ Ион Михайлович**, физика-математика ғылымдарының докторы, академик, Молдова Ғылым Академиясының президенті, Молдова техникалық университеті (Кишинев, Молдова), **Н=42**

**ХАРИН Станислав Николаевич**, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Қазақстан-Британ техникалық университеті (Алматы, Қазақстан), **Н=10**

**ДАВЛЕТОВ Асқар Ербуланович**, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), **Н=12**

**КАЛАНДРА Пьетро**, Ph.D (физика), Наноқұрылымды материалдарды зерттеу институтының профессоры (Рим, Италия), **Н=26**

**«ҚР ҰҒА Хабарлары. Физика және информатика сериясы».**

**ISSN 2518-1726 (Online),**

**ISSN 1991-346X (Print)**

Меншіктеуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» РҚБ (Алматы қ.). Қазақстан Республикасының Ақпарат және қоғамдық даму министрлігінің Ақпарат комитетінде 14.02.2018 ж. берілген **№ 16906-Ж** мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

Тақырыптық бағыты: *физика және ақпараттық коммуникациялық технологиялар сериясы.*

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

Мерзімділігі: *жылына 4 рет.*

Тиражы: *300 дана.*

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, 2023

Типографияның мекен-жайы: «Аруна» ЖК, Алматы қ., Мұратбаев көш., 75.

## ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

**МУТАНОВ Галимжаир Мутанович**, доктор технических наук, профессор, академик НАН РК, и.о. генерального директора «Института информационных и вычислительных технологий» КН МОН РК (Алматы, Казахстан), **Н=5**

## ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

**МАМЫРБАЕВ Оркен Жумажанович**, доктор философии (PhD) по специальности Информационные системы, ответственный секретарь РГП «Института информационных и вычислительных технологий» Комитета науки МОН РК (Алматы, Казахстан), **Н=5**

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

**КАЛИМОЛДАЕВ Максат Нурадилович**, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), **Н=7**

**БАЙГУНЧЕКОВ Жумадил Жанабаевич**, доктор технических наук, профессор, академик НАН РК, Институт кибернетики и информационных технологий, кафедра прикладной механики и инженерной графики, Университет Сатпаева (Алматы, Казахстан), **Н=3**

**ВОЙЧИК Вальдемар**, доктор технических наук (физ.-мат.), профессор Люблинского технологического университета (Люблин, Польша), **Н=23**

**БОШКАЕВ Куантай Авгазыевич**, доктор Ph.D, преподаватель, доцент кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), **Н=10**

**QUEVEDO Hemando**, профессор, Национальный автономный университет Мексики (UNAM), Институт ядерных наук (Мехико, Мексика), **Н=28**

**ЖУСУПОВ Марат Абжанович**, доктор физико-математических наук, профессор кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), **Н=7**

**КОВАЛЕВ Александр Михайлович**, доктор физико-математических наук, академик НАН Украины, Институт прикладной математики и механики (Донецк, Украина), **Н=5**

**РАМАЗАНОВ Тлеккабул Сабитович**, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, проректор по научно-инновационной деятельности, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), **Н=26**

**ТАКИБАЕВ Нурғали Жабагаевич**, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), **Н=5**

**ТИГИНЯНУ Ион Михайлович**, доктор физико-математических наук, академик, президент Академии наук Молдовы, Технический университет Молдовы (Кишинев, Молдова), **Н=42**

**ХАРИН Станислав Николаевич**, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, Казахстанско-Британский технический университет (Алматы, Казахстан), **Н=10**

**ДАВЛЕТОВ Аскар Ербуланович**, доктор физико-математических наук, профессор, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), **Н=12**

**КАЛАНДРА Пьетро**, доктор философии (Ph.D, физика), профессор Института по изучению наноструктурированных материалов (Рим, Италия), **Н=26**

**«Известия НАН РК. Серия физика и информатики».**

**ISSN 2518-1726 (Online),**

**ISSN 1991-346X (Print)**

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

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации Министерства информации и общественного развития Республики Казахстан **№ 16906-Ж** выданное 14.02.2018 г.

Тематическая направленность: *серия физика и информационные коммуникационные технологии.* В настоящее время: *вошел в список журналов, рекомендованных ККСОН МОН РК по направлению «информационные коммуникационные технологии».*

Периодичность: *4 раз в год.*

Тираж: *300 экземпляров.*

Адрес редакции: *050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, оф. 219, тел.: 272-13-19*

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

---

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2023  
Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75.

#### **EDITOR IN CHIEF:**

**MUTANOV Galimkair Mutanovich**, doctor of technical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, acting director of the Institute of Information and Computing Technologies of SC MES RK (Almaty, Kazakhstan), **H=5**

#### **DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF**

**MAMYRBAYEV Orken Zhumazhanovich**, Ph.D. in the specialty information systems, executive secretary of the RSE “Institute of Information and Computational Technologies”, Committee of Science MES RK (Almaty, Kazakhstan) **H=5**

#### **EDITORIAL BOARD:**

**KALIMOLDAYEV Maksat Nuradilovich**, doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK (Almaty, Kazakhstan), **H=7**

**BAYGUNCHEKOV Zhumadil Zhanabayevich**, 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), **H=3**

**WOICIK Waldemar**, Doctor of Phys.-Math. Sciences, Professor, Lublin University of Technology (Lublin, Poland), **H=23**

**BOSHKAYEV Kuantai Avgazievich**, PhD, Lecturer, Associate Professor of the Department of Theoretical and Nuclear Physics, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), **H=10**

**QUEVEDO Hemando**, Professor, National Autonomous University of Mexico (UNAM), Institute of Nuclear Sciences (Mexico City, Mexico), **H=28**

**ZHUSSUPOV Marat Abzhanovich**, Doctor in Physics and Mathematics, Professor of the Department of Theoretical and Nuclear Physics, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), **H=7**

**KOVALEV Alexander Mikhailovich**, Doctor in Physics and Mathematics, Academician of NAS of Ukraine, Director of the State Institution «Institute of Applied Mathematics and Mechanics» DPR (Donetsk, Ukraine), **H=5**

**RAMAZANOV Tlekkabul Sabitovich**, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, Vice-Rector for Scientific and Innovative Activity, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), **H=26**

**TAKIBAYEV Nurgali Zhabagaevich**, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), **H=5**

**TIGHINEANU Ion Mikhailovich**, Doctor in Physics and Mathematics, Academician, Full Member of the Academy of Sciences of Moldova, President of the AS of Moldova, Technical University of Moldova (Chisinau, Moldova), **H=42**

**KHARIN Stanislav Nikolayevich**, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, Kazakh-British Technical University (Almaty, Kazakhstan), **H=10**

**DAVLETOV Askar Erbulanovich**, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), **H=12**

**CALANDRA Pietro**, PhD in Physics, Professor at the Institute of Nanostructured Materials (Monterotondo Station Rome, Italy), **H=26**

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

##### **Series of physics and informatics.**

**ISSN 2518-1726 (Online),**

**ISSN 1991-346X (Print)**

Owner: RPA «National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan» (Almaty). The certificate of registration of a periodical printed publication in the Committee of information of the Ministry of Information and Social Development of the Republic of Kazakhstan **No. 16906-Ж**, issued 14.02.2018  
Thematic scope: *series physics and information technology*.

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

Periodicity: *4 times a year.*

Circulation: *300 copies.*

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

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

---

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2023

Address of printing house: ST «Aruna», 75, Muratbayev str, Almaty.

©**M.Zh. Kaldarova**<sup>1</sup>, **A.S. Akanova**<sup>1\*</sup>, **M.G. Grif**<sup>2</sup>, **U.Zh. Aitimova**<sup>1</sup>,  
**A.S. Mukanova**<sup>3</sup>, 2023

<sup>1</sup>S. Seifullin Kazakh agrotechnical research university, Astana, Kazakhstan;

<sup>2</sup>Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia;

<sup>3</sup>Astana International University, Astana, Kazakhstan.

E-mail: [kmiraj82@mail.ru](mailto:kmiraj82@mail.ru)

## ALGORITHM AND METHOD OF PROCESSING SPACE PHOTOS FOR ASSESSMENT OF SOIL

**Kaldarova Mira Zhorabekkyzy** — doctoral student, S. Seifullin Kazakh agrotechnical research university, 010000. Astana, Kazakhstan

E-mail: [kmiraj82@mail.ru](mailto:kmiraj82@mail.ru). ORCID ID: 0000-0001-7494-9794;

**Akanova Akerke Saparovna** — PhD, Senior lecturer, S. Seifullin Kazakh agrotechnical research university, 010000. Astana, Kazakhstan

E-mail: [akerkegansaj@mail.ru](mailto:akerkegansaj@mail.ru). ORCID ID: 0000-0002-7178-2121;

**Grif Mikhail Gennadievich** — Doctor of Engineering Sciences, professor, Novosibirsk State Technical University, 630082. Novosibirsk, Russia

E-mail: [grif@corp.nstu.ru](mailto:grif@corp.nstu.ru). ORCID ID: 0000-0003-3016-3647;

**Aitimova Ulzada Zholdasbekovna** — Candidate of Physical and Mathematical Sciences, acting associate professor, S. Seifullin Kazakh agrotechnical research university, 010000. Astana, Kazakhstan

E-mail: [zada@mail.ru](mailto:zada@mail.ru). ORCID ID: 0000-0002-0803-7137;

**Mukanova Assel Serikovna** — PhD, acting associate professor, Astana International University, 010000. Astana, Kazakhstan

E-mail: [assel.mukanova@aiu.edu.kz](mailto:assel.mukanova@aiu.edu.kz). ORCID ID: 0000-0002-8964-3891.

**Abstract.** This article deals with research conducted in the field of remote sensing of the Earth and the use of space images. The purpose of this study is to use the algorithm of neural networks when determining soil conditions. Several methods of processing spatial images were used during the research: logistic regression, support vector method (SVM), belonging to linear classifiers, polynomial and radial basis network RBF, method of naive Bayes and K-nearest neighbors (KNN). According to each of these methods, soil erosion is classified by soil type, based on which a model is created and the results of the classification of these tests are analyzed. Looking at the results, it was established that each method has its own peculiarities. One of the methods may be best suited for wet soils, and the other is best suited for waterlogged soils. And for some soil types, all methods showed low results. But

in terms of accuracy, the KNN method was the best among the six tested methods with an accuracy of 90 %, and the second method was 2.5 % more accurate than the polynomial SVM. The possibilities of applying the results of the processing of space images obtained by remote sensing of the earth in agricultural practice are considered. The results can be used in the field of agriculture, when analyzing the necessary data. In particular, the article is aimed at comparing traditional data collection methods with modern methods using remote sensing results in deep learning to help producers make optimized and sustainable agricultural decisions.

**Keywords:** algorithm, machine learning, space images, model, image processing, neural networks, vector and linear data

**Financing:** The study was conducted from the authors own financial resources.

**Conflict of interest:** The authors declare that they have no conflict of interest in relation to this research, whether financial, personal, authorial or otherwise, which could affect the research and its results presented in this article.

©М.Ж. Қалдарова<sup>1</sup>, А.С. Аканова<sup>1\*</sup>, М.Г. Гриф<sup>2</sup>, У.Ж. Айтимова<sup>1</sup>, А.С. Муканова<sup>3</sup>, 2023

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

<sup>2</sup>Новосібір мемлекеттік техникалық университеті, Новосібір, Ресей;

<sup>3</sup>Астана халықаралық университеті, Астана, Қазақстан.  
E-mail: kmiraj82@mail.ru

## ТОПЫРАҚ ЖАҒДАЙЫН БАҒАЛАУ ҮШІН ҚОЛДАНЫЛАТЫН ҒАРЫШТЫҚ СУРЕТТЕРДІ ӨНДЕУ АЛГОРИТМДЕРІ МЕН ӘДІСТЕРІ

**Қалдарова Мира Жорабекқызы** — докторант. С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті. 010000. Астана, Қазақстан  
E-mail: kmiraj82@mail.ru. ORCID ID: 0000-0001-7494-9794;

**Аканова Акерке Сапаровна** — PhD, С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті. 010000. Астана, Қазақстан

E-mail: akеркеgansaj@mail.ru. ORCID ID: 0000-0002-7178-2121;

**Гриф Михаил Геннадьевич** — техника ғылымдарының докторы, профессор, Новосібір мемлекеттік техникалық университеті. 630082. Новосібір, Ресей

E-mail: grif@corp.nstu.ru. ORCID ID: 0000-0003-3016-3647;

**Айтимова Улдада Жолдасбековна** — физика-математика ғылымдарының кандидаты, С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті. 010000. Астана, Қазақстан

E-mail: zada@mail.ru. ORCID ID: 0000-0002-0803-7137;

**Муканова Асель Сериковна** — PhD, доцент м.а., Астана халықаралық университеті. 010000. Астана, Қазақстан

E-mail: assel.mukanova@aiu.edu.kz. ORCID ID: 0000-0002-8964-3891.

**Аннотация.** Берілген мақалада Жерді қашықтықтан зондтау мен ғарыштық суреттерді қолдану саласында жүргізілетін зерттеулер қарастырылған.

Осы зерттеудің мақсаты болып, топырақ жағдайын анықтауда нейрондық желілердің алгоритмін қолдану болып табылады. Зерттеу барысында ғарыштық суреттерді өңдеу бойынша бірнеше әдіс қолданылған: логистикалық регрессия, сызықтық классификаторларға жататын тірек векторлар әдісі (SVM), полиномиялық және радиалды-негізгі функциялар желісі RBF, Naive Bayes және К-ең жақын көрші (KNN) әдісі. Осы әдістердің әрқайсысы бойынша жердің тозуы, яғни топырақтың түрлеріне қарай жіктеп, оларға сәйкес модель жасалып, тест деректерін жіктеу нәтижелері талданған. Нәтижелерге қарап, әр әдістің өзіндік ерекшеліктері бар екені анықталды. Бір әдіс ылғалды топырақтар үшін жақсы нәтиже берсе, екіншісі сулы топырақтар үшін жақсы нәтиже көрсетті. Ал кейбір топырақ түрлері үшін барлық әдіс, төмен нәтиже көрсетті. Бірақ дәлдік тұрғысынан KNN әдісі сыналған алты әдістің ішіндегі ең жақсысы болып шықты, 90 % дәлдікпен полиномиялық SVM әдісіне қарағанда 2,5 % дәлірек болды. Жерді қашықтан зондтау арқылы алынған ғарыштық суреттерді өңдеу нәтижелерін ауылшаруашылық тәжірибесінде қолдану мүмкіндіктері қарастырылған. Нәтижелерді ауылшаруашылық саласында қолдануға, қажетті деректерді талдауда қолдануға болады. Бұл осы сала мамандары үшін өз жерлерінің жағдайын анықтауда, соған сәйкес қажетті шараларды қолдануына мүмкіндік береді.

Атап айтқанда, мақалада дәстүрлі деректерді жинау әдістерін өндірушілерге оңтайландырылған және тұрақты ауылшаруашылық шешімдерін қабылдауға көмектесу үшін қашықтықтан зондтау нәтижелерін терең оқытуда қолдана отырып, заманауи әдістермен салыстыруға бағыттайтыны анықталған.

**Түйін сөздер:** алгоритм, машиналық оқыту, ғарыштық суреттер, модель, суреттерді өңдеу, нейрондық желілер

**Қаржыландыру:** Зерттеу авторлардың жеке қаржысынан жүргізілді.

**Мүдделер қақтығысы:** Авторлар зерттеуге және осы мақалада келтірілген нәтижелерге әсер етуі мүмкін қаржылық, жеке, авторлық немесе басқа зерттеуге қатысты мүдделер қақтығысы жоқ екенін айтады.

©М.Ж. Калдарова<sup>1</sup>, А.С. Аканова<sup>1\*</sup>, М.Г. Гриф<sup>2</sup>, У.Ж. Айтимова<sup>1</sup>,  
А.С. Муканова<sup>3</sup>, 2023

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

<sup>2</sup>Новосибирский государственный технический университет,  
Новосибирск, Россия;

<sup>3</sup>Международный университет Астана, Астана, Казахстан.  
E-mail: kmiraj82@mail.ru

## АЛГОРИТМЫ И МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ПОЧВ

**Калдарова Мира Жорабеккызы** — докторант, Казахский агротехнический университет  
имени С.Сейфуллина. 010000. Астана, Казахстан

E-mail: kmiraj82@mail.ru. ORCID ID: 0000-0001-7494-9794;

**Аканова Акерке Сапаровна** — PhD, Казахский агротехнический университет имени С.  
Сейфуллина. 010000. Астана, Казахстан

E-mail: akerkegansaj@mail.ru. ORCID ID: 0000-0002-7178-2121;

**Гриф Михаил Геннадьевич** — доктор технических наук, профессор, Новосибирский  
государственный технический университет. 630082. Новосибирск, Россия

E-mail: grif@corp.nstu.ru. ORCID ID: 0000-0003-3016-3647;

**Айтимова Улзада Жолдасбековна** — кандидат физико-математических наук, ассоциированный  
профессор, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина. 010000. Астана,  
Казахстан

E-mail: zada@mail.ru. ORCID ID: 0000-0002-0803-7137;

**Муканова Асель Сериковна** — PhD, ассоциированный профессор, Международный  
университет Астана. 010000. Астана, Казахстан

E-mail: assel.mukanova@aiu.edu.kz. ORCID ID: 0000-0002-8964-3891.

**Аннотация.** В данной статье рассматриваются исследования, проводимые в области дистанционного зондирования Земли и использования космических снимков. Целью данного исследования является использование алгоритма нейронных сетей при определении почвенных условий. В ходе исследования использовались несколько методов обработки пространственных изображений: логистическая регрессия, метод опорных векторов (SVM), принадлежащий линейным классификаторам, полиномиальная и радиальная базисная сеть RBF, метод наивного Байеса и K-ближайших соседей (KNN). По каждому из этих методов эрозия почв классифицируется по типам почв, по ним создается модель и анализируются результаты классификации данных испытаний. Глядя на результаты, было установлено, что каждый метод имеет свои особенности. Один из методов может лучше всего подходить для влажных почв, а другой лучше подходит для заболоченных почв. А для некоторых типов почв все методы показали низкие результаты. Но по точности метод KNN оказался лучшим среди шести протестированных методов с точностью 90 %, а второй метод оказался на 2,5 % точнее полиномиального SVM. Рассмотрены возможности применения результатов обработки космических изображений,



полученных дистанционным зондированием земли, в сельскохозяйственной практике. Результаты могут быть использованы в области сельского хозяйства, при анализе необходимых данных. В частности, статья направлена на сравнение традиционных методов сбора данных с современными методами с использованием результатов дистанционного зондирования в глубоком обучении, чтобы помочь производителям принимать оптимизированные и устойчивые сельскохозяйственные решения.

**Ключевые слова:** алгоритм, машинное обучение, космические снимки, модель, обработка изображений, нейронные сети, векторные и линейные данные

**Финансирование:** исследование проводилось из собственных финансовых средств авторов.

**Конфликт интересов:** авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов в отношении данного исследования, будь-то финансового, личного, авторского или иного, который мог бы повлиять на исследование и его результаты, представленные в этой статье.

### **Кіріспе**

Жер үсті объектілерін мониторингілеу мақсатында жерді қашықтықтан зондтау деректерін қолдану, ауыл шаруашылығы жерлерінің, ландшафттың т.б жерлердің жай-күйі туралы ақпарат алуға ықпал етеді, ал геоақпараттық жүйелер ақпараттың барлық жиынтығын бақыланатын аумақтың электрондық (цифрлық) картасы, сондай-ақ әртүрлі агроландшафт объектілерінің байқалатын қасиеттерінің жай-күйі туралы ақпаратты енгізу, сақтау, өңдеу және шығару бағдарламалық құралдары мен әдістемелері түрінде ұсынуға мүмкіндік береді.

Қарастырылып отырған тақырыптың өзектілігі бір жағынан контекстуализациялау болса, екінші жағынан ғарыштық суреттермен жұмыс жасауға арналған балама бағдарлама мен алгоритмдердің тиімділігін зерттеу болып табылады. Жұмыста қашықтықтан зондтау, ауылшаруашылық тәжірибесінің қазіргі жағдайын қалай жақсартуға болатындығы қарастырылады. Атап айтқанда, топырақ, жер мен өсімдік түрлерін талдай отырып, баяндамада белгілі бір маусымда отырғызу дақылдарының маңызды қасиеттерін анықтау үшін қашықтықтан зондтауды қалай қолдануға болатындығы талқыланады.

Бағдарламаға мәліметтер жиынтығын жүктеу, сонымен қатар талдау негізінде пиксельдер ұсынатын жер суреттерінің ықтимал түрлерін жіктеу және жіктеу алгоритмінің жалпы нәтижелерінен басқа, алгоритм мәліметтер жиынтығын дәл және тиімді жіктей алатын әртүрлі машиналық оқыту модельдерін бағалау осы зерттеудің мақсаты болып табылады.

Қазақстан Республикасының Жер кодексінде қарастырылған міндеттер (ҚР жер кодексі N 442, өзг. 2023) қатарына алынған суреттерден ҚР

топырақтарының деректер базасын құру және Landsat жер серігінің суреттері деректерінде қандай модельдер ең тиімді анықтау, жіктеу, классификациялау модельдерін және бағалау мәселелерінің тиімділігін арттыру жатады.

Бұл ғарыш қызметтерінің техникалық мүмкіндіктерін ғана емес, сонымен қатар қашықтықтан зондтау деректері мен реттеуші ақпарат негізінде объектіні объективті түрде бағалауға қабілетті жасанды интеллекттің заманауи әдістерін қолдана отырып, деректерді тиісті түрде өңдеу мүмкіндігін қарастыру қажеттілігін ұсынады (Potarov et al., 2022: 17; Ma et al., 2021: 11). Зерттеулерде осы объектіні бақылау міндеттеріне қатысты экономикалық негізделген ұсыныстарды тұжырымдау қажеттілігін атап өту қажет.

Жіктеу әдістерінен басқа, бұзылған топырақты анықтауға және оның кеңістіктегі пайда болуын картаға түсіруге мүмкіндік беретін топырақ пен спектрлік шағылыстың арасында тікелей байланыс бар. Осылайша, жердің тозуы оның қалыптасу деңгейлері бойынша, мысалы, қабаттар, ағындар немесе жыралар сияқты, жерсеріктік деректерді қашықтықтан зондтау арқылы бейнелеудің қиындығы олардың спектрлік айырмашылықтарында жатыр. Топырақтың эрозия деңгейінің спектрлік белгісі болып оның минералды құрамы, топырақ құрылымы, ылғал және органикалық заттар әсер етеді (Spadoni et al., 2020: 100419). Топырақтың спектрлік шағылысуынан басқа, өсімдік жамылғысы қалыптасқан аумақтар, егістік алқаптары, су объектілері және тағы да басқалары сияқты беткейлік белгілердің спектрлік бөлінгіштігі, эрозияға ұшыраған топырақты спектральді түрде ажыратуға ықпал етеді. Өйткені өсімдіктер мен алқапты жерлер топыраққа қарағанда күрделі спектрлік қасиеттерге ие. Жақын инфрақызыл (NIR) аймақтағы сипаттамалардың спектрлік реакциясы өсімдіктерді тірі емес белгілерден ажыратуды жеңілдетеді. Келесі автор еңбегінде Landsat TM жолақтарының, әсіресе 4-жолағының (NIR) шағылыстыру мәндері мен эрозия жылдамдығы арасында өзара байланысты ашып көрсетілген (Shoko et al., 2016: 12). Осы тұжырымдарды қолдай отырып, ғалымдар спутниктік деректерді қолдана отырып, эрозияға ұшыраған, тұрақты және тұндырылған аймақтарды табысты анықтады. Спутниктік суреттер негізінде алынған өсімдік индекстері (вегетациялық индекс - ВИ) жер бетінің шағылысуы туралы ақпарат алудың негізгі қашықтық әдістерінің бірі болып табылады. Индекс топырақ эрозиясын картаға түсіру үшін белгілерді алудың қарапайым және жылдам әдісі ретінде қолданылады. Атап айтқанда, ВИ-тер топырақ эрозиясын зерттеуде жақсы жағынан танылды.

Жұмыста қашықтықтан зондтаудың қажеттілігін көрсетуде, балама жүйе мен терең оқыту құралдары мен жер, топырақ үлгілерін жіктеу үшін ұсынылған әдістерді қолданумен байланысты болғандықтан, қашықтықтан зондтауды жүйелеу және нақты қалай қолданылатынын түсіну, пайдалы әрі іргелі білім түрі болып табылады. Зерттеу дерекқоры спутниктің көмегімен өлшеуге болатын агрономиялық факторлардың кең спектрін қамтиды, оның

ішінде жасыл жамылғы, өсімдік температурасы және топырақ ылғалдылығы жатады. Сонымен қатар ұшқышсыз ұшу аппараттарынан алынған суреттер арқылы қажетті дерекқорларды жинақтау нәтижесінде ауылшаруашылық жерлерінің кадастрлық шекараларын анықтау үшін терең оқытуды қолдануға болады (Crommelinck et al., 2019). Осындай мәліметтер жиынтығын талдау үшін эмпирикалық әдістердің үлкен жиынтығын қолдана отырып, жұмыста мұндай деректерді талдау, жерді пайдалану мен нақты егіншілікті болжауда кеңінен қолдануға қалай әкелетіні көрсетілген. Зерттеу нәтижелері жерді қашықтықтан зондтау жүйелерінің сенімділігі мен қолданылуы ауылшаруашылық қоғамдастығының болашағына айтарлықтай әсер ететінін көрсетеді. Жұмыс ауыл шаруашылығында Deep Learning пайдалану және қашықтықтан зондтау саласында жүргізілген зерттеулердің жалғасы болып табылады. Атап айтқанда, осы жұмыста дәстүрлі деректерді жинау әдістерін өндірушілерге оңтайландырылған және тұрақты ауылшаруашылық шешімдерін қабылдауға көмектесу үшін қашықтықтан зондтау терең оқытуды қолдана отырып, заманауи әдістермен салыстыруға бағыттайды. Сонымен қатар орманды алқаптар жайлы ақпараттар алу, оларды белгілі бір органдарға беру мақсатында және онда болатын өрт жағдайларын анықтау үшін ғарыштық суреттерді сегменттеуде терең оқыту, яғни U-Net архитектурасын қолдану мүмкіндіктері жоғары (Wyniawskij et al., 2019: 5; Khryashchev et al., 2020: 5). Бұл жұмыс, жерді қашықтықтан зондтау аясында, машиналық оқыту мен спутниктік бейнелерді қолдану саласында жүргізілген зерттеулердің жалғасы болып табылады. Нақтырақ айтсақ, өндірушілерге оңтайландырылған және тұрақты шешімдер қабылдауға көмектесу үшін қашықтықтан зондтау / терең оқытуды қолдана отырып, деректерді жинаудың заманауи әдістерін қолдануға бағытталған. Қазіргі уақытта ҚазҒарыш Сапары немесе Egistik сияқты көптеген ұлттық компаниялар мен жеке ұйымдар бар, олар оңтайлы дақылдардың өнімділігін талдау үшін қашықтықтан зондтау спутниктерінен алынған мәліметтер мен суреттерге сүйенеді. Бұл ұйымдардың мақсаттары, осы жұмыстың мақсатына ұқсас. Яғни, топырақты жіктеу алгоритмін қолдану суреттелген жердің қай учаскелері егістік немесе ауыл шаруашылығына жарамды екенін анықтауға көмектеседі. Құнарлы жер барған сайын пайдалы тауарға айналатын үнемі өсіп келе жатыр және ауыл шаруашылығының тиімділігін арттырудың мұндай әдістері Қазақстан аумағының халқы үшін егіннің тұрақты өсуі, жерді тиімді пайдалану аясында қамтамасыз ету үшін қажет.

Жер мәселелеріу талдау үшін, деректерді алдын-ала өңдеудің келесі әдістері жиі қолданылады: суреттердің өлшемдерін бір өлшемге келтіру (256x256, 224x224, 128x128, 96x96), ұсынылған классқа жатпайтын фонды алып тастау, NDVI индексінің мәні белгілі бір шекті мәннен төмен пиксельдерді алып тастау, қосымша арналар ретінде оқыту мысалдарына қосылу арқылы, өсімдіктер мен ылғалдылықтың қосымша индекстерін есептеу, бір жылдағы

мәндерге сәйкес осы пиксельдерді орташа бір өлшемді векторға келтіріледі. Жер үсті объектілерін спутниктік суреттерден жіктеу тапсырмаларын шешу үшін бірнеше жылдық мәліметтер жиынтығы алынады және түрлі жүйелердің (Modis т.б.) деректері де алынуы мүмкін. Жоғары кеңістіктік ажыратымдылық маңызы бар деректерді бірнеше жылдық, оның ішінде бірнеше күндік түсіру жиілігінің деректерін қолдануға болады (Zou et al., 2020: 108985).

Сол сияқты келесі деректе әртүрлі айнымалылар жиынтығында көрінетін жолақтарды, текстуралық ақпаратты және спектрлік және морфометриялық индекстерді пайдалана отырып, сегменттеуге қарастырылған. Машиналық оқыту арқылы (бес алгоритммен) анықтауды құруда көрінетін ортофотографиялар мен фотограмметриялық тығыз нүкте бұлттарының тиімділігін анықталған. Кездейсоқ орман (RF) ең жақсы (99,8%), ал ішінара ең кіші квадраттар ең нашар жалпы дәлдікке (~ 60%) ие болды. > 95% дәлдікке тіпті сынып деңгейінде де қол жеткізуге болатынын анықталған. Рекурсивті белгілерді жою (RFE) айнымалыларды таңдаудың тиімді құралы болған, оның алты айнымалы нәтижесі барлық қол жетімді 31 айнымалыны қолданумен бірдей болған. Морфометриялық көрсеткіштер өндірушінің 82% дәлдігіне және пайдаланушының 85% дәлдігіне ие болып (сәйкесінше RA және UA) және спектрлік және текстуралық индекстермен үйлескенде, бұл жақсартуға үлкен үлес қосқан. Морфометриялық көрсеткіштер әрдайым қол жетімді бола бермейді, бірақ қызыл-жасыл-көк жолақтарға (RGB) текстуралық және спектрлік индекстерді қосқанда, RA 12% - ға, ал UA 6% - ға жақсарғанын байқаған. Жерді қашықтықтан зондау негізінде модельдеу эмпирикалық және физикалық тәсілдер оны жердің тозуы аспектісінде кеңінен қолданған (Schlosser et al., 2020:2397). Деректерді жүктегеннен кейінгі келесі қадам-оларды алдын-ала өңдеу және аугментациялау. Тапсырма үшін алдын-ала өңдеудің келесі әдістерін қолдану туралы шешім қабылданды: деректерді 0-ден 1-ге дейін қалыпқа келтіру және деректерді нөлдік ортаға келтіру. Бұл әдістер деректердің үлкен таралуын жоюға және деректерді бір түрге келтіруге мүмкіндік береді. Бұл түрлендірулер математикалық модельді оқыту процесін бастағанға дейін және бүкіл үлгі үшін класс болжамын алғанға дейін қолданылады.

Жіктеу алгоритмдерінің параметрлік немесе параметрлік емес түрлері бар, екеуі де суреттерді өңдеуде классификациялау оқу мәліметтерін енгізуді қажет етеді және топырақ эрозиясын анықтауда белгілерді сәйкестендіру және картаға түсіруде қолданылады. Сонымен қатар жіктеудің бірнеше тәсілдері бар, мысалы, бақыланатын, бақыланбайтын немесе гибриді (бақыланатын және бақыланбайтын жіктеулердің жиынтығы) әдістері қарастырылған (Bhatnagar et al., 2020: 2505). Бұл жіктеу әдістері әдетте математикалық алгоритмдермен бірге қолданылады, олар мыналарды қамтиды: интерактивті өзін-өзі ұйымдастыратын деректерді талдау әдісі (ISO DATA), максималды ықтималдылықты жіктеу (MLC), тірек векторлық Машиналар (SVM) және

анық емес жиындарды жіктеу логикасы. Статистикалық ықтималдық функцияларына негізделген жіктеуіштер, әдетте, жіктеуге (объект жіктеуіштері) көмектесу үшін бір пиксельдің спектрлік епекшелігін (пиксель жіктеуіштері) және пиксельдің айналасындағы кеңістіктік контексті пайдаланады. Дәстүрлі қашықтықтан зондтау ғалымдарының ғана емес, сонымен қатар дәстүрлі суперкомпьютерлерді немесе ауқымды бұлтты есептеу ресурстарын пайдалану үшін қажетті техникалық мүмкіндіктері жоқ әлдеқайда кең аудиторияның мүмкіндіктерін кеңейтуге арналған интеграцияланған платформа ретінде бірегей (Gorelick et al., 2017: 10).

SVM жіктеуіштері қашықтықтан зондтау мультиспектрлі деректеріне SVM жіктеуіштері топырақ жамылғысының басқа түрлерімен салыстырғанда топырақ эрозиясын анықтауға арналған перспективтік параметрлік емес жіктеу әдісін ұсынады. SVM –ның басты күші болып, бұл модель әр кластың мүшелерінен оңтайлы жазықтыққа дейінгі қашықтықты максималды ететін гипержазықтықтарды орналастыру арқылы кластарды бөлу қабілетінде. Бір классты жіктеу үшін, SVM-ді пайдалану кезінде алынған параметрлер мен дәлдік деңгейлері туралы ақпарат өте аз. Алғашында, SVM орман өрттерін анықтау және SPOT 5 жерсеріктік суреттерінде қалалық аймақтарды анықтау үшін қолданылған. Қашықтан бейнелеуді қолдана отырып, жоспарланбаған қалалық елді мекендегі жеке ғимараттардың автоматты сипаттамасын және күрделі ландшафттар мен елді мекендердің тығыздығына байланысты зондтау арқылы U-net негізіндегі қалалық ауылдарды картаға түсіру парадигмасы ұсынылған. Зерттеу мақсаттары ретінде кеңістіктік ажыратымдылығы 0,5 м және сегіз панорамалық жолағы бар worldview спутниктік суреті пайдаланылған. SVM-ді Landsat — TM көмегімен басқа алгоритмдермен салыстырып, дәлдігі 86 % жеткен (Pan et al., 2020: 1574).

Соңғы жылдары конволюциялық нейрондық желі (CNN) кескінді өңдеу үшін машиналық оқытуда басым парадигмаға айналды. Келесі зерттеуде U-Net модификацияланған архитектурасын спутниктік кескіндерден контекстік ақпаратты алу үшін қолданған. Зерттеу DenseNet архитектурасын енгізу арқылы, қайталанатын белгілер карталарын пайдалануды және желі арқылы ақпараттың таралуын күшейтеді. Субдискретизация мен күшейтілген іріктеу арасында ұзақ қашықтықты өткізіп жіберуге байланысты байланыстар жүзеге асырылған. Ұсынылған архитектура сәйкесінше сандық салыстырудың қиылысумен біріктірілуі 73,02 % және жалпы дәлдігі 96,02 % көрсеткен (Soni et al., 2019: 13).

Көптеген зерттеулер NDVI өнімдері топырақтың түсіне, ылғалдылығына, атмосфералық жағдайларға және т.б. байланысты тұрақсыз болуы мүмкін екенін растайды. Топырақ эрозиясының кеңістіктік таралу карталарын жасау кезінде Landsat (NDVI, SAVI және SARVI) көмегімен алынған үш ВИС қолданылды және олар алынған топырақ эрозиясының VI карталарының дәлдігін бағалады және топырақ эрозиясының белгілерін су жинау деңгейінде анықтау үшін ең жақсы мәні VI екенін анықтады ( Pan et al., 2019), ал Rep

Н., Zhou G және т.б. авторлар өз еңбектерінде қызыл және NIR жолақтары «топырақ сызығы» тұжырымдамасын қолдану арқылы топырақ эрозиясын анықтауға болатынын ашып көрсетті (Ren et al., 2018:7).

Суреттердің сапасы мен қасиеттеріне ғарыш кемесі орбитасының пішіні мен биіктігі әсер етеді, яғни, орбита шеңбері, жер беті түсірілімінің бірдей биіктігі. Түсіру барысында да қозғалып кету нәтижесінде суреттерде қателіктер пайда болады. Сондай суреттердің бірі 2-ші суретте көрсетілген, яғни түсірілім кезіндегі істен шыққан пиксельдерді өңдеу нәтижесі. (Soloviev et al., 2016: 7).

Сонымен, ғылыми зерттеулерді қарастырып топырақ жағдайын бағалау үшін ғарыштық суреттерді өңдеуде қолданылатын бірнеше әдістерді қарастырып олардың ішіндегі тиімдісің таңдау өзекті мәселелердің бірі боллатыны айқындалды.

### **Әдістер мен материалдар**

Ғарыштық суреттерді өңдеу үшін зерттеу барысында келесі әдістер қолданылды: талдау, салыстыру, деректерді визуализациялау, бағдарламалау.

Қазіргі таңда ғарыштық суреттерді өңдеу барысында келесі кезеңдер қарастырылады:

- жобалық құжаттаманы ескере отырып, ғарыштық түсіру деректерін қолдану аясында, объектінің техникалық сипаттамаларын аламыз;
- нормативтік деректер бойынша қажетті материалдардың санын және жұмыстың еңбек сыйымдылығын есептеу;
- ғарыштық түсіру және деректерді шығару деректерін пайдалана отырып, материалдардың қажетті көлемінің және еңбек сыйымдылығының сәйкестігін талдау;
- ақпараттық-талдау жүйесі негізінде орындаушылардың техникалық деңгейі мен технологиялық дайындығын ескере отырып, тапсырыс берушілер үшін орындаушыларды оңтайлы таңдау бойынша ұсыныстар қалыптастыру;
- автоматты сараптама жүйесін пайдалана отырып және сараптама жүйесін есептеу хаттамаларын ұсына отырып, материалдарды жеткізушілер және жұмыстарды орындаушыларды таңдау туралы шешім қабылдау. Материалдарды жеткізушілермен және жұмыстарды орындаушылармен шарттар жасасу;
- ЖҚЗ деректерін және есептік құжаттаманы пайдалану және жұмыстардың орындалу барысының үздіксіз мониторингін жүргізу;
- Data Mining / Data Science әдістері мен деректерді іздеу негізінде мониторинг нәтижелерін үнемі бақылау;
- жобаны орындауды аяқтау және сараптама жүйесінің нәтижелерімен расталған құжаттама жиынтығын қалыптастыру;
- есептеудің қарапайымдылығына байланысты ең көп қолданылатыны-қалыпқа келтірілген вегетациялық индекс (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI).

Жерді пайдалануды оңтайландыру саласындағы ғылыми және практикалық міндеттерді шешу үшін ғарыштық түсірілім материалдарын тану мен дешифрлеудің сапалық және сандық сипаттамаларын арттыру міндетін шешудің өзектілігі ақпарат алудың жаңа әдістерін іздеудің, сондай-ақ қазіргі бар әдістердің тиімділігін арттырудың өзектілігін айқындайды.

Ғарыштық бейне түсірілімдерін талдау үшін 7-ші және 8-ші буындағы Landsat спутниктерінен материалдар алынады. Олардың кеңістіктік рұқсаты жеке орман аудандарын, ауылшаруашылық жерлерін, елді мекендердің аудандарын зерттеуге және әртүрлі санаттағы жерлердің геокеңістіктік құрамын ескеруге мүмкіндік береді. Осы спутниктерден алынған мәліметтердің спектрлік ажыратымдылығы көрінетін, жақын және қысқа толқындық инфрақызыл диапазондардағы геофизикалық қабықтардың қасиеттері туралы ақпарат береді.

Кеңістіктік объектілер мен жердің жай-күйінің неғұрлым ақпараттық кеңістіктік және уақытша сипаттамаларын алу үшін, әлемдік тәжірибе бойынша әдеттегідей аумақтың спектрлік параметрлеріне ғана емес, сонымен қатар геофизикалық объектіні (айналаны) қоршап тұрған аумақтың инвариантты және динамикалық қасиеттерін сипаттайтын мәліметтерді жүйелі талдауға сүйену керек. Бағдарлама Amazon Web Services-арқылы Landsat 8 спутнигінен суреттер және басқа да файлдарды жүктей алады. 11 жолақты қай аймақпен жұмыс жасағыңыз келетініне байланысты сұраныс бойынша жүктеуге болады. Таңдалған көрініспен жұмыс жасау үшін қажет барлық файлдар жүктеледі. Файлдар жергілікті дискіге сақталғаннан кейін көріністер жасалады. Жолақтарды белгілі бір есептеу немесе композиттеу (бірнеше бөліктен немесе элементтері біріктіру үшін қандай жолақтар қажет екеніне байланысты дербес немесе автоматты түрде жүктеуге болады.

WRS (Worldwide Reference System) — бұл Landsat спутниктерінен алынған деректерді индекстеудің жаһандық жүйесі. Іс жүзінде сурет алынған жер бетінің учаскесін көрсетеді. Ол үшін екі параметр қолданылады: Path және Row. Path параметрі батыстан шығысқа қарай "аймақты" белгілейді; Row параметрі солтүстік — оңтүстік бағытта "аймақ" нөмірін анықтайды. "c1" — 1-топтаманы білдіреді, "L8" — Landsat 8-ді білдіреді, "139" — аймақ жолы, "045" - аймақ жолын білдіреді, ал соңғы каталог келесі атау туралы келісімді қолданатын өнім идентификаторына сәйкес келеді (сурет-1):

L = Landsat

X = Сенсор

SS = Спутник

PPP = WRC жолы

RS = WRC жол

ЖЖЖЖ ММ КК = түсірілген күні

ууууммдд = өндеу күні

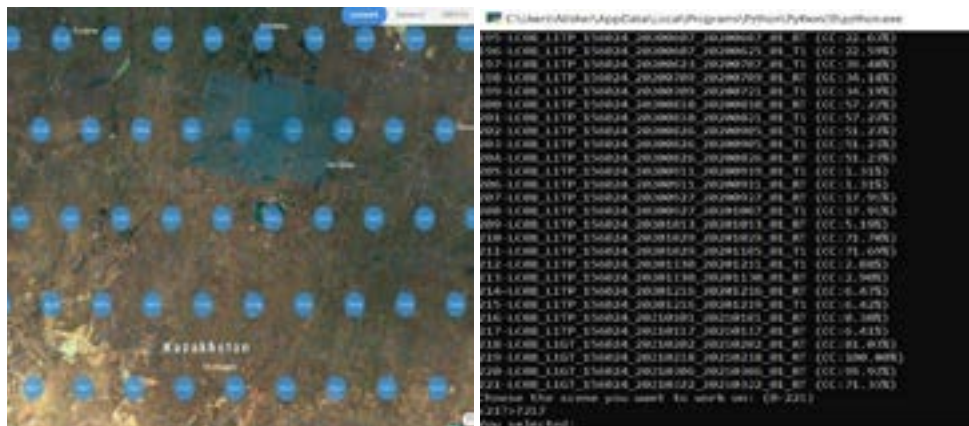
CC = коллекция нөмірі

LXSS\_

LLLLL\_PPPRRR\_YYYYMMDD\_ууууммдд\_CC\_TX, бұл жерде:

TX = коллекция санаты

LC08\_L1TP\_156024\_20210117\_20210117\_01\_RT --bands NDVI



Сур.1. WRS (Worldwide Reference System) жүйесі мен файлдарды жүктеу барысы  
(Fig.1. WRS (Worldwide Reference System) System and file download progress)

Деректер базасы бейнеленген көріністің кішкене аймағынан алынған көп спектрлі пиксель мәндерінен тұрады. Мұндай пикселдер осы спутниктік кескіннің шегінде 3x3 төңірегінен алынады. Сонымен қатар, дерекқордағы әр пиксель 0-ден 255-ке дейінгі мәнге сәйкес келеді. Сонымен қатар, пиксельдің әр жолы үшін 3 3x3 жіктеу белгісі бар. Содан кейін 9 пиксельдің әр айналасы үшін төрт спектрлік диапазон бар, олар мәліметтер жиынтығында 37 бағанды құрайды (36 пиксель және 1 жіктеу белгісі). Атап өткендей, 36 пиксельде тәуелді айнымалылар болады, ал жіктеу белгісі эксперименттің тәуелсіз айнымалысы болып табылады. Мәселенің сипаттамасын қайта құру үшін қазіргі мақсат 36 пиксельді ескере отырып, жіктеу нөмірін болжау болып табылады. Ең алдымен, бұл мәліметтер жиынтығы оқыту және тест жиынтықтарына бөлінді: 4435 данадан тұратын оқыту және 2000 данадан тұратын тест мәліметі. Деректер жиынтығында алты түрлі топырақ кластары бар, олардың белгілері төменде көрсетілген:

1. Қызыл топырақ
2. Мақта дақылдары
3. Сұр топырақ
4. Ылғалды Сұр топырақ
5. Орылған егістік
6. Өте ылғалды сұр топырақ

Бұл жұмыс үшін негізгі міндет-кескіннің кішкене ауданы үшін пиксель мәндері бойынша топырақ түрін сәтті анықтау, сондықтан талдау процесін автоматтандыру үшін жіктеу моделін жасау қажет. Жіктеу — бұл машиналық оқытудың кең қолданысы және жіктеу модельдерінің бірнеше түрлері бар.



Жобада төрт әдіс қолданылды: логистикалық регрессия, тірек векторлық машиналар (SVM), Naive Bayes және ең жақын К-көрші (K-NN). Қазіргі уақытта әртүрлі стратегиялардың нәтижелерін талдау және қайсысы ең қолайлы нәтиже беретінін анықтау өте маңызды. Әрбір жіктеу моделін талдағаннан кейін олардың екеуі алдын-ала анықталған критерийлер негізінде таңдалады және мәліметтер жиынтығындағы іздеу нәтижелеріне қосымша талдау жасалады. Есептің осы бөлімінде модельдерге негізделген негізгі тенденциялар визуалды элементтер мен мәліметтер арқылы бағаланады.

Сонымен қатар, мұндай әдістер деректер арасындағы заңдылықтардың табиғаты туралы көп түсінік бермейді, бірақ тиімділігі жоғары және дәл мәліметтер береді деп күтуге болады. Осылайша, KNN әдісі нақты қарапайым классификатор құру мақсатында жарайды, дегенмен бұдан басқа қосымша ақпарат бере алмайды. Осы себептен, соңғы көрсетілген нәтижелер бұрын айтылған әдістердің нәтижелеріне сүйенеді деп күтуге болады. KNN моделі ешқандай гиперпараметрлерді қажет етпейді. Бұл әдістің алгоритмі алдыңғы үш модельден біршама ерекшеленеді. Ең жақсы өнімділік параметрлерін қамтамасыз ететін  $k$  мәнін таңдау маңызды болғандықтан, алдымен ең жоғары дәлдік көрсеткіші бар  $k$  мәні табылғаннан кейін модель жасалады және жаттығу деректерімен салыстырылып келістіріледі, содан кейін тест деректерімен болжамдар жасалады. KNN моделінде жұмыс уақыты бойынша қиындықтар бар, өйткені  $k$  мәнін табудың итеративті әдісі басқа модельді бірнеше рет құруды талап етеді. Бұл бағдарламаның жалпы орындалуына үлкен уақыт қосуы мүмкін. Осы мәселелерді жеңілдету үшін біз  $k$  мәнінің итеративті функциясын тек бір рет іске қоса аламыз немесе деректерді масштабтауға болады, осылайша келістіру мен болжауға аз уақыт кетеді.

SVM (Polynomial) шатастыру матрицасы, бұл жағдайда модельдің суретте көрсетілген логистикалық регрессия әдісіне қарағанда біршама дәлдікке ие (шамамен 3 %). екенін көрсетеді. Сонымен қатар, сол SVM топтарының алдыңғы әдісімен салыстырғанда, сызықтық модель-көпмүшелік әдіс әлдеқайда жақсы дәлдікке ие екені анықталды. Сонымен қатар, әрі қарай қарастыру кезінде SVM моделінің жалғыз қателігі қайтадан ылғалды сұр топырақты жіктеумен байланысты болды. Мұндай жағдайларда модель нақты ылғалды сұр топырақтың жартысына жуығы дұрыс болады деп болжады, ал екінші жартысы өте ылғалды сұр топырақ санатына жатқызылды. Логистикалық модельге қарағанда біршама дәл болумен қатар, жұмыс уақыты әлдеқайда жылдам (4,95 с-қа қарағанда 350 мс). Осылайша, осы екі көрсеткішті де қарастырғанда SVM көпмүшесі анағұрлым оңтайлы болады.

Радиалды базистік функцияның (RBF) шатастыру матрицаларын SVM полиномиялық әдістерімен салыстырған кезде олар бірдей болатындығын ескеру қажет. Деректер жиынтығына кіретін мәндер басқа жиынтықтар сияқты күрделі болғандықтан, осы екі әдіс арасындағы ұқсастықты күтуге болады. Басты айырмашылықтардың бірі болып, RBF әдісінің жұмыс уақыты

бойынша шамамен 12,6 % жылдам. Осылайша, оңтайлы шешімді таңдағанда, RBF әдісі жақсы болар еді, өйткені көпмүшелік SVM есептеу уақытын ұзартылуы классификатор үшін зиян болып табылады. SVM алгоритмінің негізгі параметрлері келесі кестеде көрсетілген (1-кесте).

1 – кесте. Берілген әдістердің гиперпараметрлері

Әдісі	Қателік	Inverse of Regularization Strength (c) (Қайта реттеу күші)	Degree	Max Iterations (итерациялардың максималды саны)
Логистикалық регрессия	16	1.0	-	2950
SVM (Linear)	24	1.0	64	500
SVM (Polynomial)	13	1.0	2	1000
SVM (RBF)	13	1.0	2	1000

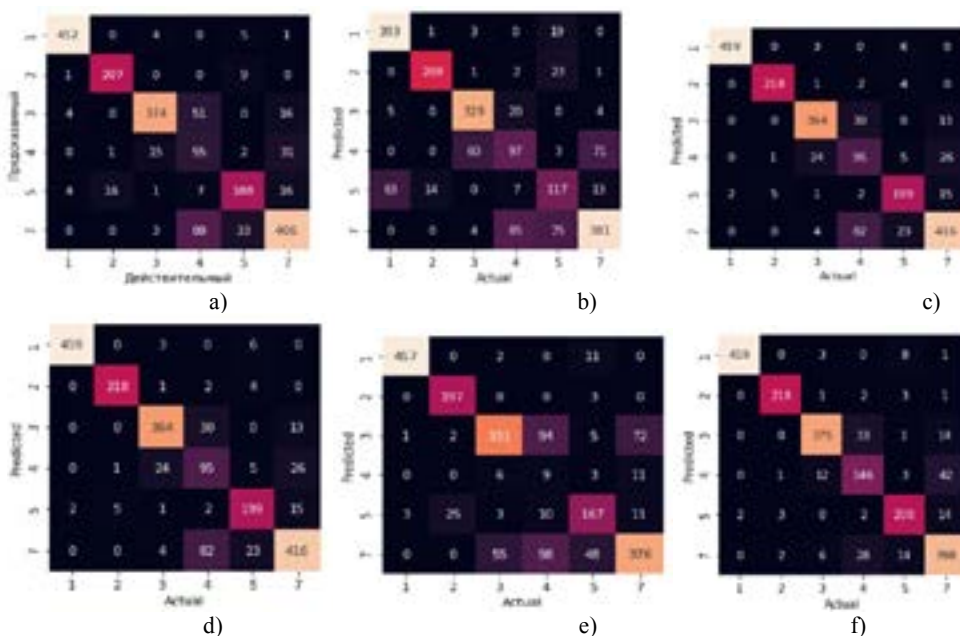
Naïve Bayes моделінің шатастыру матрицасы бойынша жұмыс уақыты мен дәлдігі кестеде көрсетілген. SVM-нің басқа әдістерімен салыстырған қатты айырмашылық жоқ. Сондықтан бұл әдісті де қолдануға болады.

Келесі суреттерде (сурет – 2) шатастыру матрицалары құрылып, әрбір модельдің өзінің жіктелуіне сәкес мәліметтер алынды. Көптеген жіктеу белгілері үшін логистикалық регрессия әдісі салыстырмалы түрде баяу уақыт кезеңіндегі нақты белгімен салыстырғанда берілген сынақ жиынтығын дәл болжай алды (2 а – сурет).

Келесі шатастыру матрицасы осы модельдің өзінің жіктелуінде логистикалық регрессия әдісіне қарағанда дәлірек емес (шамамен 8 %) екенін көрсетеді (2 б – сурет). Алайда, әрі қарай қарастырған кезде сызықтық SVM сұр топырақты дәл жіктеп қана қоймай, сонымен қатар қызыл топырақ пен өсімдіктері бар топырақ жағдайларын да жіктеді. Қызыл топырақ жағдайлары үшін шамамен 10 % - ы өсімдігі бар топырақ ретінде дәл болжанбаған. Содан кейін, өсімдіктердің нақты жағдайлары үшін модель олардың жартысына жуығы өте ылғалды сұр топырақ болады деп нақты болжаған жоқ. Сонымен, модель 76 % дәлдіктің салыстырмалы түрде жақсы бағасына ие болса да, топырақтың белгілі бір түрлері үшін жеке деңгейде мәселелер бар. Бұл алдыңғы логистикалық регрессия матрицасынан айырмашылығы, тек сұр топырақ жағдайында қиындықтар болған сияқты.

K-жақын көршілер (KNN) әдісінің тестілеу және оқыту нәтижелері K-нің әртүрлі мәндері үшін жасалды, сондықтан ол k=4 мәні ең дәл деп анықталды, өйткені оқыту мен тестілеу балдары арасындағы дисперсия минималды болды және соған сәйкес шатасу матрицасы құрылды. Дәлдік тұрғысынан KNN әдісі сыналған алты әдістің ішіндегі ең жақсысы болып шықты. 90 % дәлдікпен ол екінші әдіс полиномиялық SVM ге қарағанда 2,5 % дәлірек болды. Келесіде, екі шатастыру матрицасын салыстырған кезде, KNN сәтті болатын жетілдірудің негізгі бағыты - оның сұр топырақты дәл жіктеу қабілеті. Жоғарыда айтылғандай, полиномиялық SVM тек ылғалды сұр топырақты 52

% дәлдікпен болжады, бұл басқа жеке белгілерге қарағанда әлдеқайда аз. Мұнда KNN 70 % ылғалды сұр топырақ үшін дәлдік көрсеткішін шығарды, ол орташа дәл болса да, бес әдіске қарағанда әлдеқайда жақсы. Жоғары дәлдігіне қарамастан, KNN әдісі алдыңғы әдістер арасында ең баяу жұмыс уақытына ие. Миллисекундтар ішінде жұмыс уақыты бар SVM әдістерімен салыстырғанда KNN әдісі әлдеқайда баяу болды. Сонымен, салыстырмалы түрде кішігірім мәліметтер жиынтығы үшін модель өзін жақсы көрсетеді. Егер бұл нәтижелер кең ландшафтты қамтитын суреттер үшін әлдеқайда үлкен мәліметтер жиынтығына экстраполяцияланған болса, KNN ұзақ жұмыс уақытын зиянды факторға айналдыруы мүмкін.



Сур.2. Өңдеу әдістерінің шатастыру матрицалары (а – логистикалық регрессия, b - SVM (Linear), c - SVM (Polynomial), d - SVM (RBF), e - Naive Baye, f – KNN жақын көршілер) (Fig.2. Confusion matrices of processing methods (a-logistic regression, b-SVM (Linear), c - SVM (Polynomial), d - SVM (RBF), e - Naive Baye, f – KNN near neighbors))

Әзірленген жіктеу моделдері үшін нәтижелер мен көрсеткіштерді мұқият талдағаннан кейін ең оңтайлы екеуі таңдалады. Енді әртүрлі жіктеу әдістерінің тиімділігін зерттеуге таңдалып алынған Landsat мәліметтер жиынтығын бағаланады. Таңдалған екі әдісті қолдана отырып, топырақтың болжамды классификациясының гистограммасы құрылады. Бұл диаграмма нәтижелердің дәлдігін және топырақтың қандай түрлері модельдер үшін қателіктер тудырғанын жақсы көруге мүмкіндік береді.

Тұтастай алғанда, көп спектрлі деректерді талдауға жасанды интеллектті

енгізу өте маңызды, өйткені топырақ кескіндерін жіктеуге жеткілікті оқытылған деректерсіз таза математикалық алгоритмді жасау өте қиын болуы мүмкін; түсірілген кескіндер әрқашан әртүрлі болып келеді. Топырақ әрдайым спутниктік суреттер үшін толықтай ашық және мөлдір бола бермейді, ал кемшіліктер әрқашан айқын көрінеді. Сондықтан топырақтың күрделі және бұлыңғыр кескіндерін анықтау үшін оқытудың үлкен көлемін пайдаланатын жасанды интеллект классификациясының моделін жасау қажет.

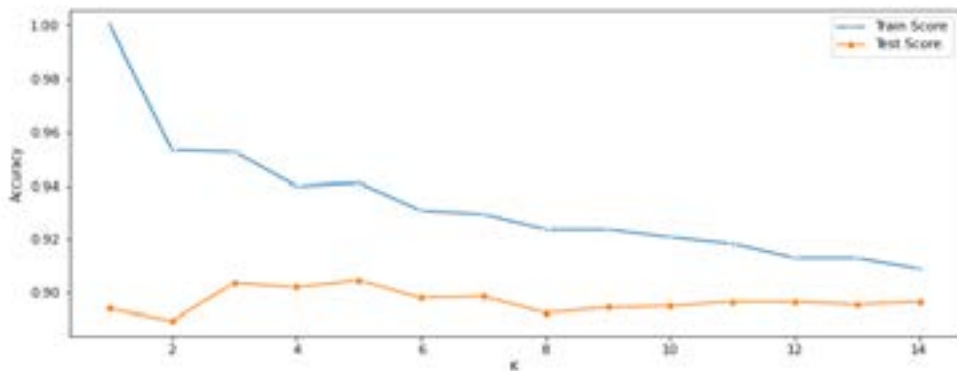
**Нәтижелер**

Бірдей мәліметтер жиынтығын қолдана отырып, әртүрлі жіктеу модельдерінің нәтижесін келесі кестеден (2-кесте) көруге болады. Бұл жердегі мақсат жинақтылық, дәлдік және жауап беру уақыты тұрғысынан жақсы жұмыс істейтін оңтайлы әдісті анықтау болды.

2 - кесте. Әдістердің орындалу уақыты мен дәлдігі

Көрсеткіштер/ әдістер	Логистикалық регрессия	SVM (Linear)	SVM (Polynomial)	SVM (RBF)	Naive Bayes метрикасы	KNN жақын көрші
Орташа орындалу уақыты	4.96 сек	0.219 сек	0.393 сек	0.35 сек	0.049 сек	11.73 сек
Дәлдігі	84.2	76 %	87.6 %	87.5 %	77 %	90 %

Дәлдік тұрғысынан KNN әдісі сыналған алты әдістің ішіндегі ең жақсысы болып шықты. 90% дәлдікпен ол екінші әдіс полиномиялық SVM ге қарағанда 2,5 % дәлірек болды. Келесі суретте (сурет -3) KNN әдісінің тестілеу нәтижесі берілген.



Сур.3. Жақын көршілер үшін тестілеу және оқыту нәтижелері  
(Fig.3. Test and training results for the nearest neighbors)

Полиномиялық SVM тек ылғалды сұр топырақты 52 % дәлдікпен болжады, бұл басқа жеке белгілерге қарағанда әлдеқайда аз. Мұнда KNN 70 % ылғалды сұр топырақ үшін дәлдік көрсеткішін шығарды, ол орташа дәл болса да, бес

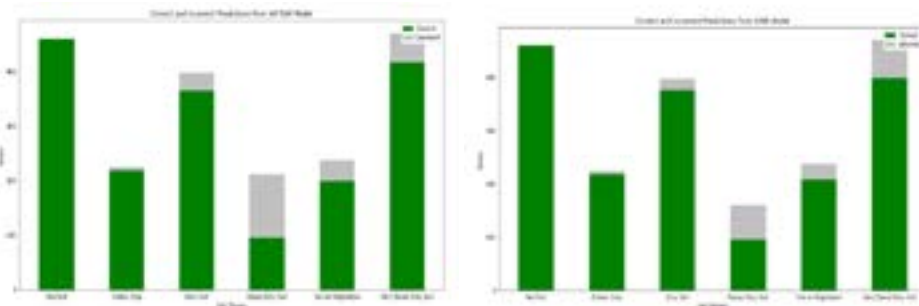
әдіске қарағанда жоғары нәтиже. Жоғары дәлдігіне қарамастан, KNN әдісі алдыңғы әдістер арасында ең баяу жұмыс уақытына ие. Миллисекундтар ішінде жұмыс уақыты бар SVM әдістерімен салыстырғанда KNN әдісі әлдеқайда баяу болды. Егер бұл нәтижелер кең ландшафтты қамтитын суреттер үшін әлдеқайда үлкен мәліметтер жиынтығына экстраполяцияланған болса, KNN ұзақ жұмыс уақытын зиянды факторға айналдыруы мүмкін (3-кесте).

3 – кесте. Модельдердің жылдамдық уақыты

Атауы	Logistic Regression	Linear	Polynomial	Naive Bayes	RBF	KNN
1.Қызыл топырақ (Краснозём)	0.99	0.89	0.99	0.98	0.99	0.98
2.Мақта дақылдары (Хлопковая культура)	0.94	0.91	0.97	0.93	0.97	0.97
3.Сұр топырақ (Серая Почва)	0.90	0.88	0.91	0.73	0.91	0.91
4.Дымқыл топырақ (Влажная Серая Почва)	0.36	0.44	0.52	0.08	0.52	0.70
5.Орылған егістік (Почва с растительной стерней)	0.80	0.52	0.86	0.73	0.86	0.89
6.Сулы топырақ (Очень Влажная Серая Почва)	0.82	0.76	0.84	0.72	0.84	0.87

Әдістер полиномиялық SVM, RBF SVM және KNN болды. Сонымен қатар, KNN моделі көп жағдайда дәл болды. Атап айтқанда, KNN ылғалды сұр топырақты басқа белгілерге қарағанда жоғары пайызбен жіктеуге қабілетті болды. Осылайша, дәлдік тұрғысынан K-NN моделі өзінің жалпы жоғары дәлдігімен ғана емес, сонымен қатар сұр топырақтың түрлерін дұрыс анықтау қабілетімен де оңтайлы болып табылады. Бұл тақырып келесі ары қарай толығырақ түсіндіріледі, бірақ айта кететін жайт, KNN басқа модельдерге қарағанда 3% дәлірек болса да, сұр топырақты жіктеудің едәуір жақсаруы KNN-нің жоғары дәлдігін растайды. Егер модельдердің нәтижелері нақты ортада қарастырылса, онда оңтайлы модельді таңдағанда жұмыс уақытын ескеру маңызды болады. KNN кез-келген модельге қарағанда дәлірек болғанымен, оның ең баяу жұмыс уақыты — 11,73 секунд. Жіктеу алгоритмдері ноутбукта жұмыс істегенімен, уақыт мәселесі жақсы компьютерлерде әлі де қиындықтар тудыруы мүмкін. Осылайша, жалпы оңтайлы модель RBF SVM әдісі ең тиімді болуы мүмкін. Мысалы, нақты әлем модельдерінде көптеген кескіндердің тұтастығын бұзатын әлдеқайда үлкен мәліметтер жиынтықтары болады; сондықтан жалпы жіктеу мақсатында RBF SVM топырақ түрлеріне дәл жіктеу үшін пайдалы болуы мүмкін. Алайда, пайдаланушы аймақтың ең дәл талдауын алғысы келетін жағдайда, KNN жақсы жұмыс істейді, өйткені бұл жағдайда жұмыс уақыты міндетті түрде маңызды рөл атқармайды.

Жоғарыда келтірілген талдаудан біз SVM (RBF ядросы) және K-NN алгоритмдері ең тиімді екені анықталды.



Сур.4. Топырақты SVM және KNN модельдері арқылы анықтаудың қате және дұрыс тұжырымдары  
(Fig.4. incorrect and correct conclusions for determining the soil using SVM and KNN models)

Графикте (сурет-4) осы жіктеу алгоритмдерінің көмегімен алынған нәтижелерді байқауға болады. Талдау барысында көптеген модельдер сұр топырақтың үш санатын анықтауда қиындық тудыратыны байқалды. Қарапайым "сұр топырақ" санаты үшін екі модель де болжамдарының дәлдігі бойынша ұқсас жұмыс жасады. SVM әдісі "ылғалды сұр топырақ" класы үшін беретін болжамдарының көпшілігінде қателік кездеседі, бірақ "өте ылғалды сұр топырақ" классификациясында KNN-нен асып түседі. KNN моделі үшін де болжамдар қателігі болды. SVM моделімен салыстырғанда KNN моделі "ылғалды сұр топырақ" классификациясында қателік деңгейі аздау екендігін көрсетті. Алынған нәтижелерді графиктен байқауға болады. KNN 3 % дәлірек болса да, сұр топырақты жіктеудің едәуір жақсаруы, KNN-нің жоғары дәлдігін растайды. KNN кез-келген модельге қарағанда дәлірек болғанымен, оның ең тез жұмыс уақыты 11,73 секундты құрады.

#### Талқылау

Зерттеу барысында RBF SVM әдісі және KNN модельдері пиксель деректерін жіктеудің ең жақсы әдістері екендігі анықталды. Қандай әдіс қолданылатындығын әр жағдайға байланысты таңдалуы керек. Жалпы алғанда, RBF SVM сапасы мен жылдамдығы бойынша ең жақсы модельдер болды. Егер модельдерді пайдаланушы жердің үлкен ауданын сканерлеп, топырақ түрін анықтап ажыратуда қолданса, онда RBF SVM моделі үлкен аумақтар үшін тиімді болады. Ал топологиялық кеңістіктің макетін алуда KNN баяу жылдамдығына қарамастан, оңтайлы әдіс ретінде қолданылуы мүмкін.

Нәтиже шешімдері нақтырақ болу үшін, барлық модельдерге көбірек оқыту деректерін енгізу қажет. Бұл оқыту деректері топырақтың ұқсас түрлерін саралауға ғана емес, сонымен қатар жүйенің дәлдігін арттыруға көмектеседі. Егер "дымқыл сұр" және "өте ылғалды сұр" топырақтар мәліметтері біріктірілсе, онда жіктеу модельдері үшін қате болжамдар аз болар еді. Әрине бұл болжамдар енгізілген деректер параметрлері мен

мақсаттарына тікелей байланысты болдаы, сондықтан кескін деректері бойынша жіктеуді жақсарту үшін желіні қайта құрып оқыту қажет. Орындау уақыты көптеген шарттарға байланысты өзгеріп отыратынына қарамастан, бұл мән модельдің жалпы жұмысының көрсеткіші деп есептеуге болады. RBF SVM классификациясының нәтижелері топырақ типтерінің дәл жуықтамасын алуға көмегін тигізеді деп айтуға болады. Ал егер пайдаланушы аймақты дәл талдағысы келсе, KNN қолданған жөн, өйткені жұмыс уақытын маңызды санамай нақты дәлдікке жақындауға мүмкіндік береді.

### **Қорытынды**

Жұмыстың мақсаты көрсетілген топологиялық мәліметтердің осы жиынтығын талдау және берілген пиксельді ұсынылған топырақтың ықтимал түрімен жіктеу болды. Сонымен қатар, бұл жұмыста деректерді жіктеудің дәл және тиімді болатын оңтайлы әдіс тәсілдерін іздеу зерттелген. Қатысқан әрбір модельдің орындалу сапасын бағалау үшін бірқатар аналитикалық әдістер жасалды;

1. Пиксельді жіктеудің ең оңтайлы әдістері SVM (Radial Basis Function Kernel) және KNN модельдері болды

2. Қателер негізінен сұр топырақ класының ұқсастығына байланысты пайда болды, сондықтан осы үш топтың бөлінуін қайта қарастыру керек.

Яғни осы тақырып бойынша қойылған есептер шығарылып нәтижесінде пикселдің ең оңтайлы әдісі анықталды және сұр топырақ класын қарастыру барысындағы туындалған қателіктер өзге жолдарды немесе басқа деңгейлерді таңдауға мүмкіндік берді.

### **ӘДЕБИЕТТЕР**

Қазақстан Республикасының Жер кодексі 2003 жылғы 20 маусымдағы N 442 Кодексі // 01.01.2023 ж өзгертілген

Bhatnagar S., Gill L., Ghosh B., 2020 — *Bhatnagar S., Gill L., Ghosh B.* Drone image segmentation using machine and deep learning for mapping raised bog vegetation communities. *Remote Sensing*, 12(16). P. 2602, <https://doi.org/10.3390/rs12162602>

Crommelinck S., Koeva M., Yang M.Y., Vosselman G., 2019 — *Crommelinck S., Koeva M., Yang M.Y., Vosselman G.* Application of deep learning for delineation of visible cadastral boundaries from remote sensing imagery. *Remote sensing*, 11(21). P. 2505, <https://doi.org/10.3390/rs11212505>

Gorelick N., Hancher M., Dixon M., Ilyushchenko S., Thau D., Moore R., 2017 — *Gorelick N., Hancher M., Dixon M., Ilyushchenko S., Thau D., Moore R.* Google Earth Engine: Planetary - scale geospatial analysis for everyone. *Remote sensing of Environment*, 202. Pp 18–27, <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>

Khryashchev V., Larionov R., 2020 — *Khryashchev V., Larionov R.* Wildfire segmentation on satellite images using deep learning. In *2020 Moscow Workshop on Electronic and Networking Technologies (MWENT) IEEE*. Pp. 1–5, <https://doi.org/10.1109/MWENT47943.2020.9067475>.

Ma Z., Liu C., Xue H., Li J., Fang X., Zhou J., 2021 — *Ma Z., Liu C., Xue H., Li J., Fang X., Zhou J.* Identification of Winter Wheat by Integrating Active and Passive Remote Sensing Data Based on Google Earth Engine Platform. *Trans. Chin. Soc. Agric. Mach.*, 52. Pp.195–205.

Pan S., Zhao X., Yue Y., 2019 — *Pan S., Zhao X., Yue Y.* Spatiotemporal changes of NDVI and correlation with meteorological factors in northern china from 1985-2015. *E3S Web of Conferences*. – EDP Sciences, 131, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201913101040>

Pan Z., Xu J., Guo Y., Hu Y., Wang G., 2020 — *Pan Z., Xu J., Guo Y., Hu Y., Wang G.* Deep

learning segmentation and classification for urban village using a worldview satellite image based on U-Net. *Remote Sensing*, 12(10), P. 1574, <https://doi.org/10.3390/rs12101574>

Potapov V.P., Oparin V.N., Mikov L.S., Popov S.E., 2022 — *Potapov V.P., Oparin V.N., Mikov L.S., Popov S.E.* Information Technologies in Problems of Nonlinear Geomechanics. Part I: Earth Remote Sensing Data and Lineament Analysis of Deformation Wave Processes. *Journal of Mining Science*, 58(3). Pp. 486–502, <https://doi.org/10.1134/S1062739122030164>

Ren H., Zhou G., Zhang F., 2018 — *Ren H., Zhou G., Zhang F.* Using negative soil adjustment factor in soil-adjusted vegetation index (SAVI) for aboveground living biomass estimation in arid grasslands. *Remote Sensing of Environment*, 209. Pp. 439–445, <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.02.068>.

Schlosser A.D., Szabó G., Bertalan L., Varga Z., Enyedi P., Szabó S., 2020 — *Schlosser A.D., Szabó G., Bertalan L., Varga Z., Enyedi P., Szabó S.* Building extraction using orthophotos and dense point cloud derived from visual band aerial imagery based on machine learning and segmentation. *Remote Sensing*, 12(15). P. 2397, <https://doi.org/10.3390/rs12152397>

Shoko C., Mutanga O., Dube T., 2016 — *Shoko C., Mutanga O., Dube T.* Progress in the remote sensing of C3 and C4 grass species aboveground biomass over time and space. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 120. Pp. 13–24, <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2016.08.001>

Soloviev A.A., Zharkikh J.I., Krasnoperov R.I., Nikolov B.P., Agayan S.M., 2016 — *Soloviev A.A., Zharkikh J.I., Krasnoperov R.I., Nikolov B.P., Agayan S.M.* GIS-oriented solutions for advanced clustering analysis of geoscience data using ArcGIS platform. *Russian Journal of Earth Sciences*, 16(6). Pp. 1–6., doi:10.2205/2016ES000587.

Soni A., Koner R., Villuri V.G.K., 2020 — *Soni A., Koner R., Villuri V.G.K.* M-UNet: modified U-Net segmentation framework with satellite imagery. Proceedings of the Global AI congress. Springer, Singapore. Pp. 47–59.

Spadoni G.L., Cavalli A., Congedo L., Munafò M., 2020 — *Spadoni G.L., Cavalli A., Congedo L., Munafò M.* Analysis of Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) multi-temporal series for the production of forest cartography. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 20. P. 100419, <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2020.100419>

Wyniawskij N.S., Napiorkowska M., Petit D., Podder P., Marti P., 2019 — *Wyniawskij N.S., Napiorkowska M., Petit D., Podder P., Marti P.* Forest monitoring in guatemala using satellite imagery and deep learning. In *IGARSS 2019–2019 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium* Pp. 6598–6602.

Zou J., Ding J., Welp M., Huang S., Liu B., 2020 — *Zou J., Ding J., Welp M., Huang S., Liu B.* Using MODIS data to analyse the ecosystem water use efficiency spatial-temporal variations across Central Asia from 2000 to 2014. *Environmental research*, 182. P. 108985, <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.108985>

## REFERENCES

Bhatnagar S., Gill L., Ghosh B., 2020 — *Bhatnagar S., Gill L., Ghosh B.* Drone image segmentation using machine and deep learning for mapping raised bog vegetation communities. *Remote Sensing*, 12(16). P. 2602, <https://doi.org/10.3390/rs12162602>

Crommelinck S., Koeva M., Yang M.Y., Vosselman G., 2019 — *Crommelinck S., Koeva M., Yang M.Y., Vosselman G.* Application of deep learning for delineation of visible cadastral boundaries from remote sensing imagery. *Remote sensing*, 11(21). P. 2505, <https://doi.org/10.3390/rs11212505>

Gorelick N., Hancher M., Dixon M., Ilyushchenko S., Thau D., Moore R., 2017 — *Gorelick N., Hancher M., Dixon M., Ilyushchenko S., Thau D., Moore R.* Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote sensing of Environment*, 202. Pp 18–27, <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>

Khryashchev V., Larionov R., 2020 — *Khryashchev V., Larionov R.* Wildfire segmentation on satellite images using deep learning. In *2020 Moscow Workshop on Electronic and Networking Technologies (MWENT) IEEE*. Pp. 1–5, <https://doi.org/10.1109/MWENT47943.2020.9067475>.



Land Code of the Republic of Kazakhstan Code of the Republic of Kazakhstan № 442 of June 20, 2003 // amended on 01.01.2023

Ma Z., Liu C., Xue H., Li J., Fang X., Zhou J., 2021 — *Ma Z., Liu C., Xue H., Li J., Fang X., Zhou J.* Identification of Winter Wheat by Integrating Active and Passive Remote Sensing Data Based on Google Earth Engine Platform. *Trans. Chin. Soc. Agric. Mach.*, 52. Pp.195–205.

Pan S., Zhao X., Yue Y., 2019 — *Pan S., Zhao X., Yue Y.* Spatiotemporal changes of NDVI and correlation with meteorological factors in northern china from 1985–2015. E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 131, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201913101040>

Pan Z., Xu J., Guo Y., Hu Y., Wang G., 2020 — *Pan Z., Xu J., Guo Y., Hu Y., Wang G.* Deep learning segmentation and classification for urban village using a worldview satellite image based on U-Net. *Remote Sensing*, 12(10). P. 1574, <https://doi.org/10.3390/rs12101574>

Potapov V.P., Oparin V.N., Mikov L.S., Popov S.E., 2022 — *Potapov V.P., Oparin V.N., Mikov L.S., Popov S.E.* Information Technologies in Problems of Nonlinear Geomechanics. Part I: Earth Remote Sensing Data and Lineament Analysis of Deformation Wave Processes. *Journal of Mining Science*, 58(3). Pp. 486–502, <https://doi.org/10.1134/S1062739122030164>

Ren H., Zhou G., Zhang F., 2018 — *Ren H., Zhou G., Zhang F.* Using negative soil adjustment factor in soil-adjusted vegetation index (SAVI) for aboveground living biomass estimation in arid grasslands. *Remote Sensing of Environment*, 209. Pp. 439–445, <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.02.068>

Schlosser A.D., Szabo G., Bertalan L., Varga Z., Enyedi P., Szabo S., 2020 — *Schlosser A.D., Szabo G., Bertalan L., Varga Z., Enyedi P., Szabo S.* Building extraction using orthophotos and dense point cloud derived from visual band aerial imagery based on machine learning and segmentation. *Remote Sensing*, 12(15). P. 2397, <https://doi.org/10.3390/rs12152397>

Shoko C., Mutanga O., Dube T., 2016 — *Shok, C., Mutanga O., Dube T.* Progress in the remote sensing of C3 and C4 grass species aboveground biomass over time and space. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 120. Pp. 13–24, <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2016.08.001>

Soloviev A.A., Zharkikh J.I., Krasnoperov R.I., Nikolov B.P., Agayan S.M., 2016 — *Soloviev A.A., Zharkikh J.I., Krasnoperov R.I., Nikolov B.P., Agayan S.M.* GIS-oriented solutions for advanced clustering analysis of geoscience data using ArcGIS platform. *Russian Journal of Earth Sciences*, 16(6). Pp. 1–6., doi:10.2205/2016ES000587

Soni A., Koner R., Villuri V.G.K., 2020 — *Soni A., Koner R., Villuri V.G.K.* M-UNet: modified U-Net segmentation framework with satellite imagery. Proceedings of the Global AI congress. Springer, Singapore. Pp. 47–59.

Spadoni G.L., Cavalli A., Congedo L., Munafo M., 2020 — *Spadoni G.L., Cavalli A., Congedo L., Munafo M.* Analysis of Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) multi-temporal series for the production of forest cartography. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 20. P. 100419, <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2020.100419>

Wyniawskij N.S., Napiorkowska M., Petit D., Podder P., Marti P., 2019 — *Wyniawskij N.S., Napiorkowska M., Petit D., Podder P., Marti P.* Forest monitoring in guatemala using satellite imagery and deep learning. In *IGARSS 2019–2019 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*. Pp. 6598–6601.

Zou J., Ding J., Welp M., Huang S., Liu B., 2020 — *Zou J., Ding J., Welp M., Huang S., Liu B.* Using MODIS data to analyse the ecosystem water use efficiency spatial-temporal variations across Central Asia from 2000 to 2014. *Environmental research*, 182. P. 108985, <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.108985>

**МАЗМҰНЫ**

<b>А. Адамова, Т. Жукабаева, Е. Марденов</b> ЗАТТАР ИНТЕРНЕТІ: ЖЕҢІЛДІК АЛГОРИТМДЕРДІҢ ДАМУЫ ЖӘНЕ БОЛАШАҒЫ.....	5
<b>Г. Алпысбай, А. Бедельбаев, О. Усагова, А. Жұмабекова, Эдзард Хофиг</b> ЗИЯНДЫ БАҒДАРЛАМАЛЫҚ ЖАБДЫҚТАРДЫ ТАЛДАУДА МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ АЛГОРИТМІН ҚОЛДАНУ.....	21
<b>А.У. Алтаева, А.Ш. Каипова, А.У. Мухамеджанова, Г.К. Оспанова</b> МЕДИЦИНАДА ЧАТ-БОТТАРДЫ ҚОЛДАНУ ПЕРСПЕКТИВАЛАРЫ.....	32
<b>Г.А. Анарбекова, Н.Н. Оспанова, Д.Ж. Анарбеков</b> НОРМАЛАНҒАН КІРІС ВЕКТОРЛАРЫ: ДЕРЕКТЕРДІ ДАЙЫНДАУДЫҢ БАСТАПҚЫ КЕЗЕҢІ.....	40
<b>А.Е. Әбжанова, А.И. Такуадина, С.К. Сагнаева, С.К. Серикбаева, Г.Т. Азиева</b> ТОПЫРАҚТЫ ТЕХНИКАЛЫҚ МЕЛИОРАЦИЯЛАУ ӘДІСТЕРІНДЕ АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДІ ПАЙДАЛАНУ.....	55
<b>К.Н. Әлібекова, Ж.М. Алимжанова, С.С. Байзакова</b> СЫМСЫЗ СЕНСОРЛЫҚ ЖЕЛІЛЕР ҮШІН БЛОКТЫҚ ШИФРЛАРДЫҢ ӨНІМДІЛІГІН БАҒАЛАУ.....	70
<b>К.Б. Багитова, Ш.Ж. Мүсірәлиева, М.А. Болатбек, Р.Қ. Оспанов</b> ИНТЕРНЕТТЕ ЭКСТРЕМИСТІК МАЗМҰНДЫ АНЫҚТАУҒА АРНАЛҒАН EXWEB БАҒДАРЛАМАЛЫҚ ЖАБДЫҚТАМАСЫН ӨЗІРЛЕУ.....	81
<b>А.Ш. Баракова, О.А. Усагова, А.С. Орынбаева</b> ВЕБ САЙТТАРДАҒЫ САНДЫҚ РЕСУРСТАРДЫ СТЕГАНОГРАФИЯ ӘДІСІМЕН ҚОРҒАУДЫҢ МОДЕЛІ.....	96
<b>А.С. Омарбекова, А.Е. Назырова, Н. Тасболатұлы, Б.Ш. Разахова</b> ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫ ELEARNING ЖҮЙЕСІНІҢ ОНТОЛОГИЯЛЫҚ МОДЕЛІ ЖӘНЕ ОҚЫТУ НӘТИЖЕЛЕРІ.....	108
<b>М.Қ. Болсынбек, Г.Б. Абдикеримова, С.К. Серикбаева, А.Ж. Танирбергенов, Ж.К. Тасжурекова</b> ТОПЫРАҚ ЖӘНЕ ТОПЫРАҚ ЭРОЗИСЫН БОЛЖАУЖЫҢ АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕЛЕРІ МЕН ӘДІСТЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	128
<b>Л.З. Жолшиева, Т.К. Жукабаева, Ш. Тураев, М.А. Бердиева, Б.А. Ху Вен-Цен</b> LSTM ЖӘНЕ GRU ҮЛГІЛЕРІ НЕГІЗІНДЕ ҚАЗАҚ ДАКТИЛЬДЕРІН ТАҢУДЫҢ ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫ ЖҮЙЕСІН ҚҰРУ.....	141
<b>М.Д. Кабибуллин, Б.Б. Оразбаев, К.Н. Оразбаева, С.Ш. Исакова, Ж.Ш. Аманбаева</b> КҮРДЕЛІ ХИМИЯЛЫҚ-ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕР АГРЕГАТТАРЫНЫҢ МОДЕЛЬДЕРІН БАСТАПҚЫ АҚПАРАТТЫҢ ЖЕТІСПЕУШІЛІГІ МЕН АЙҚЫНСЫЗДЫҒЫ ЖАҒДАЙЫНДА ҚҰРУ.....	154

<b>М.Ж. Қалдарова, А.С. Аканова, М.Г. Гриф, У.Ж. Айтимова, А.С. Муканова</b> ТОПЫРАҚ ЖАҒДАЙЫН БАҒАЛАУ ҮШІН ҚОЛДАНЫЛАТЫН ҒАРЫШТЫҚ СУРЕТТЕРДІ ӨНДЕУ АЛГОРИТМДЕРІ МЕН ӘДІСТЕРІ.....	172
<b>К. Келесбаев, Ш. Раманкулов, М. Нуризинова, А. Паттаев, Н. Мұсахан</b> STEM ЖОБАЛЫҚ ОҚЫТУДЫҢ БОЛАШАҚ ФИЗИКА МАМАНДАРЫН ДАЯРЛАУДАҒЫ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ.....	193
<b>А.Е. Кулакаева, Е.А. Дайнеко, А.З. Айтмагамбетов, А.Т. Жетписбаева, Б.А. Кожаметова</b> ШАҒЫН ҒАРЫШ АППАРАТЫ ОРБИТАСЫНЫҢ СИПАТТАМАЛАРЫНЫҢ СПУТНИКТИК РАДИО МОНИТОРИНГ ЖҮЙЕСІНІҢ ПАРАМЕТРЛЕРІНЕ ӘСЕРІ ТУРАЛЫ.....	208
<b>А.Е. Назырова, Г.Т. Бекманова, А.С. Муканова, Н. Амангелді, М.Ж. Қалдарова</b> БІЛІМ БЕРУ БАҒДАРЛАМАЛАРЫ ҮШІН АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН ЖҮЙЕНІ ӨЗІРЛЕУ.....	221
<b>А.Б. Тоқтарова, Б.С. Омаров, Ж.Ж. Ажибекова, Г.И. Бейсенова, Р.Б. Абдрахманов</b> ОНЛАЙН КОНТЕНТТЕГІ БЕЙӘДЕП СӨЗДЕР МӘЛІМЕТТЕР ҚОРЫН DATA MINING АРҚЫЛЫ АНАЛИЗДЕУ.....	237
<b>Ә.Б. Тынымбаев, К.С. Байшоланова, К.Е. Кубаев</b> АҚПАРАТТЫ ҚОРҒАУ ЖҮЙЕЛЕРІНДЕГІ NAVIVE BAYESIAN ЖІКІТІУШСІН ҚОЛДАНУ.....	252
<b>Г.Қ. Шаметова, А.Ә. Шәріпбай, Б.Ф. Сайлау</b> ҚОЛЖЕТІМДІЛІКТІ БАСҚАРУ ЖҮЙЕЛЕРІНДЕГІ ҚҰПИЯНЫ БӨЛҮДІҢ КРИПТОГРАФИЯЛЫҚ СҰЛБАЛАРЫН ТАЛДАУ.....	261
<b>Г.Б. Абдикеримова, А.Ә. Шекербек, М.Г. Байбулова, С.К. Абдикаримова, Ш.Ш. Жолдасова</b> КЕУДЕ ПАТОЛОГИЯСЫН АВТОКОРРЕЛЯЦИЯЛЫҚ ФУНКЦИЯ АРҚЫЛЫ АНЫҚТАУ.....	274

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>А. Адамова, Т. Жукабаева, Е. Марденов</b> ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЛЕГКОВЕСНЫХ АЛГОРИТМОВ.....	5
<b>Г. Алпысбай, А. Бедельбаев, О. Усагова, А. Жумабекова, Эдзарт Хофиг</b> ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМА МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА ВРЕДОНОСНОГО ПО.....	21
<b>А.У. Алтаева, А.Ш. Каипова, А.У. Мухамеджанова, Г.К. Оспанова</b> ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЧАТ-БОТОВ В МЕДИЦИНЕ.....	32
<b>Г.А. Анарбекова, Н.Н. Оспанова*, Д.Ж. Анарбеков</b> НОРМАЛИЗОВАННЫЕ ВХОДНЫЕ ВЕКТОРЫ: ПЕРВИЧНЫЙ ЭТАП ПОДГОТОВКИ ДАННЫХ.....	40
<b>А.Е. Абжанова, А.И. Такуадина, С.К. Сагнаева, С.К. Серикбаева, Г.Т. Азиева</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В МЕТОДАХ ТЕХНИЧЕСКИХ МЕЛИОРАЦИЙ ГРУНТОВ.....	55
<b>К.Н. Алибекова, Ж.М. Алимжанова, С.С. Байзакова</b> ОЦЕНКА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ БЛОЧНЫХ ШИФРОВ ДЛЯ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ.....	70
<b>К.Б. Багитова, Ш.Ж. Мусиралиева, М.А. Болатбек, Р.К. Оспанов</b> РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ EXWEB ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ЭКСТРЕМИСТСКОГО КОНТЕНТА В СЕТИ ИНТЕРНЕТ.....	81
<b>А.Ш. Баракова, О.А. Усагова, А.С. Орынбаева</b> РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ЗАЩИТЫ ЦИФРОВЫХ WEB РЕСУРСОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ СТЕГАНОГРАФИИ.....	96
<b>А.С. Омарбекова, А.Е. Назырова, Н. Тасболатұлы, Б.Ш. Разахова</b> ОНТОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ.....	108
<b>М.Қ. Болсынбек, Г.Б. Абдикеримова, С.К. Серикбаева, А.Ж. Танирбергенов, Ж.К. Тасжурекова</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ И МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОЧВЕННОЙ И ПОЧВЕННОЙ ЭРОЗИИ.....	128
<b>Л.З. Жолшиева, Т.К. Жукабаева, Ш. Тураев, М.А. Бердиева, Б.А. Ху Вен-Цен</b> РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ КАЗАХСКИХ ДАКТИЛЬНЫХ ЖЕСТОВ НА ОСНОВЕ МОДЕЛЕЙ LSTM И GRU.....	141
<b>М.Д. Кабибуллин, Б.Б. Оразбаев, К.Н. Оразбаева, С.Ш. Искакова, Ж.Ш. Аманбаева</b> РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ АГРЕГАТОВ СЛОЖНЫХ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ДЕФИЦИТА И НЕЧЕТКОСТИ ИСХОДНОЙ ИНФОРМАЦИИ.....	154

<b>М.Ж. Калдарова, А.С. Аканова, М.Г. Гриф, У.Ж. Айтимова, А.С. Муканова</b> АЛГОРИТМЫ И МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ПОЧВ.....	172
<b>К. Келесбаев, Ш. Раманкулов, М. Нуризинова, А. Паттаев, Н. Мұсахан</b> ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТНОГО ОБУЧЕНИЯ STEM В ПОДГОТОВКЕ БУДУЩИХ СПЕЦИАЛИСТОВ ПО ФИЗИКЕ.....	193
<b>А.Е. Кулакаева, Е.А. Дайнеко, А.З. Айтмагамбетов, А.Т. Жетписбаева, Б.А. Кожаметова</b> О ВЛИЯНИИ ХАРАКТЕРИСТИК ОРБИТЫ МАЛОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА НА ПАРАМЕТРЫ СИСТЕМЫ СПУТНИКОВОГО РАДИОМОНИТОРИНГА.....	208
<b>А.Е. Назырова, Г.Т. Бекманова, А.С. Муканова, Н. Амангелді, М.Ж. Калдарова,</b> РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ.....	221
<b>А.Б. Токгарова, Б.С. Омаров, Ж.Ж. Ажибекова, Г.И. Бейсенова, Р.Б. Абдрахманов</b> АНАЛИЗ НЕОБРАЗНЫХ СЛОВ В ОНЛАЙН-КОНТЕНТЕ С ПОМОЩЬЮ DATA MINING.....	237
<b>Ә.Б. Тынымбаев, К.С. Байшоланова, К.Е. Кубаев</b> ПРИМЕНЕНИЕ НАИВНОГО БАЙЕСОВСКОГО КЛАССИФИКАТОРА В СИСТЕМАХ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ.....	252
<b>Г.Қ. Шаметова, А.Ә. Шәріпбай, Б.Ғ. Сайлау</b> АНАЛИЗ КРИПТОГРАФИЧЕСКИХ СХЕМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЕКРЕТОВ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ.....	261
<b>Г.Б. Абдикеримова, А.А. Шекербек, М.Г. Байбулова, С.К. Абдикаримова,</b> <b>Ш.Ш. Жолдасова</b> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРУДНОЙ ПАТОЛОГИИ С ПОМОЩЬЮ ФУНКЦИИ АВТОКОРРЕЛЯЦИИ.....	274

**CONTENTS**

<b>A. Adamova, T. Zhukabayeva, Y. Mardenov</b> INTERNET OF THINGS: STATUS AND PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF LIGHTWEIGHT ALGORITHMS.....	5
<b>G. Alpysbay, A. Bedelbayev, O. Ussatova, A. Zhumabekova, Edzard Höfig</b> APPLICATION OF MACHINE LEARNING ALGORITHM IN THE ANALYSIS OF MALICIOUS SOFTWARE.....	21
<b>A.U. Altaeva, A.S. Kaipova, A.U. Mukhamejanova, G.K. Ospanova</b> PROSPECTS OF USING CHATBOTS IN MEDICINE.....	32
<b>G.A. Anarbekova, N.N. Ospanova, D.Zh. Anarbekov</b> NORMALIZED INPUT VECTORS: THE PRIMARY STAGE OF DATA PREPARATION.....	40
<b>A.E. Abzhanova, A.I. Takuadina, S.K. Sagnaeva, S.K. Serikbayeva, G.T. Azieva</b> THE USE OF INFORMATION SYSTEMS IN THE METHODS OF TECHNICAL SOIL RECLAMATION.....	55
<b>K. Alibekova, Zh. Alimzhanova, S.S. Baizakova</b> RATING VALUATION OF BLOCK CIPHERS FOR WIRELESS SENSOR NETWORKS.....	70
<b>K.B. Bagitova, Sh.Zh. Mussiraliyeva, M.A. Bolatbek, R.K. Ospanov</b> DEVELOPMENT OF EXWEB SOFTWARE FOR DETECTING EXTREMIST CONTENT ON THE INTERNET.....	81
<b>A.Sh. Barakova, O.A. Usatova, A.S. Orynbaeva</b> DIGITAL RESOURCES ON WEBSITES MODEL OF PROTECTION BY STEGANOGRAPHY.....	96
<b>A.S. Omarbekova, A.E. Nazyrova, N. Tasbolatuly, B.Sh. Razakhova</b> ONTOLOGICAL MODEL OF AN INTELLIGENT E-LEARNING SYSTEM AND LEARNING OUTCOMES.....	108
<b>M. Bolsynbek, G. Abdikerimova, S. Serikbayeva, A. Tanirbergenov, Zh. Taszhurekova</b> RESEARCH OF INFORMATION SYSTEMS AND METHODS OF FORECASTING SOIL AND SOIL EROSION.....	128
<b>L. Zholshiyeva, T. Zhukabayeva, Sh. Turaev, M. Berdieva, B. Khu Ven-Tsen</b> DEVELOPMENT OF AN INTELLECTUAL SYSTEM FOR RECOGNIZING KAZAKH DACTYL GESTURES BASED ON LSTM AND GRU MODELS.....	141
<b>M. Kabibullin, B. Orazbayev, K. Orazbayeva, S. Iskakova, Zh. Amanbayeva</b> DEVELOPMENT OF MODELS OF UNITS OF COMPLEX CHEMICAL-TECHNOLOGICAL SYSTEMS UNDER CONDITIONS OF DEFICIENCY AND FUZZY OF INITIAL INFORMATION.....	154
<b>M.Zh. Kaldarova, A.S. Akanova, M.G. Grif, U.Zh. Aitimova, A.S. Mukanova</b> ALGORITHM AND METHOD OF PROCESSING SPACE PHOTOS FOR ASSESSMENT OF SOIL.....	172

<b>K. Kelesbaev, Sh. Ramankulov, M. Nurizinova, A. Pattaev, N. Mussakhan</b> FEATURES OF STEAM PROJECT TRAINING IN THE PREPARATION OF FUTURE SPECIALISTS IN PHYSICS.....	193
<b>A.E. Kulakayeva, Y.A. Daineko, A.Z. Aitmagambetov, A.T. Zhetpisbaeva, B.A. Kozhakhmetova</b> ABOUT THE INFLUENCE OF THE ORBIT CHARACTERISTICS OF A SMALL SPACECRAFT ON THE PARAMETERS OF THE SATELLITE RADIO MONITORING SYSTEM.....	208
<b>A.E. Nazyrova, G.T. Bekmanova, A.S. Mukanova, N. Amangeldi, M.Zh. Kaldarova</b> DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED SYSTEM FOR EDUCATIONAL PROGRAMS.....	221
<b>A.B. Toktarova, B.S. Omarov, Zh.Zh. Azhibekova, G.I. Beissenova, R.B. Abdrakhmanov</b> ANALYSIS OF HATE SPEECH WORDS IN ONLINE CONTENT BY USING DATA MINING.....	237
<b>A.B. Tynymbayev, K.S. Baisholanova, K.Ye. Kubaev</b> APPLICATION OF NAVIVE BAYESIAN CLASSIFIER IN INFORMATION PROTECTION SYSTEMS.....	252
<b>G.K. Shametova, A.A. Sharipbay, B.G. Sailau</b> ANALYSIS OF CRYPTOGRAPHIC SECRET DISTRIBUTION SCHEMES IN ACCESS CONTROL SYSTEMS.....	261
<b>G.B. Abdikerimova, A.A. Shekerbek, M.G. Baibulova, S.K. Abdikarimova, Sh.Sh. Zholdassova</b> CHEST PATHOLOGY DETERMINATION THROUGH AUTOCORRELATION FUNCTION.....	274

**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](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://www.nauka-nanrk.kz)**

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

**ISSN 2518-1726 (Online),**

**ISSN 1991-346X (Print)**

Заместитель директор отдела издания научных журналов НАН РК *Р. Жалиқызы*

Редакторы: *М.С. Ахметова, Д.С. Аленов*

Верстка на компьютере *Г.Д. Жадыранова*

Подписано в печать 12.06.2023.

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

19,0 п.л. Тираж 300. Заказ 2.