

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 ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF
KAZAKHSTAN

PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES

4 (352)

OCTOBER – DECEMBER 2024

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:

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

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

ЖҮСІПОВ 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 Жабағаұлы, 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), Нанокұрылымды 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/

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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-ЖК**, 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/>

УДК 28.23.29

МРНТИ 28.17.2

©L. Naizabayeva¹, M.N. Satymbekov^{2*}, 2024.

¹International Information Technology University Almaty, Kazakhstan;

Al-Farabi Kazakh National University Almaty, Kazakhstan.

E-mail: m.n.satymbekov@gmail.com

PREDICTING URBAN SOIL POLLUTION USING MACHINE LEARNING ALGORITHMS

Lyazat Naizabayeva – Associate Professor at International Information Technology University, Almaty, Kazakhstan, email: l.naizabayeva@edu.iitu.kz, Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4860-7376>;

Maxatbek Satymbekov (Corresponding author) – PhD, senior researcher at International Information Technology University, Almaty, Kazakhstan, email: m.n.satymbekov@gmail.com, Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4621-6646>.

Abstract. Different cities of the world are facing heavy metal pollution in soils at different levels. Previous studies have found that heavy metal concentrations in urban soils tend to increase with increasing levels of urbanization, indicating a link between heavy metal content in soils and urban expansion. Thus, understanding this relationship and considering factors related to urbanization to create reliable predictions of heavy metal distribution in soils can contribute to effective management of urban health. This study examines the sources, distribution, and environmental effects of heavy metals. These elements accumulate in soil due to vehicle emissions, tire and brake wear, and abrasion of road surfaces, which carry significant environmental and health risks. The presence of heavy metals in road soil can detrimentally affect plant growth, enter the food chain, and pose a direct threat to human health when contaminated soil is ingested, or dust particles are inhaled. In this study, a random forest (RF) machine learning model was applied to predict the extent of heavy metals in soil along highways. The results showed that the RF model has high accuracy in predicting the spatial distribution of heavy metals in soil.

Keywords: Urban highways; heavy metals in soil; data analysis; pollution source identification; environmental risk, RF.

Funding. This research has been funded by of the project number by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No AP19678926).

©Л. Найзабаева¹, М.Н. Сатымбеков^{2*}, 2024.

¹Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті, Алматы, Қазақстан;

² Өл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Алматы, Қазақстан.

e-mail: m.n.satymbekov@gmail.com

МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ АЛГОРИТМДЕРІН ПАЙДАЛАНУ АРҚЫЛЫ ҚАЛА ТОПЫРАҒЫНЫҢ ЛАСТАНУЫН БОЛЖАУ

Лязат Найзабаева – Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті, қауымдастырылған профессор, Алматы, Қазақстан, email: l.naizabayeva@edu.iitu.kz. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4860-7376>;

Сатымбеков Максатбек Нургалиулы – Өл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті доцент м.а., Қазақстан, Алматы, email: m.n.satymbekov@gmail.com, Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4621-6646>.

Аннотация. Дүние жүзіндегі әртүрлі қалалар топырақтың әртүрлі деңгейде ауыр металдармен ластануымен бетпе-бет келеді. Алдыңғы зерттеулер қалалық топырақтағы ауыр металдардың концентрациясы урбанизация деңгейінің артуымен жоғарылайтынын анықтады, бұл топырақтағы ауыр металл деңгейлері мен қаланың кеңеюі арасындағы байланысты көрсетеді. Осылайша, осы байланысты түсіну және топырақта ауыр металдардың таралуының сенімді болжамдарын жасау үшін урбанизациямен байланысты факторларды қосу қалалық топырақты тиімді басқаруға ықпал ете алады. Бұл зерттеу ауыр металдардың көздерін, таралуын және қоршаған ортаға әсерін зерттейді. Бұл элементтер топырақта көліктердің шығарындылары, шиналар мен тежегіштердің тозуы, жол жамылғыларының абразивті бұзылуы салдарынан жиналады, бұл қоршаған ортаға және денсаулыққа айтарлықтай қауіп төндіреді. Жол топырағында ауыр металдардың болуы өсімдіктердің өсуіне кері әсер етіп, қоректік тізбекке еніп, ластанған топырақты жұту немесе шаң бөлшектерін ингаляциялар арқылы адам денсаулығына тікелей қауіп төндіруі мүмкін. Бұл зерттеуде тас жолдар бойындағы топырақтағы ауыр металдардың дәрежесін болжау үшін кездейсоқ орман (RF) әдісін қолданатын машиналық оқыту моделі қолданылды. Нәтижелер РЖ моделінің топырақтағы ауыр металдардың кеңістікте таралуын болжауда өте дәл екенін көрсетті.

Түйін сөздер: қалалық жолдар, топырақтағы ауыр металдар, деректерді талдау, ластау көздерін анықтау, экологиялық қауіп, RF.

©Л. Найзабаева¹, М.Н. Сатымбеков^{2*}, 2024.

¹Международный университет информационных технологий,
Алматы, Казахстан;

²Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан.
e-mail: m.n.satymbekov@gmail.com

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГОРОДСКОЙ ПОЧВЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Лязат Найзабаева – Международный университет информационных технологий, ассоциированный профессор, Казахстан, Алматы, email: l.naizabayeva@edu.iitu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-4860-7376>;

Сатымбеков Максатбек Нурғалиулы – Казахский национальный университет имени аль-Фараби, и.о. доцента, Казахстан, Алматы, email: m.n.satymbekov@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4621-6646>.

Аннотация. Различные города мира сталкиваются с загрязнением почв тяжелыми металлами на разных уровнях. Ранее проведенные исследования выявили, что концентрация тяжелых металлов в городских почвах, как правило, возрастает с увеличением уровня урбанизации, что указывает на связь между содержанием тяжелых металлов в почвах и процессом расширения городов. Таким образом, понимание этой взаимосвязи и учет факторов, связанных с урбанизацией, для создания надежных прогнозов распределения тяжелых металлов в почвах могут способствовать эффективному управлению состоянием городских почв. В данном исследовании рассматриваются источники, распределение и влияние на окружающую среду тяжелых металлов. Эти элементы накапливаются в почве вследствие выбросов транспорта, износа шин и тормозов, а также абразивного разрушения дорожного покрытия, что несет значительные экологические и медицинские риски. Наличие тяжелых металлов в дорожной почве может пагубно влиять на рост растений, попадать в пищевую цепь и представлять прямую угрозу здоровью человека при проглатывании загрязненной почвы или вдыхании пылевых частиц. В этом исследовании для прогнозирования степени тяжелых металлов в почве вдоль автодорог была применена модель машинного обучения с использованием метода случайного леса (RF). Результаты показали, что модель RF отличается высокой точностью прогнозирования пространственного распределения тяжелых металлов в почве.

Ключевые слова: городские автодороги, тяжелые металлы в почве, анализ данных, идентификация источников загрязнения, экологический риск, RF.

Introduction. Urban areas are often considered more polluted than other regions, and many studies on heavy metal soil contamination have been conducted in urban areas (Ahmad, 2010). However, soils in peri-urban areas not only contain exogenous heavy metal pollutants that migrate from urban areas to their entry points,

but also overlap with increasingly heavy metal emissions from human activities and industrial production in urban fringes, resulting in the deterioration of soil heavy metal pollution in urban fringes (Bignal, 2007). Thus, soil heavy metal pollution in urban roadways is more serious and complex than in suburban areas (Chen, 2010). Motor vehicles are characterized by highly diverse and that leads to simultaneous exposure to several emission sources (Chen, 2016). The study and prediction of heavy metal contamination of soil is important for the implementation of strategies to protect the environmental health and safety of residents (Feng, 2019).

Machine learning has become an important tool in environmental research, especially for analyzing and predicting complex processes such as soil contamination. In recent years, various machine learning models have been successfully applied to estimate soil characteristics such as particle size distribution (Fröhlichová, 2018; Gu, 2014) and erosion rate (Hasnaoui, 2020). However, the use of machine learning to predict soil contamination, especially in urban areas, remains understudied (Jankowski, 2015). This is because data in such settings are subject to many factors, including transportation emissions, industrial pollution, and landscape features (Li, 2022).

Among the machine learning methods used to analyze environmental data, Random Forest (RF) stands out (Mazur, 2013). Studies have shown that RF provides high accuracy in predicting pollution parameters due to its ability to detect nonlinear dependencies and to handle emissions and missing values in the data in a stable manner (Mohammed, 2016, Nabulo, 2006).

Ensemble methods such as random forest and gradient boosting have become particularly popular for soil and water contamination assessment. For example, random forest has been used to predict the concentration of heavy metals in soil and identify key factors affecting the level of contamination (Radziemska, 2015; Rodriguez-Flores, 2020). In a recent study, the random forest method was successfully applied to assess the determinants of nitrate concentration in water bodies, highlighting its ability to analyze complex interactions between variables (Shi, 2008).

Random Forest (RF) machine learning method was applied in this study. This method, which is one of the most popular ensemble techniques, allows efficient processing of large amounts of data and reveals complex dependencies between variables. The application of RF in this study aims to improve the accuracy of predicting soil pollution parameters in complex urban landscapes.

Methods and materials.

To achieve the research objectives, Random Forest (RF) method was chosen as the main machine learning model for predicting soil contamination level (Xu, 2014; Yu, 2016). Several machine learning methods such as Support Vector Machine (SVM) and Extreme Gradient Boosting (XGBoost) were used for comparison (Wu, 2019).

The city of Almaty, an urban area with high population density and intensive

transportation and industrial activity, was selected for this study. The choice of this area is due to the significant level of anthropogenic impact on the environment, which makes it suitable for analyzing factors affecting soil contamination. Soil samples and environmental data were collected at key points throughout the study area to account for spatial variations in pollutant concentrations. Data on soil contamination parameters were taken from the Institute of Plant Biology and Biotechnology. The elements Cd, As, Pb were selected as a dataset for predicting heavy metal pollution in soils near highways. Interpolation and normalization techniques were used to equalize the data and improve the quality of analysis. The data were divided into training (70%) and test (30%) samples to verify the quality of the model.

Metrics such as root mean square error (RMSE), coefficient of determination (R^2) and mean absolute error (MAE) were used to assess the accuracy of the model. These metrics were used to determine how well the model predicts the level of soil contamination in the test sample. The methods applied in the study provide an integrated approach to predicting soil pollution and allow for a deeper understanding of the impact of various factors on the ecological state of the urban environment.

The Random Forest model is a versatile tool that performs well on classification and regression tasks. Its high accuracy and robustness to overfitting has made it a popular choice for data analysts and engineers, especially for working with large and complex data. Initially, the algorithm randomly creates several subsamples of data from the original set using the bootstrap (random sampling with return) method. This means that some objects may be present in a subsample multiple times and some objects may be absent. For the classification task, each tree “votes” for one of the classes, and the final prediction is chosen by majority vote. The prediction formula for RF in a regression problem looks like this:

$$y = \operatorname{argmax} \sum_{k=1}^K I(T_k(x) = y), \quad (1)$$

where $T_k(x)$ is the k -th tree’s prediction for object x , and I is an indicator function equal to 1 if the tree voted for class y , and 0 otherwise. Figure-1 shows the structure of the RF model.

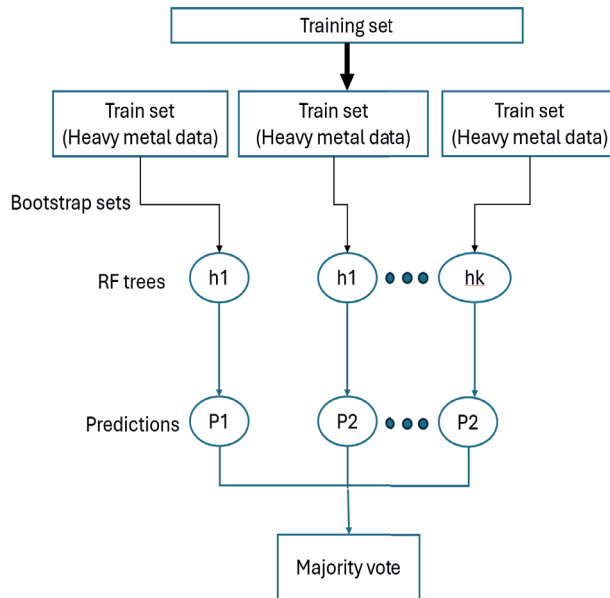


Figure 1. Structure of the RF model

The process of predicting the spatial distribution of heavy metals using Random Forest (RF) model includes the following steps: data collection, modeling, spatial visualization and analysis of results. Figure 2 shows the detailed workflow.

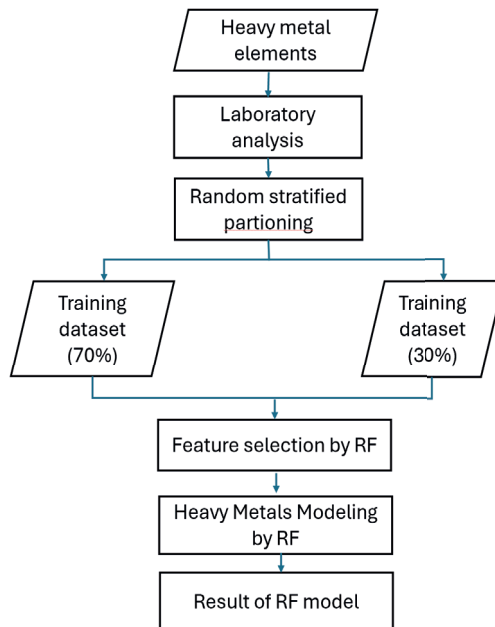


Figure 2. Workflow of analysis of heavy metal elements based on RF model.

Analytical precision, expressed as relative standard deviation, is usually less than 5%. The main statistical indicators of heavy metal test results are presented in Table 1.

Tab. 1. Statistics of heavy metals concentration

Heavy metals (mg kg)	Mean	Standart deviation	Min	Max	Coefficient of variation.
Cd	0.76	0.32	0.51	1.55	27
As	5.03	3.61	3.61	16.63	56
Pb	12.94	12.94	11.91	44.12	30

Results and discussion.

Several samples of Cd, As and Pb concentrations were evenly divided into training and test samples. 30% of the training samples were used to train different heavy metal models using SVM, RF and XGBoost algorithms. After optimizing a few parameters, test samples were added to the optimized model, on which the accuracy of the model was tested and evaluated.

The R2, RMSE and MSE statistics for each model are presented in Table 2. Moreover, RF and XgBoost are better than SVM. Comprehensive analysis of the three evaluation metrics, RF prediction has good performance.

Table 2- Models statistics

Models	Heavy metals	Pb	Cd	As
XGBoost	R ²	-0,529	0,901	0,716
	MAE	9,032	0,039	4,668
	RMSE	17,026	0,049	8,681
SVM	R ²	-0,868	-0,282	-0,169
	MAE	0,061	0,053	0,077
	RMSE	0,081	0,076	0,139
RF	R ²	-0,236	-0,065	-0,077
	MAE	7,196	0,103	3,517
	RMSE	11,072	0,076	8,348

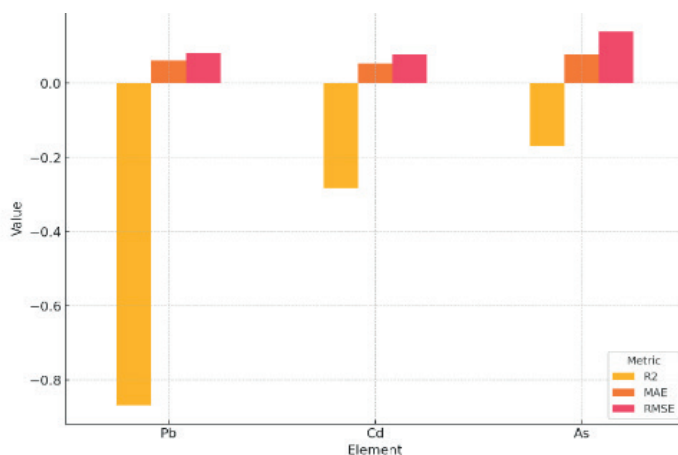


Figure 3. The coefficient of determination and error of SVM s model

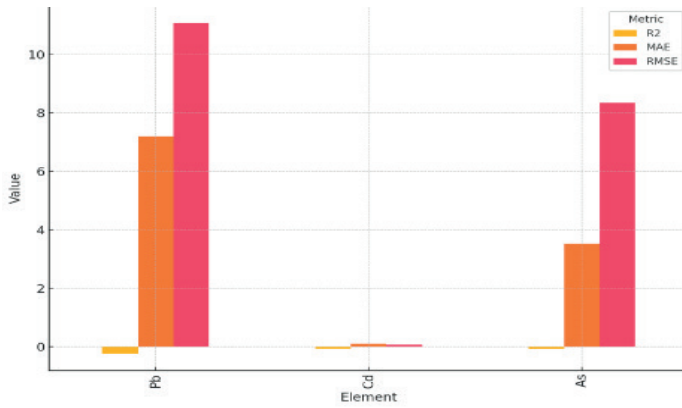


Figure 4. The coefficient of determination and error of RF s model

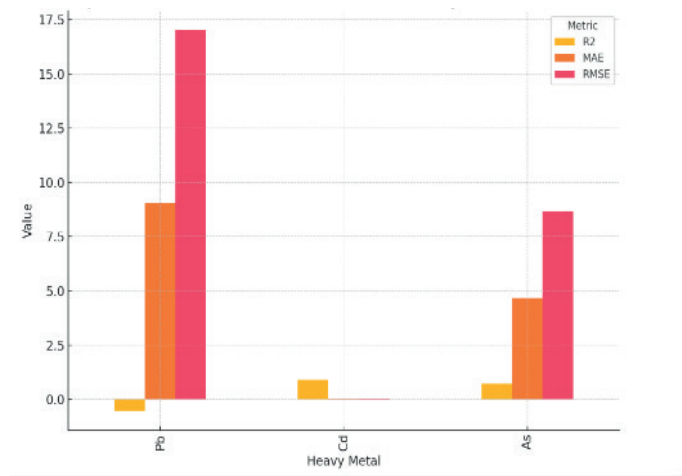


Figure 5. The coefficient of determination and error of XGBoost s model

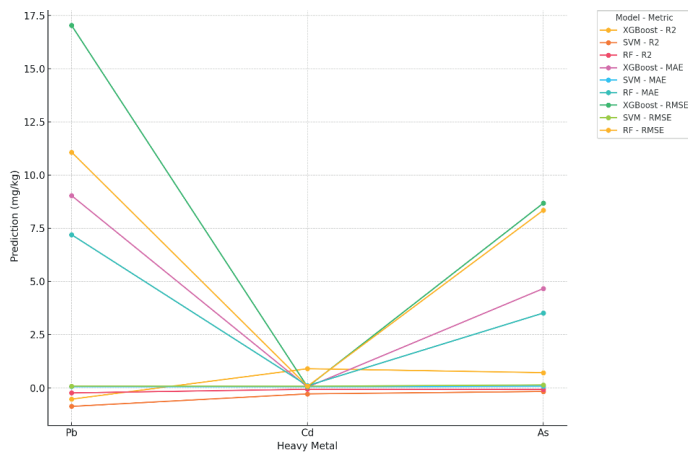


Figure 6. Comparison of RF, SVM, XGBoost models

Calculations of evaluation metrics including RMSE, MAE and R^2 as well as several rounds of parameter tuning showed that the RF model exhibits the best performance. Therefore, it was selected as the most stable for this task. Table 2 notes the key points: The coefficient of determination R^2 of the RF model for the validation set is close to the R^2 of the training set, indicating the high stability of the model and its ability to avoid overfitting. The ranking of prediction performance based on prediction performance is as follows (from highest to lowest): As, Pb, Cd,. This indicates that the model most accurately predicts As and Pb content. The stability and generalizability of the model in predicting the heavy metal content of As, Pb and Cd is confirmed by the high value of R^2 small difference between the R^2 of the training and validation sets. This indicates good stability and reliability of the model. Analysis of MAE and RMSE errors shows that the values of these indicators for the training set are lower than for the test set, which indicates a high level of forecast accuracy.

Conclusion

The conducted study of models for predicting heavy metal content in soil showed that the R^2 model provides the best accuracy and reliability compared to SVM and XGBoost. This advantage can be attributed to its ability to effectively capture complex dependencies and robustness to anomalous values, which is particularly important when dealing with environmental data. The R^2 model not only performed better on key metrics, but also proved easier to interpret, making it valuable for use in ecological monitoring and management decisions. Future research may benefit from further tuning the model and exploring additional attributes to further improve its performance. Thus, the R^2 model is recommended for long-term use in the task of analyzing heavy metal content in soil, in order to maintain soil quality and protect the environment.

References

- Ahmad S.S., Erum S. Integrated assessment of heavy metals pollution along motorway M-2. *Soil Environ.* 2010; 29:110–116.
- Bigal K.L., Ashmore M.R., Headley A.D., Stewart K., Weigert K. Ecological impacts of air pollution from road transport on local vegetation. *Appl. Geochem.* 2007; 22:1265–1271. doi: 10.1016/j.apgeochem.2007.03.017.
- Chen X., Xia X., Zhao Y., Zhang P. Heavy metal concentrations in roadside soils and correlation with urban traffic in Beijing, China. *J. Hazard. Mater.* 2010; 181:640–646. doi: 10.1016/j.jhazmat.2010.05.060.
- Chen, H.; Teng, Y.; Lu, S.; Wang, Y.; Wu, J.; Wang, J. Source apportionment and health risk assessment of trace metals in surface soils of Beijing metropolitan, China. *Chemosphere* 2016, 144, 1002–1011.
- Feng W., Guo Z., Xiao X., Peng C., Shi L., Ran H., Xu W. Atmospheric Deposition as a Source of Cadmium and Lead to Soil-Rice System and Associated Risk Assessment. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 2019; 180:160–167. doi: 10.1016/j.ecoenv.2019.04.090.
- Fröhlichová A., Száková J., Najmanová J., Tlustoš P. An assessment of the risk of element contamination of urban and industrial areas using *Taraxacum* sect. *Ruderalia* as a bioindicator. *Environ. Monit. Assess.* 2018; 190:150. doi: 10.1007/s10661-018-6547-0.

Gu, Y.G.; Li, Q.S.; Fang, J.H.; He, B.Y.; Fu, H.B.; Tong, Z.J. Identification of heavy metal sources in the reclaimed farmland soils of the pearl river estuary in China using a multivariate geostatistical approach. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 2014, 105, 7–12.

Hasnaoui S.E., Fahr M., Keller C., Levard C., Angeletti B., Chaurand P., Triqui Z.E.A., Guedira A., Rhazi L., Colin F., et al. Screening of Native Plants Growing on a Pb/Zn Mining Area in Eastern Morocco: Perspectives for Phytoremediation. *Plants*. 2020; 9:1458. doi: 10.3390/plants9111458.

Jankowski K., Ciepela G.A., Jankowska J., Szule W., Kolczarek R., Sosnowski J., Wiśniewska-Kadzaján B., Malinowska E., Radzka E., Czełusciński W., et al. Content of lead and cadmium in aboveground plant organs of grasses growing on the areas adjacent to route of big traffic. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2015; 22:978–987. doi: 10.1007/s11356-014-3634-9.

Li, Y.; Dong, Z.; Feng, D.; Zhang, X.; Jia, Z.; Fan, Q.; Liu, K. Study on the risk of soil heavy metal pollution in typical developed cities in eastern China. *Sci. Rep.* 2022, 12, 3855. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed].

Lu X., Wang L., Lei K., Huang J., Zhai Y. Contamination assessment of copper, lead, zinc, manganese and nickel in street dust of Baoji, NW China. *J. Hazard. Mater.* 2009; 161:1058–1062. doi: 10.1016/j.jhazmat.2008.04.052.

Mazur Z., Radziemska M., Maczuga O., Makuch A. Heavy metal concentrations in soil and moss surrounding railroad. *Fresen. Environ. Bull.* 2013; 22:955–961.

Mohammed, Mohssen & Khan, Muhammad & Bashier, Eihab. (2016). Machine Learning: Algorithms and Applications. 10.1201/9781315371658.

Nabulo G., Oryem-Origa H., Diamond M. Assessment of lead, cadmium, and zinc contamination of roadside soils, surface films, and vegetables in Kampala City, Uganda. *Environ. Res.* 2006; 101:42–52. doi: 10.1016/j.envres.2005.12.016.

Radziemska M., Fronczyk J. Level and Contamination Assessment of Soil along an Expressway in an Ecologically Valuable Area in Central Poland. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2015;12:13372–13387. doi: 10.3390/ijerph121013372.

Rodriguez-Flores M., Rodriguez-Castellon E. Lead and cadmium levels in soil and plants near highways and their correlation with traffic density. *Environ. Pollut.* 1982;4:281–290. doi: 10.1016/0143-148X(82)90014-3.

Shi G., Chen Z., Xu S., Zhang J., Wang L., Bi C., Teng J. Potentially toxic metal contamination of urban soils and roadside dust in Shanghai, China. *Environ. Pollut.* 2008; 156:251–260. doi: 10.1016/j.envpol.2008.02.027.

Wu, S.; Zhou, S.; Bao, H.; Chen, D.; Wang, C.; Li, B.; Tong, G.; Yuan, Y.; Xu, B. Improving risk management by using the spatial interaction relationship of heavy metals and PAHs in urban soil. *J. Hazard. Mater.* 2019, 364, 108–116.

Xu, X.; Zhao, Y.; Zhao, X.; Wang, Y.; Deng, W. Sources of heavy metal pollution in agricultural soils of a rapidly industrializing area in the Yangtze Delta of China. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 2014, 108, 161–167.

Yu, L.; Cheng, J.; Zhan, J.; Jiang, A. Environmental quality and sources of heavy metals in the topsoil based on multivariate statistical analyses: A case study in Laiwu City, Shandong Province, China. *Nat. Hazards* 2016, 81, 1435–1445.

CONTENTS

INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES

M. Aitimov, R.U Almenayeva, K.K. Makulov, A.B. Ostayeva, R. Muratkhan
APPLICATION OF MACHINE LEARNING METHOD TO ANALYZE AND
EXTRACT SEMANTIC STRUCTURES FROM SCIENTIFIC TEXTS.....5

A.K. Aitim, G.K. Sembina
MODELING OF HUMAN BEHAVIOR FOR SMARTPHONE WITH USING
MACHINE LEARNING ALGORITHM.....17

G. Aksholak, A. Bedelbayev, R. Magazov
ANALYSIS AND COMPARISON OF MACHINE LEARNING METHODS
FOR MALWARE DETECTION.....29

A.L. Alexeyeva
SUBSONIC VIBROTRANSPORT SOLUTIONS OF THE WAVE EQUATION
IN SPACES OF DIMENSION $N=1,2,3$42

K. Bagitova, Sh. Mussiraliyeva, K. Azanbai
ANALYSIS OF SYSTEMS FOR RECOGNIZING POLITICAL EXTREMISM
IN ONLINE SOCIAL NETWORKS.....60

**A.S. Baegizova, G.I. Mukhamedrakhimova, I. Bapiyev, M.Zh. Bazarova,
U.M. Smailova**
EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF MACHINE LEARNING
METHODS FOR KEYWORD COVERAGE.....73

G. Bekmanova, B. Yergesh, G. Yelibayeva, A. Omarbekova, M. Strecker
MODELING THE RULES AND CONDITIONS FOR CONDUCTING
PRE-ELECTION DEBATES.....89

M. Bolatbek, M. Sagynay, Sh. Mussiraliyeva
USING MACHINE LEARNING METHODS FOR DETECTING
DESTRUCTIVE WEB CONTENT IN KAZAKH LANGUAGE.....99

Y. Golenko, A. Ismailova, K. Kadirkulov, R. Kalendar
DEVELOPMENT OF AN ONLINE PLATFORM FOR SEARCHING FOR
TANDEM REPEATS USING WHOLE GENOME SEQUENCING.....112

T. Zhukabayeva, L. Zholshiyeva, N. Karabayev, Sh. Akhmetzhanova A BIBLIOMETRIC ANALYSIS OF EDGE COMPUTING IN INDUSTRIAL INTERNET OF THINGS (IIoT) CYBER-PHYSICAL SYSTEMS.....	123
S.S. Koishybay, N. Meirambekuly, A.E. Kulakaeva, B.A. Kozhakhmetova, A.A. Bulin DEVELOPMENT OF THE DESIGN OF A MULTI-BAND DISCONE ANTENNA.....	138
A. Kydyrbekova, D. Oralbekova SPEAKER IDENTIFICATION USING DISTRIBUTION-PRESERVING X-VECTOR GENERATION.....	152
B. Medetov, A. Nurlankyzy, A. Akhmediyarova, A. Zhetpisbayeva, D. Zhexebay COMPARATIVE ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF NEURAL NETWORKS WITHIN THE LOW SNR.....	163
A.A Myrzatay, L.G. Rzaeva, B. Zhumadilla, A.A. Mukhanova, G.A. Uskenbayeva DOUBLE EXPONENTIAL SMOOTHING AND TIME WINDOW METHODS FOR PREDICTIVE LAN MONITORING: ANALYSIS, COMPARISON AND APPLICATION.....	174
L. Naizabayeva, M.N. Satymbekov PREDICTING URBAN SOIL POLLUTION USING MACHINE LEARNING ALGORITHMS.....	194
A.U. Mukhiyadin, U.T. Makhazhanova, A.Z. Alimagambetova, A.A. Mukhanova, A.I. Akmoldina PREDICTING STUDENT LEARNING ENGAGEMENT USING MACHINE LEARNING TECHNIQUES: ANALYSIS OF EDUCATION DATA IN KAZAKHSTAN.....	204
Zh. Tashenova, Zh. Abdugulova, Sh. Amanzholova, E. Nurlybaeva PENETRATION TESTING APPROACHES EMPLOYING THE OPENVAS VULNERABILITY MANAGEMENT UTILITY.....	218
D.B. Tyulemissova, A.K. Shaikhanova, V. Martsenyuk, G.A. Uskenbayeva MODERN APPROACHES TO STUDYING THE DYNAMICS OF INFORMATION FLOW IN SOCIAL MEDIA BASED ON MACHINE LEARNING METHODS.....	231

МАЗМҰНЫ

АҚПАРАТТЫҚ-КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

М. Айтимов, Р.У Альменаева, К.К. Макулов, А.Б. Остаева, Р. Муратхан
ҒЫЛЫМИ МӘТІНДЕРДЕН СЕМАНТИКАЛЫҚ ҚҰРЫЛЫМДАРДЫ
ТАЛДАУ ЖӘНЕ АЛУ ҮШІН МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ ӘДІСІН
ҚОЛДАНУ.....5

Ә.Қ. Әйтiм, Г.К. Сембина
МАШИНАЛЫҚ ОҚУ АЛГОРИТМІН ПАЙДАЛАНЫП СМАРТФОН
ҮШІН АДАМ МІНЕЗІН МОДЕЛДЕУ.....17

Г.И. Ақшолақ, А.А. Бедельбаев, Р.С. Мағазов
ЗИЯНДЫ БАҒДАРЛАМАЛАРДЫ АНЫҚТАУҒА АРНАЛҒАН
МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІН ТАЛДАУ ЖӘНЕ САЛЫСТЫРУ.....29

А.Л. Алексеева
N=1,2,3 ӨЛШЕМДІ КЕҢІСТІГІНДЕГІ ТОЛҚЫНДЫҚ ТЕҢДЕУДІҢ
ДЫБЫСҚА ДЕЙІНГІ ДІРІЛКӨЛІКТІК ШЕШІМДЕРІ.....42

Қ.Б. Бағитова, Ш.Ж. Мусиралиева, Қ. Азанбай
ӘЛЕУМЕТТІК ЖЕЛІЛЕРДЕГІ САЯСИ ЭКСТРЕМИЗМДІ ОНЛАЙН ТАҢУ
ЖҮЙЕЛЕРІН ТАЛДАУ.....60

**А.С. Баегизова, Г.И. Мухамедрахимова, И.М. Бапиев, М.Ж. Базарова,
У.М. Смайлова**
ТҮЙІН СӨЗДЕРДІ ҚАМТУ ҮШІН МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІНІҢ
ТИІМДІЛІГІН БАҒАЛАУ.....73

**Г.Т. Бекманова, Б.Ж. Ергеш, Г.К. Елибаева, А.С. Омарбекова,
М. Strecker**
САЙЛАУ АЛДЫНДАҒЫ ПІКІРТАЛАСТАРДЫ ӨТКІЗУ ЕРЕЖЕЛЕРІ
МЕН ШАРТТАРЫН МОДЕЛЬДЕУ.....89

М.А. Болатбек, М.Сағынай, Ш.Ж. Мусиралиева
ҚАЗАҚ ТІЛІНДЕГІ ДЕСТРУКТИВТІ ВЕБ-КОНТЕНТТІ АНЫҚТАУ ҮШІН
МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІН ҚОЛДАНУ.....99

Е.С. Голенко, А.А. Исмаилова, К.К. Кадиркулов, Р.Н. Календарь
ТОЛЫҚ ГЕНОМДЫҚ СЕКВЕНИРЛЕУДЕ ТАНДЕМДІК
ҚАЙТАЛАНУЛАРДЫ ІЗДЕУ ҮШІН ОНЛАЙН ПЛАТФОРМАСЫН
ӘЗІРЛЕУ.....112

- Т. Жукабаева, Л. Жолшиева, Н. Карабаев, Ш. Ахметжанова**
ӨНДІРІСТІК ЗАТТАР ИНТЕРНЕТІ (IoT) КИБЕРФИЗИКАЛЫҚ
ЖҮЙЕЛЕРІНДЕ ШЕТКІ ЕСЕПТЕУЛЕРДІ ҚОЛДАНУҒА
БИБЛИОМЕТРИЯЛЫҚ ТАЛДАУ.....123
- С.С. Қойшыбай, Н. Мейрамбекұлы, А.Е. Кулакаева, Б.А. Кожаметова,
А.А. Булин**
КӨПДИАПАЗОНДЫДИСКОНУСТЫҚАНТЕННАКОНСТРУКЦИЯСЫН
ӘЗІРЛЕУ.....138
- А.С. Кыдырбекова, Д.О. Оралбекова**
ТАРАТУДЫ САҚТАЙТЫН Х-ВЕКТОРЛАР ГЕНЕРАЦИЯСЫН
ПАЙДАЛАНЫП ДАУЫСТЫ ИДЕНТИФИКАЦИЯЛАУ.....152
- Б. Медетов, А. Нурланқызы, А. Ахмедиярова, А. Жетписбаева, Д. Жексебай**
СИГНАЛШУЫЛ ҚАТЫНАСЫ ТӨМЕН ЖАҒДАЙДА НЕЙРОНДЫҚ
ЖЕЛЛЕРДІҢ ТИІМДІЛІГІНЕ САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ ЖАСАУ.....163
- А.А. Мырзатай, Л.Г. Рзаева, Б. Жұмаділла, А.А. Муханова,
Г.А. Ускенбаева**
ЖЕРГІЛІКТІ ЖЕЛІНІ БОЛЖАМДЫ БАҚЫЛАУҒА АРНАЛҒАН ҚОС
ЭКСПОНЕНЦИАЛДЫ ТЕГІСТЕУ ЖӘНЕ УАҚЫТ ТЕРЕЗЕЛЕРІНІҢ
ӘДІСТЕРІ: ТАЛДАУ, САЛЫСТЫРУ ЖӘНЕ ҚОЛДАНУ.....174
- Л. Найзабаева, М.Н. Сатымбеков**
МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ АЛГОРИТМДЕРІН ПАЙДАЛАҢА АРҚЫЛЫ
ҚАЛА ТОПЫРАҒЫНЫҢ ЛАСТАҢУЫН БОЛЖАУ.....194
- А.Ұ. Мұхиядин, У.Т. Махажанова, А.З. Алимагамбетова, А.А.Муханова,
А.И. Акмолдина**
МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІН ПАЙДАЛАНА ОТЫРЫП,
ОҚУШЫЛАРДЫҢ БІЛІМ АЛУҒА ЫҢТАСЫН БОЛЖАУ:
ҚАЗАҚСТАҢДАҒЫ БІЛІМ БЕРУ ДЕРЕКТЕРІН ТАЛДАУ.....204
- Ж.М. Ташенова, Ж.К. Абдугулова, Ш.А. Аманжолова, Э. Нурлыбаева**
OPENVAS ОСАЛДЫҒЫН БАСҚАРУ УТИЛИТАСЫН ҚОЛДАНА
ОТЫРЫП, ЕНУДІ ТЕСТІЛЕУ ТӘСІЛДЕРІ.....218
- Д.Б. Тюлемисова, А.К. Шайханова, В.П. Мартценюк, Г.А. Ускенбаева,
Г.В. Бекешева**
МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІНЕ НЕГІЗДЕЛГЕН ӘЛЕУМЕТТІК
ЖЕЛЛЕРДЕГІ АҚПАРАТ АҒЫНЫНЫҢ ДИНАМИКАСЫН ЗЕРТТЕУДІҢ
ЗАМАНАУИ ТӘСІЛДЕРІ.....231

СОДЕРЖАНИЕ

ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

М. Айтимов, Р.У Альменаева, К.К. Макулов, А.Б. Остаева, Р. Муратхан ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА И ИЗВЛЕЧЕНИЯ СЕМАНТИЧЕСКИХ СТРУКТУР ИЗ НАУЧНЫХ ТЕКСТОВ.....	5
А.К. Айтим, Г.К. Сембина МОДЕЛИРОВАНИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ ДЛЯ СМАРТФОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМА МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ.....	17
Г.И. Акшолок, А.А. Бедельбаев, Р.С. Магазов АНАЛИЗ И СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ВРЕДОНОСНОГО ПО.....	29
Л.А. Алексеева ДОЗВУКОВЫЕ ВИБРОТРАНСПОРТНЫЕ РЕШЕНИЯ ВОЛНОВОГО УРАВНЕНИЯ В ПРОСТРАНСТВАХ РАЗМЕРНОСТИ $N=1,2,3$	42
К.Б. Багитова, Ш.Ж. Мусиралиева, К. Азанбай АНАЛИЗ СИСТЕМ РАСПОЗНАВАНИЯ ПОЛИТИЧЕСКОГО ЭКСТРЕМИЗМА В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ ОНЛАЙН.....	60
А.С. Баегизова, Г.И. Мухамедрахимова, И.М. Бапиев, М.Ж. Базарова, У.М. Смайлова ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ОХВАТА КЛЮЧЕВЫХ СЛОВ.....	73
Г.Т. Бекманова, Б.Ж. Ергеш, Г.К. Елибаева, А.С. Омарбекова, М. Strecker МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРАВИЛ И УСЛОВИЙ ПРОВЕДЕНИЯ ПРЕДВЫБОРНЫХ ДЕБАТОВ.....	89
М.А. Болатбек, М. Сагынай, Ш.Ж. Мусиралиева ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ДЕСТРУКТИВНОГО ВЕБ-КОНТЕНТА НА КАЗАХСКОМ ЯЗЫКЕ.....	99
Е.С. Голенко, А.А. Исмаилова, К.К. Кадиркулов, Р.Н. Календарь РАЗРАБОТКА ОНЛАЙН-ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ПОИСКА ТАНДЕМНЫХ ПОВТОРОВ ПРИ ПОЛНОГЕНОМНОМ СЕКВЕНИРОВАНИИ.....	112

Т. Жукабаева, Л. Жолшиева, Н. Карабаев, Ш. Ахметжанова БИБЛИОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ГРАНИЧНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ В КИБЕРФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ ПРОМЫШЛЕННОГО ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ (IIoT).....	123
С.С. Койшыбай, Н. Мейрамбекұлы, А.Е. Кулакаева, Б.А. Кожаметова, А.А. Булин РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ МНОГОДИАПАЗОННОЙ ДИСКОНУСНОЙ АНТЕННЫ.....	138
А.С. Кыдырбекова, Д.О. Оралбекова ИДЕНТИФИКАЦИЯ ГОВОРЯЩЕГО С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕНЕРАЦИИ X-ВЕКТОРОВ С СОХРАНЕНИЕМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ...152	152
Б. Медетов, А. Нурланкызы, А. Ахмедиярова, А. Жетписбаева, Д. Жексебай СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ПРИ НИЗКОМ ЗНАЧЕНИИ ОТНОШЕНИЯ С/Ш.....	163
А.А. Мырзатай, Л.Г. Рзаева, Б. Жұмаділла, А.А. Муханова, Г.А. Ускенбаева МЕТОДЫ ДВОЙНОГО ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОГО СГЛАЖИВАНИЯ И ВРЕМЕННЫХ ОКОН ДЛЯ ПРЕДИКТИВНОГО МОНИТОРИНГА ЛВС: АНАЛИЗ, СРАВНЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ.....	174
Л. Найзабаева, М.Н. Сатымбеков ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГОРОДСКОЙ ПОЧВЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ.....	194
А.У. Мухиядин, У.Т. Махажанов, А.З. Алимагамбетова, А.А. Муханова, А.И. Акмолдина ПРОГНОЗИРОВАНИЕ МОТИВАЦИИ УЧАЩИХСЯ К ОБУЧЕНИЮ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ: АНАЛИЗ ДАННЫХ ОБ ОБРАЗОВАНИИ В КАЗАХСТАНЕ.....	204
Ж.М. Ташенова, Ж.К. Абдугулова, Ш.А. Аманжолова, Э. Нурлыбаева ПОДХОДЫ К ТЕСТИРОВАНИЮ НА ПРОНИКНОВЕНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УТИЛИТЫ УПРАВЛЕНИЯ УЯЗВИМОСТЯМИ OPENVAS.....	218
Д.Б. Тюлемисова, А.К. Шайханова, В. Мартценюк, Г.А. Ускенбаева, Г.В. Бекешева СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ ДИНАМИКИ ИНФОРМАЦИОННОГО ПОТОКА В СОЦИАЛЬНЫХ МЕДИА НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ.....	231

**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 2.12.2024.

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

16,0 п.л. Тираж 300. Заказ 4.