

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



«ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ» РҚБ
«ХАЛЫҚ» ЖҚ

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

РОО «НАЦИОНАЛЬНОЙ
АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН»
ЧФ «Халық»

N E W S

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF
KAZAKHSTAN
«Halyk» Private Foundation

SERIES
PHYSICS AND INFORMATION TECHNOLOGY

3 (347)

JULY – SEPTEMBER 2023

PUBLISHED SINCE JANUARY 1963
PUBLISHED 4 TIMES A YEAR

ALMATY, NAS RK



ЧФ «ХАЛЫҚ»

В 2016 году для развития и улучшения качества жизни казахстанцев был создан частный Благотворительный фонд «Халык». За годы своей деятельности на реализацию благотворительных проектов в областях образования и науки, социальной защиты, культуры, здравоохранения и спорта, Фонд выделил более 45 миллиардов тенге.

Особое внимание Благотворительный фонд «Халык» уделяет образовательным программам, считая это направление одним из ключевых в своей деятельности. Оказывая поддержку отечественному образованию, Фонд вносит свой посильный вклад в развитие качественного образования в Казахстане. Тем самым способствуя росту числа людей, способных менять жизнь в стране к лучшему – профессионалов в различных сферах, потенциальных лидеров и «великих умов». Одной из значимых инициатив фонда «Халык» в образовательной сфере стал проект *Ozgeris powered by Halyk Fund* – первый в стране бизнес-инкубатор для учащихся 9-11 классов, который помогает развивать необходимые в современном мире предпринимательские навыки. Так, на содействие малому бизнесу школьников было выделено более 200 грантов. Для поддержки талантливых и мотивированных детей Фонд неоднократно выделял гранты на обучение в Международной школе «Мирас» и в *Astana IT University*, а также помог казахстанским школьникам принять участие в престижном конкурсе «*USTEM Robotics*» в США. Авторские работы в рамках проекта «Тәлімгер», которому Фонд оказал поддержку, легли в основу учебной программы, учебников и учебно-методических книг по предмету «Основы предпринимательства и бизнеса», преподаваемого в 10-11 классах казахстанских школ и колледжей.

Помимо помощи школьникам, учащимся колледжей и студентам Фонд считает важным внести свой вклад в повышение квалификации педагогов, совершенствование их знаний и навыков, поскольку именно они являются проводниками знаний будущих поколений казахстанцев. При поддержке Фонда «Халык» в южной столице был организован ежегодный городской конкурс педагогов «*Almaty Digital Ustaz*».

Важной инициативой стал реализуемый проект по обучению основам финансовой грамотности преподавателей из восьми областей Казахстана, что должно оказать существенное влияние на воспитание финансовой грамотности и предпринимательского мышления у нового поколения граждан страны.

Необходимую помощь Фонд «Халык» оказывает и тем, кто особенно остро в ней нуждается. В рамках социальной защиты населения активно проводится работа по поддержке детей, оставшихся без родителей, детей и взрослых из социально уязвимых слоев населения, людей с ограниченными возможностями, а также обеспечению нуждающихся социальным жильем, строительству социально важных объектов, таких как детские сады, детские площадки и физкультурно-оздоровительные комплексы.

В копилку добрых дел Фонда «Халык» можно добавить оказание помощи детскому спорту, куда относится поддержка в развитии детского футбола и карате в нашей стране. Жизненно важную помощь Благотворительный фонд «Халык» оказал нашим соотечественникам во время недавней пандемии COVID-19. Тогда, в разгар тяжелой борьбы с коронавирусной инфекцией Фонд выделил свыше 11 миллиардов тенге на приобретение необходимого медицинского оборудования и дорогостоящих медицинских препаратов, автомобилей скорой медицинской помощи и средств защиты, адресную материальную помощь социально уязвимым слоям населения и денежные выплаты медицинским работникам.

В 2023 году наряду с другими проектами, нацеленными на повышение благосостояния казахстанских граждан Фонд решил уделить особое внимание науке, поскольку она является частью общественной культуры, а уровень ее развития определяет уровень развития государства.

Поддержка Фондом выпуска журналов Национальной Академии наук Республики Казахстан, которые входят в международные фонды Scopus и Wos и в которых публикуются статьи отечественных ученых, докторантов и магистрантов, а также научных сотрудников высших учебных заведений и научно-исследовательских институтов нашей страны является не менее значимым вкладом Фонда в развитие казахстанского общества.

**С уважением,
Благотворительный Фонд «Халык»!**

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), **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 Сагпаева (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 Тлексабул 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 Нургали 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/>

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/>

NEWS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF
KAZAKHSTAN
PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES
ISSN 1991-346X
Volume 3. Number 347 (2023). 88–98
<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1726.206>

UDC 004.056

© **K. Kadirkulov, A. Ismailova, A. Beissegul, 2023**
NAO «S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University», Astana,
Kazakhstan.
E-mail: kkuanys@gmail.com

SELECTION OF A MACHINE LEARNING MODEL FOR INTERPRETING LABORATORY RESULTS

Kuanys Kadirkulov — Doctoral student of NAO «S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University», Astana, Kazakhstan.

E-mail: kkuanys@gmail.com. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0506-4890>;

Aisulu Ismailova — PhD Doctor, Associate Professor of the Department of Information Systems, NAO «S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University», Astana, Kazakhstan.

E-mail: a.ismailova@mail.ru. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8958-1846>;

Aliya Beissegul — DBA doctoral student, NAO «Almaty Management University», Almaty, Kazakhstan.

E-mail: beissegul@gmail.com. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0053-2539>.

Abstract. The purpose of the presented work is the process of automating the interpretation of the results of laboratory tests. The system of modern health care puts before clinical laboratory diagnostics the task of rapid and qualitative determination of results. The solution to such an urgent problem lies in the automation of processes at all stages of diagnostic studies, which will reduce the time of obtaining results, minimize human participation and obtain reliable results. The presented work describes the process of selection and formation of a stack of machine learning models for interpretation of laboratory results. Machine learning is used to generate a knowledge base that is further applied by artificial intelligence (AI). This approach aims to streamline the process of interpreting laboratory results and provide more accurate, consistent and timely results to healthcare providers. Automating the interpretation of laboratory results has the potential to improve the efficiency and accuracy of interpreting laboratory results, leading to better patient outcomes and better clinical decisions. However, it is important to note that AI models are not perfect and can still make errors, and that healthcare providers should always review the results of automated interpretation before making a diagnosis or treatment decision. The scientific and practical significance of the work lies in the approach to the selection of a stack of machine learning models,

which can also be applied to solutions of other problems. The paper considers machine learning methods such as neural network, gradient boosting and random forest. The models were validated over 7.6 million anonymized laboratory results. The result of the presented work is a stacking model of machine learning methods, which can be optimally applied in building a knowledge base for identification of various pathologies.

Keywords: Automation, machine learning, artificial intelligence, laboratory research, neural network, random forest, gradient boosting

© **К.К. Кадиркулов, А.А. Исмаилова, Ә.Б. Бейсеғұл, 2023**

«С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті»

КеАҚ, Астана, Қазақстан.

E-mail: kkuanysh@gmail.com

ЛАБОРАТОРИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУ НӘТИЖЕЛЕРІН ТАЛДАУ ҮШІН МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУДЫҢ МОДЕЛІН ТАҢДАУ

Кадиркулов Куаныш Кайсарович — «С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті» КеАҚ докторанты, Астана, Қазақстан.

E-mail: kkuanysh@gmail.com. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0506-4890>;

Исмаилова Айсулу Абжаппаровна — PhD доктор, «С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті» КеАҚ Ақпараттық жүйелер кафедрасының қауымдастырылған профессоры, Астана, Қазақстан.

E-mail: a.ismailova@mail.ru. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8958-1846>;

Бейсеғұл Әлия Болатбековна — DBA докторанты, «Алматы Менеджмент Университеті» КеАҚ, Алматы, Қазақстан.

E-mail: beissegul@gmail.com. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0053-2539>.

Аннотация. Ұсынылған жұмыстың мақсаты — зертханалық зерттеу нәтижелерін интерпретациялауды автоматтандыру процесі. Заманауи денсаулық сақтау жүйесі клиникалық зертханалық диагностиканың нәтижелерін тез және сапалы анықтау міндетін қояды. Мұндай өзекті мәселені шешу диагностикалық зерттеулердің барлық кезеңдеріндегі процестерді автоматтандыруда жатыр, бұл нәтижелерді алу уақытын қысқартуға, адамның қатысуын азайтуға және сенімді нәтижелерге қол жеткізуге мүмкіндік береді. Ұсынылған жұмыс зертханалық зерттеулердің нәтижелерін интерпретациялау үшін машиналық оқыту үлгілерінің стекін таңдау және қалыптастыру процесін сипаттайды. Машиналық оқытудың көмегімен білім базасы қалыптасады, оны әрі қарай жасанды интеллект (AI) қолданады. Бұл тәсіл зертханалық нәтижелерді интерпретациялау процесін оңтайландыруға және медицина мамандарына дәлірек, дәйекті және уақтылы нәтижелерді ұсынуға бағытталған. Зертханалық нәтижелерді интерпретациялауды автоматтандыру зертханалық нәтижелерді интерпретациялаудың тиімділігі мен дәлдігін жақсартуға мүмкіндік береді, бұл емделуші нәтижелерін жақсартуға және жақсы клиникалық шешім қабылдауға әкеледі. Дегенмен,

AI үлгілері мінсіз емес және әлі де қателесуі мүмкін екенін және денсаулық сақтау мамандары диагноз немесе емдеу туралы шешім қабылдамас бұрын әрқашан автоматтандырылған интерпретация нәтижелерін қарап шығуы керек екенін ескеру маңызды. Жұмыстың ғылыми және практикалық маңыздылығы басқа мәселелерді шешуде де қолданылуы мүмкін машиналық оқыту үлгілерінің стекін таңдау тәсілінде жатыр. Бұл мақалада нейрондық желі, градиентті күшейту және кездейсоқ орман сияқты машиналық оқыту әдістері қарастырылады. Модельдік валидация 7,6 миллион иесіздендірілген зертханалық нәтижелер бойынша орындалды. Ұсынылған жұмыстың нәтижесі әртүрлі патологияларды анықтау үшін білім қорын қалыптастыруда оңтайлы пайдаланылуы мүмкін машиналық оқыту әдістерінің стектік моделі болып табылады.

Түйін сөздер: Автоматтандыру, машиналық оқыту, жасанды интеллект, зертханалық зерттеулер, нейрондық желі, кездейсоқ орман, градиентті күшейту

© **К.К. Кадиркулов, А.А. Исмаилова, Ә.Б. Бейсеғұл, 2023**
НАО «Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина»,
Астана, Казахстан.
E-mail: kkuanysh@gmail.com

ВЫБОР МОДЕЛИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ПО ИНТЕРПРЕТАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Кадиркулов Куаныш Кайсарович — докторант НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина», г. Астана, Казахстан.

E-mail: kkuanysh@gmail.com. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0506-4890>;

Исмаилова Айсулу Абжаппаровна — PhD доктор, Ассоциированный профессор кафедры Информационных систем НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина», г. Астана, Казахстан.

E-mail: a.ismailova@mail.ru. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8958-1846>;

Бейсеғұл Әлия Болатбековна — DBA докторант, НАО «Алматы Менеджмент Университет», г. Алматы, Казахстан.

E-mail: beissegul@gmail.com. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0053-2539>.

Аннотация. Целью представленной работы является процесс автоматизации интерпретации результатов лабораторных исследований. Система современного здравоохранения ставит перед клинической лабораторной диагностикой задачу быстрого и качественного определения результатов. Решение такой актуальной проблемы лежит в автоматизации процессов на всех этапах диагностических исследований, что позволит сократить время получения результатов, минимизировать участие человека и получить достоверные результаты. В представленной работе описывается процесс выбора и формирование стека моделей машинного обучения

по интерпретации результатов лабораторных исследований. С помощью машинного обучения формируется база знаний, которая в дальнейшем применяется искусственным интеллектом (ИИ). Этот подход направлен на рационализацию процесса интерпретации результатов лабораторных исследований и предоставление более точных, последовательных и своевременных результатов медицинским работникам. Автоматизация интерпретации результатов лабораторных исследований потенциально может повысить эффективность и точность интерпретации результатов лабораторных исследований, что приведет к улучшению состояния пациентов и принятию более правильных клинических решений. Однако важно отметить, что модели ИИ не совершенны и все еще могут допускать ошибки, и что медицинские работники должны всегда просматривать результаты автоматизированной интерпретации перед принятием диагноза или решения о лечении. Научная и практическая значимость работы заключается в подходе к выбору стека моделей машинного обучения, которая также может быть применена в решениях других задач. В работе рассматриваются методы машинного обучения такие как нейронная сеть, градиентный бустинг и случайный лес. Проверка моделей производилась над 7,6 млн обезличенных результатов лабораторных исследований. Результатом представленной работы является модель стекинга методов машинного обучения, которая оптимально может применяться при формировании базы знаний для идентификации различных патологий.

Ключевые слова: Автоматизация, машинное обучения, искусственный интеллект, лабораторные исследования, нейронная сеть, случайный лес, градиентный бустинг

Введение

Президент Республики Казахстан Касым-Жомарт Токаев 4 марта 2020 года на совещании по реализации Государственной программы «Цифровой Казахстан», отметил, что цифровизация направлена не для развития одного сектора, а всей экономики государства и в преобразовании общества в целом. Президент подчеркнул, что в Республике Казахстан имеется зависимость от зарубежных разработок и технологий, в связи с чем, было поручено на законодательном уровне поддержать IT-компании казахстанского производства и обеспечить им приоритетность в конкуренции в государственном сектор (Глава государства провел совещание по реализации..., 2020).

Основной целью интерпретации результатов является первичное диагностирование и трактовка показателей на основе ререференсных значений каждого исследования, где отклонение от референсных значений будет считаться наличием проблем в организме пациента (Рисунок 1).

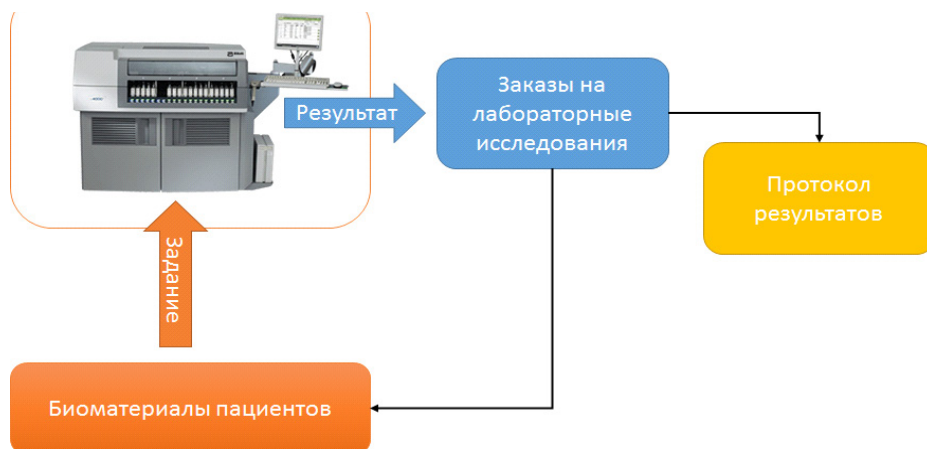


Рисунок 1. Общая схема процесса интерпретации

Преимущества алгоритмов и интерпретаций включают предотвращение ошибочных диагнозов, сокращение количества необходимых лабораторных тестов, сокращение количества процедур, переливаний крови и госпитализаций, сокращение времени, необходимого для постановки диагноза, сокращение ошибок при заказе тестов и предоставление дополнительной информации о том, как результаты лабораторных исследований могут повлиять на другие аспекты ухода за пациентом. Сочетание алгоритмов и интерпретаций для лабораторных исследований имеет множество преимуществ для медицинского обслуживания пациента (Кадиркулов и др., 2020).

Практика здравоохранения включает в себя сбор всех видов данных о пациенте, которые помогут врачу правильно диагностировать состояние здоровья пациента. Этими данными могут быть простые симптомы, наблюдаемые пациентом, первоначальный диагноз врача или подробные результаты анализов, полученные в лаборатории. Таким образом, эти данные используются только для анализа врач, который затем устанавливает заболевание, используя свой личный медицинский опыт (Jaskins и др., 2020). Из-за современного образа жизни болезни стремительно растут. Наш образ жизни и питание привычки оказывают влияние на наше здоровье, вызывая сердечно-сосудистые заболевания и другие проблемы со здоровьем. Техника добычи данных является одной из самых сложных и ведущих исследовательских областей в здравоохранении из-за высокой важности ценных данных (Renjit, Shunmuganathan, 2010).

Результаты клинических и лабораторных анализов часто рассматриваются как нормальные или ненормальные, а не как просто информативными. Для количественных результатов нормальность обычно определяется как диапазон значений, простирающийся на два стандартных отклонений от среднего значения, полученного из популяции "нормальных" людей аналогичного возраста, веса, пола и т.д. Согласно этому общепринятому

определению, нормальный диапазон или референсный интервал должен включать приблизительно 95 % тестируемой популяции. Предположение, лежащее в основе этого подхода, является то, что результат теста (независимая переменная в данном случае) имеет кривую распределения частот, которая имеет форму колокола. Это верно для многих количественных измерений проводимых в медицинской практике. Однако для многих других тестов, для определения "ненормальность", поскольку предположения о нормальном распределении не выполняются (например, аналитические стандартные отклонения увеличиваются с ростом значений в пределах интервала измерения или тестовые значения включают отрицательные значения) (McPherson, Pincus, 2017).

Машинное обучение (ML) оказало огромное влияние на многие сферы жизни современного общества. Например, оно используется для фильтрации спам-сообщений из текстовых документов, таких как электронная почта, анализа различных изображений для выявления различий, а также для извлечения важных данных из больших массивов с помощью интеллектуального анализа данных. ML позволяет выявлять закономерности, строить модели и делать прогнозы на основе обучающих данных (Esteva et al., 2019).

Но как показывает практика, использование структурированных данных намного ускоряет процесс прогнозирования, применения алгоритмов машинного обучения, статистического анализа и др. методик. Структуризация данных производится путем комплексной автоматизации. Комплексная автоматизация медицинской лаборатории означает интеграцию цифровых технологий, таких как искусственный интеллект (ИИ), робототехника и системы электронной медицинской документации (ЭМК), в процесс работы медицинской лаборатории. Целью комплексной автоматизации является рационализация и оптимизация лабораторного процесса, что приводит к повышению эффективности, точности и улучшению результатов лечения пациентов.

Искусственный интеллект способен обрабатывать большие объемы данных, сравнивать и анализировать данные, особенно ценится в медицине и здравоохранении в целом (Pin et al., 2017). Роберт Гриневич, специалист по анализу данных, считает, что медицинские работники нуждаются в любой помощи, которую они могут получить. Люди могут выявлять закономерности в данных, но это может быть утомительным процессом, для которого лучше подходят машины. особенно при наличии большого количества переменных или сценариев. Объедините этот факт с перегруженностью работой и нехваткой времени, с которыми приходится сталкиваться врачам, становится еще проще еще проще пропустить признаки, которые могут повлиять на диагноз. Искусственный интеллект в здравоохранении может помочь, обнаружив сигналы, которые благонамеренные врачи могут пропустить (Болотова, 2012).

Описание материалов и методов

Целью представленной работы является процесс формирования и выбор

моделей машинного обучения для интерпретации результатов лабораторных исследований. Система современного здравоохранения ставит перед клинической лабораторной диагностикой задачу быстрого и качественного определения результатов. Решение такой актуальной проблемы лежит в автоматизации процессов на всех этапах диагностических исследований, что позволит сократить время получения результатов, минимизировать участие человека и получить достоверные результаты.

На первом этапе производилась обработка 7,6 млн результатов лабораторных исследований. В данном исследовании был проведен логистический регрессионный анализ для прогнозирования зависимой переменной. Целью анализа было понять взаимосвязь между независимыми переменными и зависимой переменной и сделать прогнозы относительно зависимой переменной на основе независимых переменных. В результате была определена связь между TSH (тиреотропный гормон) + возраст с другими тестами (Рисунок 2).

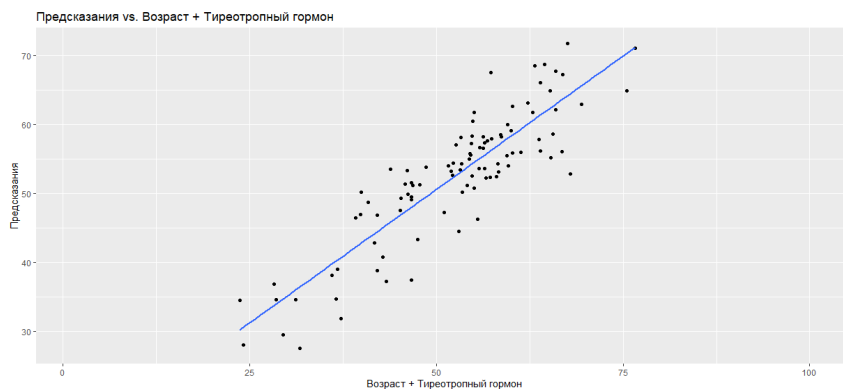


Рисунок 2. Ассоциация между TSH (тиреотропный гормон) + возраст с другими тестами

На втором этапе, после определения теста, были сформированы данные (более 1,8 млн) по тестам имеющие тесную связь с тиреотропный гормоном. Это тесты тиреотропный гормон (ТТГ) в комбинации с трийодтиронином (Т3) и тетраiodтиронином (Т4) необходимых для определения патологии щитовидной железы.

На третьем этапе, было произведено обучение нейронной сети по сформированным данным, по следующей структуре:

- Возраст;
- Пол;
- Значение ТТГ;
- Значение Т3;
- Значение Т4;
- Признак патологии.

Модель нейронной сети был построен по 3 скрытым слоям (Рисунок 3). История обучения модели демонстрирует следующие показатели:

- Потери при обучении: 0,2732;
- Точность обучения: 0,8949;
- Потери при проверке: 0,338;
- Точность валидации: 0,8612

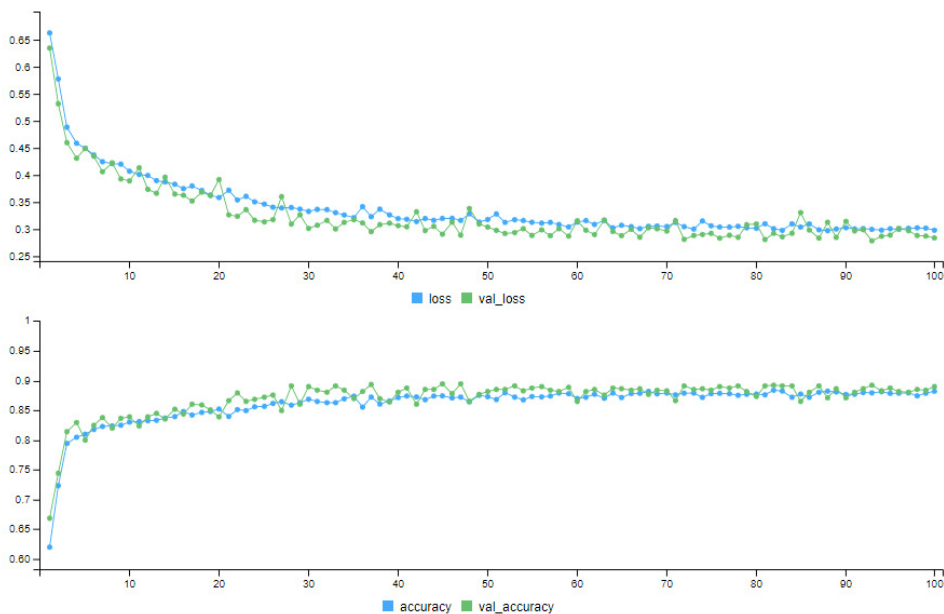


Рисунок 3. График обучения нейронной сети

Модель указала на необходимость применения альтернативных методов машинного обучения или комбинации методов, включая усиление нейронных сетей через градиентный бустинг (GB), случайные леса (RF) и метод опорных векторов (SVM). Ансамблевое машинное обучение представляет собой подход, где различные модели обучаются с целью решения одной задачи и затем комбинируются для достижения оптимальных результатов. Основная идея состоит в том, что комбинированное решение нескольких моделей обычно более точно, чем решение отдельной модели. Для реализации ансамблевого подхода важно провести сравнительный анализ предложенных методов, чтобы выбрать наиболее эффективный. Этот процесс начинается с создания трех моделей на одном и том же наборе данных, затем строится матрица ошибок для оценки и сравнения производительности каждой модели (Рисунок 4).

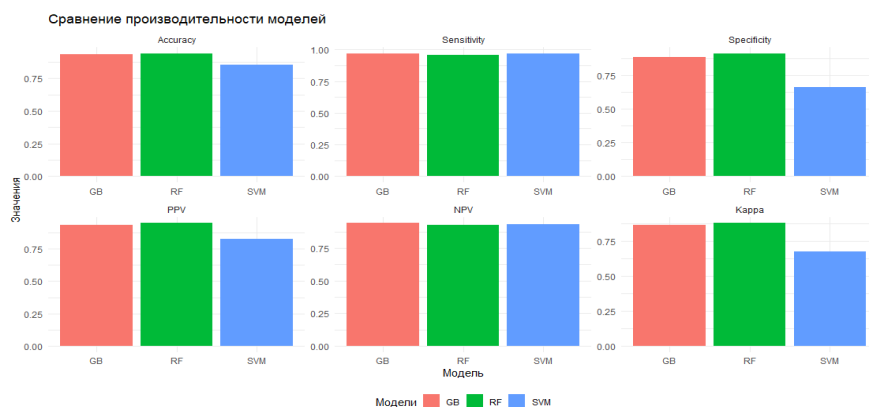


Рисунок 4. Сравнение производительности моделей

Из рисунка 4 можно сформировать следующую таблицу результатов сравнительного анализа (табл. 1).

Таблица 1. Сравнительный анализ моделей машинного обучения

Модель	Точность	Чувствительность	Специфичность	PPV	NPV	Каппа
SVM	0,8556	0,9709	0,6619	0,8283	0,9312	0,6722
GB	0,9369	0,9673	0,8859	0,9344	0,9416	0,8635
RF	0,9422	0,9588	0,9145	0,9496	0,9296	0,8761

В табл. 1 представлены результаты сравнения трех моделей машинного обучения: метод опорных векторов (SVM), градиентный бустинг (GB) и случайный лес (RF). Рассмотрены следующие метрики: точность (Accuracy), чувствительность (Sensitivity), специфичность (Specificity), положительная прогностическая ценность (PPV), отрицательная прогностическая ценность (NPV) и коэффициент Каппа (Карра). Согласно данным таблицы, модель на основе случайного леса является лидером по точности (0,9422) и коэффициенту Каппа (0,8761), что свидетельствует о ее выдающейся производительности в данном контексте. Градиентный бустинг также показал себя хорошо, достигая точности 0,9369 и коэффициента Каппа 0,8635. В то время как SVM-модель обладает меньшей точностью (0,8556) и коэффициентом Каппа (0,6722), она выделяется высокой чувствительностью (0,9709). Это может быть критично в сценариях, где высокая способность корректно идентифицировать положительные случаи является ключевой.

Сравнительная таблица показала, что для представленных данных более подходящим являются методы машинного обучения случайный лес и градиентный бустинг. Следовательно, используя данные методы можно построить ансамбль [GB+NN] и [RF+NN]. При построении ансамблевой модели производим обучение модели по GB и RF.

Результаты

В результате ансамбль моделей градиент бустинг (GB) и нейронная сеть

(NN) демонстрируют значительное улучшение производительности по сравнению с отдельными моделями, чему следуют следующие результаты:

- Точность: $(TP+TN)/(TP+TN+FP+FN) = (1961 + 3300) / (1961 + 3300 + 2 + 3) = 0.99905$, что означает, что модель правильно классифицировала 99,9 % случаев.

- 95 % CI: (0,9978, 0,9997) представляет собой доверительный интервал для точности; мы можем быть на 95 % уверены, что истинная точность лежит между 99,78 % и 99,97 %.

- P-Value [Acc > NIR]: $2e-16$, вероятность соблюдения точности модели, если бы модель не имела информации. Очень маленькое р-значение указывает на то, что модель значительно лучше, чем случайное угадывание.

- Коэффициент отсутствия информации (NIR): 0,627 — базовая точность, если мы всегда предсказываем класс большинства (в данном случае класс 0).

- Карра: 0,998, мера согласия между предсказанными и фактическими значениями с учетом случайности. Значение, близкое к 0, указывает на плохое согласие, а значение, близкое к 1, указывает на идеальное согласие.

Заключение

Исследование показало, что методы машинного обучения для набора данных по выявлению отклонению при диагностике щитовидной железы могут работать как отдельная модель, так и с применением методики ансамбля. В результате согласно рисунку 4 можно сказать, что высокие показатели были у отдельных моделей как случайный лес и градиентный бустинг, и методика ансамбль стек между градиентным бустингом и нейронной сетью.

ЛИТЕРАТУРА

Глава государства провел совещание по реализации Государственной программы «Цифровой Казахстан» События [Электронный ресурс]. URL: https://www.akorda.kz/ru/events/akorda_news/meetings_and_sittings/glava-gosudarstva-provel-soveshchanie-po-realizacii-gosudarstvennoi-programmy-cifrovoi-kazahstan.

К.К. Кадиркулов, А.А. Исмаилова, Г.Ж. Солтан, А.А. Муханова, М.Маханов, Автоматизация идентификации отклонения результатов лабораторных исследований, 2020. Вестник КазНУТУ. ISSN 1680–9211, №4(140), стр. 127–133.

Jackins V., Vimal S., Kaliappan M. & Lee, M.Y. (2020). AI-based smart prediction of clinical disease using random forest classifier and Naive Bayes. The Journal of Supercomputing, 77(5), 5198–5219. doi:10.1007/s11227-020-03481-x

Renjit J.A., Shunmuganathan K.L. (2010). Distributed and cooperative multi-agent based intrusion detection system. Indian J Sci Technol 3(10):1070–1074

McPherson R.A., Pincus M.R., editors. Henry's clinical diagnosis and management by laboratory methods, 23rd ed. St. Louis: Elsevier, 2017.

Esteva A. et al. A guide to deep learning in healthcare. Nat. Med. 25, 24–29 (2019).

I.V. Ilin, A.I. Levina, O.Yu. Iliashenko, Proceedings of the 29th International Business Information Management Association Conference - Education Excellence and Innovation Management through Vision 2020: From Regional Development Sustainability to Global Economic Growth 2017, 1822–1831 (2017)

Болотова Л.С. Системы искусственного интеллекта: модели и технологии, основанные на знаниях. М. 2012. 664 с

REFERENCES

The head of state held a meeting on the implementation of the State Program "Digital Kazakhstan" Events [Electronic resource]. URL: https://www.akorda.kz/ru/events/akorda_news/meetings_and_sittings/glava-gosudarstva-provel-soveshchanie-po-realizacii-gosudarstvennoi-programmy-cifrovoi-kazahstan.

K.K. Kadirkulov, A.A. Ismailova, G.J. Soltan, A.A. Mukhanova, M. Makhanov, Automation of identification of deviation of laboratory research results, 2020. Bulletin of KazNITU. ISSN 1680-9211. No. 4(140). Pp. 127–133.

Jackins V., Vimal S., Kaliappan M. & Lee M. Y. (2020). AI-based smart prediction of clinical disease using random forest classifier and Naive Bayes. *The Journal of Supercomputing*, 77(5), 5198–5219. Doi:10.1007/s11227-020-03481-x

Renjit J.A., Shunmuganathan K.L. (2010). Distributed and cooperative multi-agent based intrusion detection system. *Indian J Sci Technol* 3(10):1070–1074

McPherson R.A., Pincus M.R., editors. *Henry's clinical diagnosis and management by laboratory methods*, 23rd ed. St. Louis: Elsevier, 2017.

Esteva A. et al. A guide to deep learning in healthcare. *Nat. Med.* 25, 24–29 (2019).

I.V. Ilin, A.I. Levina, O.Yu. Iliashenko, Proceedings of the 29th International Business Information Management Association Conference - Education Excellence and Innovation Management through Vision 2020: From Regional Development Sustainability to Global Economic Growth 2017, 1822–1831 (2017)

Bolotova L.S. *Artificial intelligence systems: models and knowledge-based technologies*. M. 2012. 664 c

МАЗМҰНЫ

Г. Әбдіқалық, Ә. Мұқанова, А. Назырова CRF ЖӘНЕ RANDOM FOREST МОДЕЛДЕРІНІҢ КӨМЕГІМЕН ҚАЗАҚ ТІЛІНДЕ АТАЛҒАН ОБЪЕКТІЛЕРДІ ТАҢУ: САЛЫСТЫРМАЛЫ ЗЕРТТЕУ.....	7
Г.Б. Абдикеримова, М.Б. Есенова, Т.Т. Оспанова, У.Ж. Айтимова, М. Айтимов ҒАРЫШТЫҚ КЕСКІНДЕРДІ ӨНДЕУДЕ АҚПАРАТТЫҚ ТЕКСТУРАЛЫҚ ЛАВС МАСКАЛАР ӘДІСТЕРІН ҚОЛДАНУ.....	18
Б.У. Асанова, Б.Б. Оразбаев, Ж.Ж. Молдашева, Г.Ж. Шүйтенов, Э.М. Дюсембина ТҮРЛІ СИПАТТАҒЫ ҚОЛ ЖЕТІМДІ АҚПАРАТТАР НЕГІЗІНДЕ БАЯУ КОКСТЕУ ҚОНДЫРҒЫСЫНЫҢ ӨЗАРА БАЙЛАНЫСҚАН ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ АГРЕГАТТАРЫ МОДЕЛЬДЕРІН ҚҰРУ ӘДІСТЕМЕСІ.....	28
Г.Б. Бахадирова, Н. Тасболатұлы, А.С. Муканова, Ш. Тураев MATLAB SIMULINK-ТЕ СЫЗЫҚТЫҚ ЕМЕС ЖҮЙЕ ҮШІН КЕРІ БАЙЛАНЫСТЫ СЫЗЫҚТЫҚ БАСҚАРУДЫ ЖОБАЛАУ.....	44
Е.С. Голенко, А.А. Исмаилова ПРЕДСКАЗАНИЕ ФУНКЦИЙ БЕЛКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМБИНАЦИИ VILSTM И АЛГОРИТМА САМОВНИМАНИЯ.....	62
Л.З. Жолшиева, Т.К. Жукабаева, Ш. Тураев, М.А. Бердиева CNN НЕГІЗІНДЕ ҚАЗАҚ ҒЫМ ТІЛІН ТАҢУ.....	76
К.К. Кадиркулов, А.А. Исмаилова, Ә.Б. Бейсегұл ЛАБОРАТОРИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУ НӘТИЖЕЛЕРІН ТАЛДАУ ҮШІН МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУДЫҢ МОДЕЛІН ТАҢДАУ.....	88
А. Муканова, А. Муханова, Т. Оспанова, А. Бакиева, В. Махатова ҚҰЗЫРЕТТІК ТӘСІЛДЕР НЕГІЗІНДЕГІ БІЛІМ БЕРУ БАҒДАРЛАМАЛАРЫН ӨЗІРЛЕУДІҢ МАҢЫЗДЫ АСПЕКТІЛЕРІ.....	99
Ш.Ж. Мусиралиева, М.А. Болатбек, М. Сағынай, Ж.Ы. Елтай, К.Б. Багитова ЭКСТРЕМИСТІК МӘЛІМЕТТЕР ТҮСІНІГІ ЖӘНЕ ЭКСТРЕМИЗМГЕ ҚАРСЫ КҮРЕС ЖОБАЛАРЫНА ЖҮЙЕЛІК ШОЛУ.....	112
Д. Оралбекова, О. Мамырбаев, А. Жунусова, Б. Жұмажанов КҮРДЕЛІ МОРФОЛОГИЯЛЫҚ ҚҰРЫЛЫМЫ БАР ТІЛГЕ АРНАЛҒАН ЗАМАНАУИ ТІЛДІК МОДЕЛЬДЕУ ӘДІСТЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	131
Б.Т. Рзаев, Ж.Т. Бельдеубаева, И.М. Увалиева СТЕКИНГ ӘДІСІН ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ АҚПАРАТТЫҚ ЖЕЛІДЕГІ ЗИЯНДЫ ДЕРЕКТЕРДІ АНЫҚТАУ.....	147
Н.С. Баймулдина, Г.Н. Скабаева, А.Д. Жақсыбаева БИОТЕХНОЛОГИЯ САЛАСЫНДАҒЫ ЖОБАЛАРДЫ БАСҚАРУДЫҢ БАҒДАРЛАМАЛЫҚ ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУІ.....	161
А.Ә. Таурбекова, Ө.Ж. Мамырбаев, Б. Т. Қарымсакова, Б. Ж. Жұмажанов МАГМАНЫҢ ШЫҒУ ПРОЦЕСІН ЗЕРТТЕУ.....	176
Г.С. Шаймерденова, Р.А. Саркулакова, М.М. Тұрғанбекова, Б.Ө. Тастанбекова, М.Т. Байжанова, МОБИЛЬДІ ЖӘНЕ ОНЛАЙН-БАНКИНГТЕГІ ЖЕТІСТІКТЕР: ТЕХНОЛОГИЯЛАР МЕН ИННОВАЦИЯЛАРДЫ КЕШЕНДІ ТАЛДАУ.....	193
Я. Кучин, Н. Юничева, Р.И. Мухамедиев, Е. Мухамедиева МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІМЕН ҚАБАТТЫҢ ТОТЫҒУ АЙМАҚТАРЫН ОҚШАУЛАУ МҮМКІНДІГІН БАҒАЛАУ.....	210

СОДЕРЖАНИЕ

Г. Абдикалык, А. Муканова, А. Назырова РАСПОЗНАВАНИЕ ИМЕНОВАННЫХ ИМЕНОВАННЫХ ОБЪЕКТОВ В КАЗАХСКОМ ЯЗЫКЕ С ПОМОЩЬЮ МОДЕЛЕЙ CRF И RANDOM FOREST: СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ.....	7
Г.Б. Абдикеримова, М.Б. Есенова, Т.Т. Оспанова, У.Ж. Айтимова, М. Айтимов ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ИНФОРМАТИВНОЙ ТЕКСТУРНОЙ МАСОК ЛАВСА ПРИ ОБРАБОТКЕ КОСМИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ.....	18
Б.У. Асанова, Б.Б. Оразбаев, Ж.Ж. Молдашева, Г.Ж. Шуйтенов, Э.М. Дюсембина МЕТОДИКА РАЗРАБОТКИ МОДЕЛЕЙ ВЗАИМОСВЯЗАННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ АГРЕГАТОВ УСТАНОВКИ ЗАМЕДЛЕННОГО КОКСОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ДОСТУПНОЙ ИНФОРМАЦИИ РАЗЛИЧНОГО ХАРАКТЕРА.....	28
Г.Б. Бахадирова, Н. Тасболатұлы, А.С. Муканова, Ш.Тураев ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛИНЕЙНОГО УПРАВЛЕНИЯ С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ ДЛЯ НЕЛИНЕЙНОЙ СИСТЕМЫ В MATLAB SIMULINK.....	44
Е.С. Голенко, А.А. Исмаилова ПРЕДСКАЗАНИЕ ФУНКЦИЙ БЕЛКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМБИНАЦИИ VILSTM И АЛГОРИТМА САМОВНИМАНИЯ.....	62
Л.З. Жолшиева, Т.К. Жукабаева, Ш. Тураев, М.А. Бердиева РАСПОЗНАВАНИЕ КАЗАХСКОГО ЖЕСТОВОГО ЯЗЫКА НА ОСНОВЕ CNN.....	76
К.К. Кадиркулов, А.А. Исмаилова, Ә.Б. Бейсегұл ВЫБОР МОДЕЛИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ПО ИНТЕРПРЕТАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	88
А. Мукашова, А. Муханова, Т. Оспанова, А. Бакиева, В. Махагова ВАЖНЫЕ АСПЕКТЫ РАЗРАБОТКИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ, ОСНОВАННЫХ НА КОМПЕТЕНТНОСТНОМ ПОДХОДЕ.....	99
Ш.Ж. Мусиралиева, М.А. Болатбек, М. Сағынай, Ж.Ы. Елтай, К.Б. Багитова ПОНЯТИЕ ЭКСТРЕМИСТСКИХ ДАННЫХ И СИСТЕМНЫЙ ОБЗОР ПРОЕКТОВ ПО БОРЬБЕ С ЭКСТРЕМИЗМОМ.....	112
Д. Оралбекова, О. Мамырбаев, А. Жунусова, Б. Жумажанов ИССЛЕДОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ЯЗЫКОВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ЯЗЫКА СО СЛОЖНОЙ МОРФОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРОЙ.....	131
Б.Т. Рзаев, Ж.Т. Бельдеубаева, И.М. Увалнева ИДЕНТИФИКАЦИЯ ВРЕДОНОСНЫХ ДАННЫХ В ИНФОРМАЦИОННОЙ СЕТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА СТЕКИНГА.....	147
Н.С. Баймулдина, Г.Н. Скабаева, А.Д. Жақсыбаева ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ В ОБЛАСТИ БИОТЕХНОЛОГИИ.....	161
А.А. Таурбекова, О.Ж. Мамырбаев, Б.Т. Карымсакова, Б.Ж. Жумажанов ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ИСТЕЧЕНИЯ МАГМЫ.....	176
Г.С. Шаймерденова, Р.А. Саркулакова, М.М. Турганбекова, Б.О. Тастанбекова, М.Т. Байжанова ДОСТИЖЕНИЯ В МОБИЛЬНОМ И ОНЛАЙН-БАНКИНГЕ: КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ И ИННОВАЦИЙ.....	193
Я. Кучин, Н. Юничева, Р.И. Мухамедиев, Е. Мухамедиева ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ВЫДЕЛЕНИЯ ЗОН ПЛАСТОВОГО ОКИСЛЕНИЯ МЕТОДАМИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ.....	210

CONTENTS

G. Abdikalyk, A. Mukanova, A. Nazyrova NAMED ENTITY RECOGNITION FOR KAZAKH LANGUAGE USING CRF AND RANDOM FOREST MODELS: A COMPARATIVE STUDY.....	7
G.B. Abdikerimova, M.B. Yessenova, T.T. Ospanova, U.Zh Aitimova, M. Murat USE OF INFORMATION TEXTURE LAWS MASK METHODS IN SPACE IMAGE PROCESSING.....	18
B. Assanova, B. Orazbayev, Zh. Moldasheva, G. Shuitenov, E. Dyussemina METHODOLOGY FOR DEVELOPING MODELS OF INTERRELATED TECHNOLOGICAL UNITS OF A DELAYED COKING UNIT ON THE BASIS OF AVAILABLE INFORMATION OF A DIFFERENT NATURE.....	28
G.B. Bahadirova, H. Tasbolatuly, A.S. Mukanova, Sh. Turaev DESIGNING LINEAR FEEDBACK CONTROL FOR A NONLINEAR SYSTEM IN MATLAB SIMULINK.....	44
Y.S. Golenko, A.A. Ismailova PROTEIN FUNCTION PREDICTION USING THE COMBINATION OF BILSTM AND SELF-ATTENTION ALGORITHM.....	62
L. Zholshiyeva, T. Zhukabayeva, Sh. Turaev, M. Berdieva KAZAKH SIGN LANGUAGE RECOGNITION BASED ON CNN.....	76
K. Kadirkulov, A. Ismailova, A. Beissegul SELECTION OF A MACHINE LEARNING MODEL FOR INTERPRETING LABORATORY RESULTS.....	88
A. Mukashova, A. Mukanova, T. Ospanova, A. Bakiyeva, V. Makhatova IMPORTANT ASPECTS OF DEVELOPING EDUCATIONAL PROGRAMS BASED ON THE COMPETENCY-BASED APPROACH.....	99
Sh. Mussiraliyeva, M. Bolatbek, M. Sagynay, Zh. Yeltay, K. Bagitova THE CONCEPT OF EXTREMIST DATA AND A SYSTEMATIC REVIEW OF ANTI-EXTREMISM PROJECTS.....	112
D. Oralbekova, O. Mamyrbayev, A. Zhunussova, B. Zhumazhanov STUDY OF MODERN METHODS OF LANGUAGE MODELING FOR A LANGUAGE WITH A COMPLEX MORPHOLOGICAL STRUCTURE.....	131
B. Rzayev, Zh. Beldeubayeva, I. Uvaliyeva IDENTIFICATION OF MALICIOUS DATA IN THE INFORMATION NETWORK BY USING THE STACKING METHOD.....	147
N.S. Baimuldina, G.N. Skabayeva, A. Zhaksybayeva PROJECT MANAGEMENT SOFTWARE IN THE FIELD OF BIOTECHNOLOGY.....	161
A.A. Taurbekova, O.Zh. Mamyrbaev, B.T. Karymsakova, B.Zh. Zhumazhanov INVESTIGATIONS OF MAGMA OUTPUT PROCESS.....	176
G.S. Shaimerdenova, R.A. Sarkulakova, M.M. Turganbekova, B.O. Tastanbekova, M.T. Baizhanova ADVANCEMENTS IN MOBILE AND ONLINE BANKING: A COMPREHENSIVE ANALYSIS OF TECHNOLOGIES AND INNOVATIONS.....	193
Y. Kuchin, N. Yunicheva, R.I. Mukhamediev, E. Mukhamedieva ESTIMATION OF THE POSSIBILITY TO SELECT RESERVOIR OXIDATION ZONES BY MACHINE LEARNING METHODS.....	210

**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)

Подписано в печать 28.09.2023.

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

18,0 п.л. Тираж 300. Заказ 3.