

ISSN 2518-1483 (Online),
ISSN 2224-5227 (Print)

2024 • 2



ҚАЙЫРЫМДЫЛЫҚ ҚОРЫ
HALYK
CHARITY FOUNDATION

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

БАЯНДАМАЛАРЫ

ДОКЛАДЫ

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

REPORTS

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

PUBLISHED SINCE JANUARY 1944

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:

БЕНБЕРИН Валерий Васильевич, медицина ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Қазақстан Республикасы Президенті Іс Басқармасы Медициналық орталығының директоры (Алматы, Қазақстан), Н = 11

РЕДАКЦИЈАЛЫҚ АЛҚА:

РАМАЗАНОВ Тілекқабил Сәбитұлы, (бас редактордың орынбасары), физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі (Алматы, Қазақстан), Н = 26

РАМАНҚҰЛОВ Ерлан Мирхайдарұлы, (бас редактордың орынбасары), профессор, ҚР ҰҒА корреспондент-мүшесі, Ph.D биохимия және молекулалық генетика саласы бойынша Ұлттық биотехнология орталығының бас директоры (Нұр-Сұлтан, Қазақстан), Н = 23

САНГ-СУ Квак, Ph.D (биохимия, агрохимия), профессор, Корей биоғылым және биотехнология ғылыми-зерттеу институты (KRIBB), өсімдіктердің инженерлік жүйелері ғылыми-зерттеу орталығының бас ғылыми қызметкері, (Дэчон, Корея), Н = 34

БЕРСІМБАЕВ Рахметқажы Ескендірұлы, биология ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Еуразия ұлттық университеті. Л.Н. Гумилев (Нұр-Сұлтан, Қазақстан), Н = 12

ӘБИЕВ Руфат, техника ғылымдарының докторы (биохимия), профессор, Санкт-Петербург мемлекеттік технологиялық институты «Химиялық және биотехнологиялық аппаратураны онтайландыру» кафедрасының меңгерушісі, (Санкт-Петербург, Ресей), Н = 14

ЛЮКШИН Вячеслав Нотанович, медицина ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, «PERSONA» халықаралық клиникалық репродуктология орталығының директоры (Алматы, Қазақстан), Н = 8

СЕМЕНОВ Владимир Григорьевич, биология ғылымдарының докторы, профессор, Чуваш республикасының еңбек сіңірген ғылым қайраткері, «Чуваш мемлекеттік аграрлық университеті» Федералдық мемлекеттік бюджеттік жоғары білім беру мекемесі Акушерлік және терапия кафедрасының меңгерушісі, (Чебоксары, Ресей), Н = 23

ФАРУК Асана Дар, Хамдар аль-Маджида Хамдар университетінің шығыс медицина факультеті, Шығыс медицинасы колледжінің профессоры, (Карачи, Пәкістан), Н = 21

ЩЕПЕТКИН Игорь Александрович, медицина ғылымдарының докторы, Монтана штаты университетінің профессоры (Монтана, АҚШ), Н = 27

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

МАЛЫМ Анна, фармацевтика ғылымдарының докторы, профессор, Люблин медицина университетінің фармацевтика факультетінің деканы (Люблин, Польша), Н = 22

БАЙМҰҚАНОВ Дастан Асылбекұлы, ауыл шаруашылығы ғылымдарының докторы, ҚР ҰҒА корреспондент мүшесі, "Мал шаруашылығы және ветеринария ғылыми-өндірістік орталығы" ЖШС мал шаруашылығы және ветеринарлық медицина департаментінің бас ғылыми қызметкері (Нұр-Сұлтан, Қазақстан), Н = 1

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

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

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

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

ЖУСНОВ 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

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

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, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), Н = 12

«Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясының баяндамалары»

ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)

Меншіктеуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» Республикалық қоғамдық бірлестігі (Алматы қ.). Қазақстан Республикасының Ақпарат және қоғамдық даму министрлігінің Ақпарат комитетінде 29.07.2020 ж. берілген № KZ93VPY00025418 мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

Тақырыптық бағыты: *өсімдік шаруашылығы, экология және медицина саласындағы биотехнология және физика ғылымдары.*

Мерзімділігі: жылына 4 рет. Тиражы: 300 дана.

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

<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

БЕНБЕРИН Валерий Васильевич, доктор медицинских наук, профессор, академик НАН РК, директор Медицинского центра Управления делами Президента Республики Казахстан (Алматы, Казахстан), Н = 11

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

РАМАЗАНОВ Тлеккабул Сабитович, (заместитель главного редактора), доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), Н = 26

РАМАНКУЛОВ Ерлан Мирхайдарвич, (заместитель главного редактора), профессор, член-корреспондент НАН РК, Ph.D в области биохимии и молекулярной генетики, Генеральный директор Национального центра биотехнологии (Нур-Султан, Казахстан), Н = 23

САНГ-СУ Квак, доктор философии (Ph.D, биохимия, агрохимия), профессор, главный научный сотрудник, Научно-исследовательский центр инженерных систем растений, Корейский научно-исследовательский институт бионауки и биотехнологии (KRIBB), (Дэчон, Корея), Н = 34

БЕРСИМБАЕВ Рахметкажи Искендерович, доктор биологических наук, профессор, академик НАН РК, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева (Нур-Султан, Казахстан), Н = 12

АБНЕВ Руфат, доктор технических наук (биохимия), профессор, заведующий кафедрой «Оптимизация химической и биотехнологической аппаратуры», Санкт-Петербургский государственный технологический институт (Санкт-Петербург, Россия), Н = 14

ЛЮКШИН Вячеслав Нотанович, доктор медицинских наук, профессор, академик НАН РК, директор Международного клинического центра репродуктологии «PERSONA» (Алматы, Казахстан), Н = 8

СЕМЕНОВ Владимир Григорьевич, доктор биологических наук, профессор, заслуженный деятель науки Чувашской Республики, заведующий кафедрой морфологии, акушерства и терапии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Чувашский государственный аграрный университет» (Чебоксары, Чувашская Республика, Россия), Н = 23

ФАРУК Асана Дар, профессор Колледжа восточной медицины Хамдарда аль-Маджида, факультет восточной медицины Университета Хамдарда (Карачи, Пакистан), Н = 21

ЦЕЛЕТКИН Игорь Александрович, доктор медицинских наук, профессор Университета штата Монтана (США), Н = 27

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

МАЛЫМ Анна, доктор фармацевтических наук, профессор, декан фармацевтического факультета Люблинского медицинского университета (Люблин, Польша), Н = 22

БАЙМУКАНОВ Дастанбек Асылбекович, доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент НАН РК, главный научный сотрудник Департамента животноводства и ветеринарии (Нур-Султан, Казахстан), Н = 1

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

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

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

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

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

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

Доклады Национальной академии наук Республики Казахстан

ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (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 № **KZ93VPY00025418**, выданное 29.07.2020 г.

Тематическая направленность: *биотехнология в области растениеводства, экологии, медицины и физические науки.*

Периодичность: 4 раз в год. Тираж: 300 экземпляров

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

<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>

EDITOR IN CHIEF:

BENBERIN Valery Vasilievich, Doctor of Medicine, Professor, Academician of NAS RK, Director of the Medical Center of the Presidential Property Management Department of the Republic of Kazakhstan (Almaty, Kazakhstan), H = 11

EDITORIAL BOARD:

RAMAZANOV Tlekkabul Sabitovich, (Deputy Editor-in-Chief), Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK (Almaty, Kazakhstan), H = 26

RAMANKULOVA Erlan Mirkhaidarovich, (Deputy Editor-in-Chief), Professor, Corresponding Member of NAS RK, Ph.D in the field of biochemistry and molecular genetics, General Director of the National Center for Biotechnology (Nur-Sultan, Kazakhstan), H = 23

SANG-SOO Kwak, PhD in Biochemistry, Agrochemistry, Professor, Chief Researcher, Plant Engineering Systems Research Center, Korea Research Institute of Bioscience and Biotechnology (KRIBB), (Daecheon, Korea), H = 34

BERSIMBAEV Rakhmetkazhi Iskendirovich, Doctor of Biological Sciences, Professor, Academician of NAS RK, L.N. Gumilyov Eurasian National University (Nur-Sultan, Kazakhstan), H = 12

ABIYEV Rufat, Doctor of Technical Sciences (Biochemistry), Professor, Head of the Department of Optimization of Chemical and Biotechnological Equipment, St. Petersburg State Technological Institute (St. Petersburg, Russia), H = 14

LOKSHIN Vyacheslav Notanovich, Professor, Academician of NAS RK, Director of the PERSONA International Clinical Center for Reproductology (Almaty, Kazakhstan), H = 8

SEMENOV Vladimir Grigorievich, Doctor of Biological Sciences, Professor, Honored Scientist of the Chuvash Republic, Head of the Department of Morphology, Obstetrics and Therapy, Chuvash State Agrarian University (Cheboksary, Chuvash Republic, Russia), H = 23

PHARUK Asana Dar, professor at Hamdard al-Majid College of Oriental Medicine. Faculty of Oriental Medicine, Hamdard University (Karachi, Pakistan), H = 21

TSHEPETKIN Igor Aleksandrovich, Doctor of Medical Sciences, Professor at the University of Montana (Montana, USA), H = 27

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

MALM Anna, Doctor of Pharmacy, Professor, Dean of the Faculty of Pharmacy, Lublin Medical University (Lublin, Poland), H = 22

BAIMUKANOV Dastanbek Asylbekovich, Doctor of Agricultural Sciences, Corresponding Member of the NAS RK, Chief Researcher of the department of animal husbandry and veterinary medicine, Research and Production Center for Livestock and Veterinary Medicine Limited Liability Company (Nur-Sultan, Kazakhstan), H=1

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

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

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

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

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, Academician of NAS RK, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), H = 12

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

ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (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. **KZ93VPY00025418**, issued 29.07.2020.

Thematic scope: *biotechnology in the field of crop research, ecology and medicine and physical sciences.*

Periodicity: 4 times a year. Circulation: 300 copies.

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

<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>

REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC
OF KAZAKHSTAN

ISSN 2224-5227

Volume 2. Number 350 (2024), 103–115

<https://doi.org/10.32014/2024.2518-1483.282>

УДК 52-17: 520.82: 520.88: 519.688

МРПТИ 41.51.27(41):41.23.17

© A. Serebryanskiy^{1*}, A. Khalikova², 2024

¹Fesenkov Astrophysical Institute, Almaty, Kazakhstan;

²Ulugh Beg Astronomical Institute, Tashkent, Uzbekistan.

SEARCH FOR VARIABLE STARS IN MONITORING AND SURVEY PHOTOMETRIC OBSERVATIONS USING MACHINE LEARNING METHODS

Serebryanskiy A. — Fesenkov Astrophysical Institute, Almaty, Kazakhstan

E-mail: alex@fai.kz <https://orcid.org/0000-0002-4313-7416>;

Khalikova A. — Ulugh Beg Astronomical Institute, Tashkent, Uzbekistan

E-mail: akhalikov@astrin.uz <https://orcid.org/0000-0001-9624-9852>;

Abstract: As a result of photometric survey and monitoring campaigns, several hundred CCD images are obtained in one night of observations, each of which, depending on the parameters of the telescope, may contain up to several thousand sources (stars, asteroids and other objects of near-Earth space). To effectively use such an array of data in order to detect variable stars and transient events, an effective method of Big Data analyzing is needed. In this paper, we present a method for detecting variable stars in photometric survey and monitoring observation campaigns using machine learning algorithms. It is shown that the determination of all possible characteristics of the variability of time series (light curves), followed by selection of most relevant parameters, followed by decomposition into principal components and the search for the most informative among them (reducing the dimension of the problem), allows us to apply the binary classification method using the Random Forest algorithm at a level of precision not worse than 70 % for variable stars identification.

Keywords: photometrical survey; variable stars; methods of machine learning

© А. Серебрянский^{1*}, А. Халикова², 2024

¹ Фесенков атындағы Астрофизика Институты, Алматы, Қазақстан;

² Улуг Бег Астрономиялық Институты, Ташкент, Өзбекстан.

E-mail: alex@fai.kz

МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІН ҚОЛДАНЫП ШОЛУ ЖӘНЕ МОНИТОРИНГТІ ФОТОМЕТРЛІК БАҚЫЛАУЛАРЫНАН АЙНЫМАЛЫ ЖҰЛДЫЗДАРДЫ ІЗДЕУ

Серебрянский А. — Фесенков атындағы Астрофизика Институты, Алматы, Қазақстан

E-mail: alex@fai.kz <https://orcid.org/0000-0002-4313-7416>;

Халикова А. — Улуг Бег Астрономиялық Институты, Ташкент, Өзбекстан

E-mail: akhalikov@astrin.uz <https://orcid.org/0000-0001-9624-9852>.

Аннотация. Бір түнде фотометрлік шолу және мониторинг науқандарын жүргізудің нәтижесінде бірнеше жүздеген Зарядталған байланыс аспабы (ЗБА) - бейнелерін алынады, олардың әрқайсысында телескоптың параметрлеріне байланысты бірнеше мыңға дейінгі объектілер болуы мүмкін (жұлдыздар, астероидтар және жерге жақын ғарыш кеңістігінің басқа объектілері). Айнымалы жұлдыздар мен өтпелі оқиғаларды анықтау мақсатында осындай массивті тиімді пайдалану үшін, яғни үлкен мәліметтер массивін талдауға тиімді әдіс қажет. Мақалада, машиналық оқыту алгоритмдерін қолдана отырып, шолу және мониторингті фотометрлік бақылауларынан айнымалы жұлдыздарды анықтаудың алгоритмі берілген. Уақыттық қатарлардың (жарқырау қисықтарын) айнымалылығының барлық сипаттамаларын анықтауға, содан кейін тиісті параметрлерді таңдау, оларды негізгі құраушыларға бөлу және олардың ішінен ең ақпараттысын іздеуге (тапсырма өлшемін азайту), Random Forest алгоритмін қолдану айнымалы жұлдыздарды анықтау дәлдігінің 70 % кем емес деңгейде, жіктеу әдісін қолдануға мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: фотометрлік шолулар; айнымалы жұлдыздар; машиналық оқыту әдістері.

© А. Серебрянский^{1*}, А. Халикова², 2024

¹ Астрофизический институт им. Фесенкова, Алматы, Казахстан;

² Астрономический институт им. Улугбека, Ташкент, Узбекистан.

E-mail: alex@fai.kz

ПОИСК ПЕРЕМЕННЫХ ЗВЕЗД В МОНИТОРИНГОВЫХ И ОБЗОРНЫХ ФОТОМЕТРИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Серебрянский Александр — Астрофизический институт им. Фесенкова, Алматы, Казахстан

E-mail: alex@fai.kz <https://orcid.org/0000-0002-4313-7416>;

Халикова А. — Астрономический институт им. Улугбека, Ташкент, Узбекистан

E-mail: akhalikov@astrin.uz <https://orcid.org/0000-0001-9624-9852>.

Аннотация. В результате проведения фотометрических обзорных и мониторинговых кампаний за одну ночь наблюдений получают несколько сотен ПЗС-изображений на каждом из которых, в зависимости от параметров телескопа, может быть до нескольких тысяч источников (звезд, астероидов и других объектов околоземного космического пространства). Для эффективного использования такого массива данных с целью обнаружения переменных звезд и транзиентных событий, необходим эффективный метод анализа большого массива данных. В данной статье представлен алгоритм обнаружения переменных звезд в данных фотометрических обзорных и мониторинговых кампаниях наблюдений с использованием алгоритмов машинного обучения. Показано, что определение всех возможных характеристик изменчивости временных рядов (кривых блеска) с последующей селекцией релевантных параметров, разложением их по главным компонентам и поиском среди них наиболее информативных (сокращение размерности задачи), позволяет применить методику классификации с использованием алгоритма Random Forest на уровне не хуже 70 % точности идентификации переменных звезд.

Ключевые слова: фотометрические обзоры; переменные звезды; методы машинного обучения

Исследование финансируется Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (программа № BR21881880).

Введение

За все время фотометрических ПЗС наблюдений, проводимых в АФИФ, накопился большой объем наблюдательных данных с продолжительностью отдельных серий наблюдений до нескольких часов (Shomsheкова и др., 2022). В рамках создаваемого АстроХаба ожидается многократный рост объема таких данных наблюдений. Такой фотометрический материал очень важен для задач поиска новых переменных звезд с разнообразной природой их изменчивости, а также для поиска потенциальных транзиентных событий.

Такие серии наблюдений проводились с целью исследований отдельных интересующих объектов и, как результат, очень большое количество объектов, попадающих в поле, оставались без внимания из-за невозможности их анализа без процесса автоматизации поиска объектов в поле с последующей их фотометрией. Решение такой задачи стало возможным с разработкой и внедрением конвейерного алгоритма анализа данных ПЗС-наблюдений (Serebryanskiy и др., 2018: 37–47).

С помощью него были получены кривые блеска нескольких тысяч звезд для каждой серии наблюдений. Понятно, что просмотр всех кривых блеска на предмет поиска среди них переменных звезд и транзиентных событий становится задачей сложной, а результаты такого поиска подвержены человеческому фактору, включая субъективность выбора. С вводом в строй телескопов с большим полем обзора (в этом случае количество звезд в поле может достигать десятки тысяч) и началом систематического мониторинга на обсерватории Ассы-Тургень, задача становится еще более затратной.

В этой связи встал вопрос о разработке алгоритма автоматизации процесса поиска переменных звезд. Наиболее привлекательным видится поиск решения с привлечением алгоритмов машинного обучения. Такие задачи решаются в разных проектах разнообразными методами (Soraisam и др., 2020: 112; Kim и др., 2016; Giles и др., 2019: 834–849; Webb и др., 2020: 3077–3094; Naul и др., 2018: 151–155).

Материалы и методы

В представленной работе предлагается решение задачи поиска переменных звезд на основе бинарного алгоритма селекции. Другими словами, мы решаем задачу – определить, есть ли в кривой блеска какая-то особенность («переменная») или звезду можно считать стационарной («постоянная») в пределах точности полученных фотометрических оценок, которые определяются по уровню шума в кривых блеска.

Поскольку мы имеем дело с наземными фотометрическими наблюдениями, ожидать точность фотометрии на уровне 10^{-3} магнитуды и выше не приходится и, следовательно, все типы переменных звезд с вариациями блеска ниже данного предела попадают под класс «постоянные».

Если обозначить количество звезд в поле ПЗС кадра, для которых получены кривые блеска, как N_{stars} , то мы имеем вектор значений $\mathbf{y} = \{y_1, \dots, y_{N_{stars}}\}$, где $y_i=1$, если звезда переменная, и $y_i=0$ в противном случае.

Такую задачу классификации можно реализовать, если для каждой из кривой блеска получить некоторые характеристики, отражающие поведение и статистику кривых блеска, с последующим анализом этих характеристик и выявления переменных звезд по совокупности характерных признаков.

В данной работе мы представляем один из возможных способов решения поставленной задачи на примере одной серии фотометрических ПЗС наблюдений, полученных на телескопе Цейсс-1000 «Восточный» ТШАО 26 января 2022 года. Целью наблюдений была фотометрия астероида 153591 (2001 SN263). Наблюдения проводились в третьем биннинге (процедура усреднения сигнала на аппаратном уровне, на ПЗС камере по количеству пикселей), с экспозицией 40 сек., в фильтре R Джонсона-Коузина. Общая продолжительность наблюдений порядка 4.5 часов (количество ПЗС кадров порядка 300).

В результате выполнения потоковой фотометрии было получено более 500 кривых блеска. Поскольку этот массив данных не слишком большой, была проведена визуальная инспекция каждой кривой блеска и выявлено 6 явно переменных звезд. Эти звезды в последующем были использованы нами как индикаторы правильности работы алгоритма классификации. В качестве метода такой классификации был выбран алгоритм «Random Forest», относящийся к классу алгоритмов «supervised learning» (обучение с «наставником»). Для построения успешной модели

классификации с использованием этого алгоритма, количества наблюдаемых кривых блеска, учитывая число переменных звезд среди них, недостаточно. Кроме того, недостаточно представлено и все разнообразие возможных переменных звезд. Поэтому было принято решение применить в качестве обучающего материала искусственно сгенерированные кривые блеска, продолжительность, диапазон звездных величин и статистические параметры шума которых наиболее близко отражают реальные наблюдения. При этом в искусственных кривых блеска есть возможность смоделировать любой тип переменности, в любом диапазоне амплитуд. Всего было сгенерировано 4263 кривые блеска, среди которых 263 кривые блеска относятся к переменным звездам.

Для определения индексов переменности существует несколько возможностей. Одной из них является использование пакетов FATS (Nun и др., 2017) или FEETS (Cabral и др., 2018: 213–220) (<https://feets.readthedocs.io/en/latest/tutorial.html>). Детальное описание одной из методик поиска переменных звезд по кривым блеска дано также в работе (Richards и др., 2011). Другой возможностью является использование пакета TSFRESH (Christ и др., 2018: 72–77), разработанного на базе пакета FRESH (Christ и др., 2017) (www.github.com/blue-yonder/tsfresh) с более широким спектром применения. Мы остановились на второй возможности, поскольку общее количество различных параметров переменности временных серий в TSFRESH на порядок больше чем в FEETS, а их интерпретация проста. Кроме того, было показано, что для успешной классификации временных серий наиболее плодотворным является подход, при котором сначала вычисляются все возможные ее характеристики, а уже потом применяются различные алгоритмы фильтрации для выделения наиболее существенных из них.

В настоящее время наиболее полным набором извлекаемых характеристик временных серий среди всех пакетов в открытом доступе обладает именно TSFRESH, который создавался согласно курсу разработок «Интернет вещей» и «Индустрия 4.0». Кроме того, в пакете реализовано большое количество методов проверки различных статистических гипотез и моделей. Общее количество параметров в TSFRESH порядка 800. Не все из этих параметров применимы для анализа кривых блеска. Для селекции необходимых параметров в пакете предусмотрена специальная процедура, позволяющая сократить их число до, приблизительно, 300. Это количество параметров сравнимо с количеством переменных звезд и сопоставимо с общим числом звезд, что может привести к хорошо известному отрицательному эффекту при использовании алгоритма «Random Forest» – хорошей аппроксимации тестовых данных, но к обнаружению ложных переменных в реальных данных. Кроме того, среди 300 параметров есть множество тех, которые можно считать зависимыми друг от друга или очень близкими по смыслу между собой. Следовательно, необходимо выделить среди них наиболее важные и независимые параметры. Пакет TSFRESH позволяет это сделать с помощью процедуры *permutation_importance()*, которая случайным образом переставляет параметры переменности и, тем самым, определяет, какой из параметров наиболее важен. Тем не менее, опыт показал, что это не самый лучший способ первоначальной селекции параметров. Так, при выбрасывании одного параметра распределение по их важности меняется, а также из-за зависимости друг от друга некоторых параметров их ранжирование по важности тоже не является

независимым.

Для решения этой проблемы мы применили метод разложения на главные компоненты (PCA – Principal Component Analysis). Вкратце смысл этого подхода заключается в том, чтобы найти такое линейное преобразование из пространства наших параметров в пространство некоторых других параметров, при котором сохранялась бы информативность. При этом размерность нашего пространства параметров может быть значительно сокращена.

Таким образом, в предложенном подходе есть два набора неопределенных параметров – параметры алгоритма «Random Forest» и количество главных параметров (principal components) в алгоритме PCA. О выборе значений этих параметров будет сказано ниже.

Результаты

Всего было использовано 4263 искусственно сгенерированных данных. Среди них 4000 кривых блеска для постоянных звезд, в кривых блеска которых присутствует случайный шум, зависящий от звездной величины и «красный» шум для моделирования влияния инструментальных эффектов. Остальные 263 звезды – это переменные звезды с различным типом переменности, разными амплитудами и периодами.

Каждая искусственная кривая блеска содержит 300 значений звездной величины с равномерной выборкой по времени. Средние значения звездной величины, ее дисперсия и значения ошибок в каждой смоделированной кривой блеска были взяты максимально близко соответствующими реальным наблюдениям. Построив зависимость стандартного отклонения от среднего значения, и ошибки от среднего значения, мы аппроксимировали их полиномом третьего порядка. Таким образом, мы получили 1000 значений звездных величин в диапазоне от 13 до 19, и соответствующие им величину дисперсии и ошибки, которые оказались в диапазоне 0.007–0.122 магнитуд. Затем, случайным образом выбрав звездную величину, к искусственной кривой блеска (как переменной, так и постоянной) добавлялся нормальный шум с помощью пакета *numpy.random.normal*, с дисперсией соответствующей магнитуде звезды. Затем к полученной кривой блеска добавлялся шум с гауссовским распределением, со спектром, имеющим степенной закон с произвольными показателями, из пакета *colorednoise*. Параметры выбирались таким образом, чтобы окончательный вид кривых блеска максимально был похож на реальные кривые блеска.

Каждая кривая блеска (m_j , где j соответствует номеру звезды) представляет собой матрицу значений размерностью $3 \times N_{\text{data}}$, где первые три размерности соответствуют времени наблюдений, звездной величине и ошибке определения звездной величины (t , mag , Δmag), а N_{data} – это общее количество точек в кривой блеска. Для уменьшения влияния шума каждая кривая блеска проходит операцию избавления от вылетающих значений. Далее кривые блеска нормируются:

$$m_j^t = \frac{m_j - \bar{m}_j}{\sigma_{m_j}}$$

На заключительном этапе нормированные кривые блеска сглаживаются скользящим средним с шириной окна 5 минут (при экспозиции 40 сек. Это соответствует сглаживанию приблизительно по 7-8 точкам).

Для реализации алгоритма TSFRESH все кривые блеска представлены в единой матрице размерностью $3 \times N_{\text{total}}$, где первые три размерности соответствуют идентификационному номеру звезды (ID), времени наблюдений (t) и магнитуде (mag), а значение $N_{\text{total}} = N_{\text{data}} \times N_{\text{stars}}$. Весь массив представляется в виде формата *pandas.DataFrame*.

Для получения полного (исчерпывающего) списка параметров в TSFRESH используется процедура *ComprehensiveFCParameters()*. Для выделения среди них релевантных параметров используется процедура *extract_relevant_features()*, на вход которой передается массив кривых блеска, а также вектор с идентификацией переменных звезд, *y*. При этом, для ускорения вычислений, используется многопроцессорность вычислений, реализуемых процедурой *Multiprocessing Distributor()*. В результате мы получаем матрицу параметров размерностью $N_{\text{par}} \times N_{\text{stars}}$.

Пространство параметров после селекции может достигать размерности нескольких сотен (обычно порядка 200, в нашем случае). Кроме того, даже среди этих отобранных параметров не все являются полностью независимыми. Следовательно, при применении алгоритма «Random Forest» возникает проблема чрезмерной аппроксимации. Эту проблему можно решить методом уменьшения размерности параметрического пространства, используя, например, метод разложения нашей матрицы параметров размерности $N_{\text{par}} \times N_{\text{stars}}$ на главные компоненты. Для этого мы используем процедуру PCA метода *sklearn.decomposition* из пакета *sklearn* (Pedregosa и др., 2011: 2825–2830). Смысл разложения на главные компоненты заключается в том, чтобы найти такое представление, используя линейное преобразование, при котором наши данные можно перевести из пространства размерности равному количеству параметров в пространство меньшей размерности (количество компонент) с максимальным сохранением информативности. В этом случае количество параметров (компонент) можно сократить на порядок.

Здесь следует отметить, что для процедуры разложения на главные компоненты важным является нормирование всех параметров, поскольку процесс PCA заключается в поиске такого разложения, при котором остается максимальным значения вариации, а значения параметров могут сильно отличаться друг от друга. Процесс нормировки параметров (главных компонент) осуществляется методом *StandardScaler()* метода *sklearn.preprocessing*.

На этом этапе есть возможность выбора значения одного из гиперпараметров задачи – количества интересующих нас главных компонент. Для выбора оптимального количества главных компонент сначала параметр *n_components* задается равным 0.99, то есть такое их количество, при котором мы сохраняем 99 % вариации для изначальной размерности задачи. Затем мы можем сократить их количество, рассмотрев зависимость вариации от компоненты. Для этих целей используем процедуру *PCA.explained_variance_ratio()*. На рисунке 1 слева показана зависимость кумулятивной суммы вариации от количества используемых главных компонент матрицы, а на рисунке 1 справа показана зависимость вариации от каждой компоненты отдельно. Мы видим резкий рост суммарной вариации для первых ~20 главных компонент, а затем этот рост замедляется. Тоже самое можно сказать о значении вариации для каждой из компонент – ее изменение существенно лишь для первых ~20 компонент. Например, 20 % всей информации содержится в первой главной компоненте, в то время как вторая компонента вносит 8 % ин-

формации и т.д. Порядка 60 % от первоначальной вариации содержится в первых 20 компонентах. При увеличении количества главных компонент возникает риск чрезмерной аппроксимации.

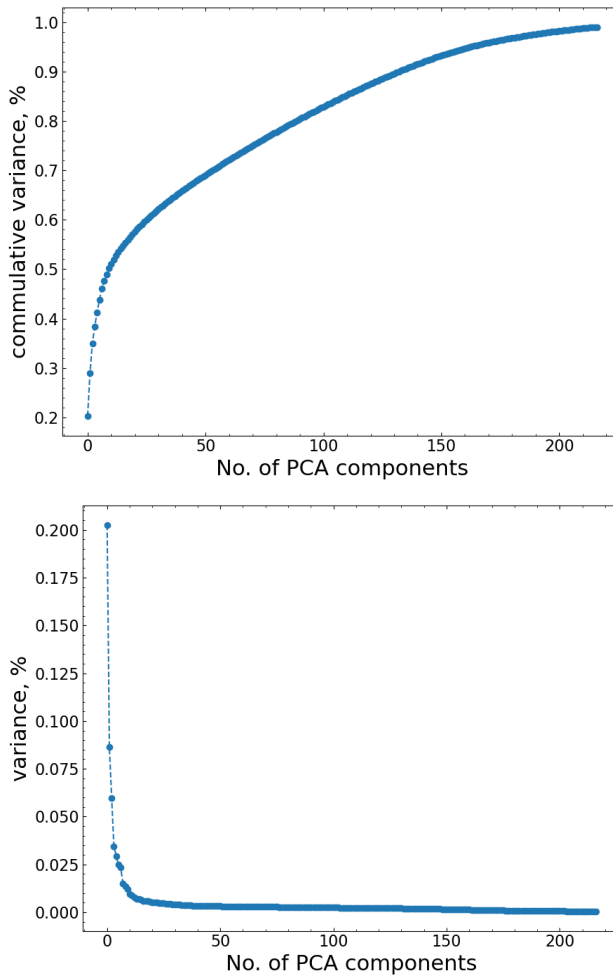


Рисунок 1. Зависимость суммарной вариации от количества главных компонент (слева) и значения вариации для каждого параметра (справа).

Для дальнейшего анализа мы оставим 20 первых главных компонент и будем использовать это 20-ти мерное пространство новых параметров для классификации переменных звезд.

Алгоритм «Random Forest» имеет несколько параметров, выбор которых может быть критичен для удовлетворительной работы алгоритма. В число этих параметров входит количество «деревьев» ($n_estimators$), то есть количество отдельных алгоритмов идентификации в ансамбле, по которому строится окончательное решение. Следующие параметры – это максимальная глубина ветвления (max_depth), минимальное количество данных, при котором еще возможно ветвление ($min_samples_split$) и минимальное количество «листьев», которое можно считать отдельным классом ($min_samples_leaf$).

Поиск значений оптимальных параметров можно осуществить с помощью процедуры сетки поиска с использованием алгоритма кросс-проверки (cross validation, CV). Для этого используется процедура *GridSearchCV()* метода *sklearn.model_selection*. Сначала мы разбиваем наши данные на две части – часть для «обучения» алгоритма (60 % от общего количества данных) и часть для его тестирования (оставшиеся 40 %) с использованием процедуры *train_test_split()* метода *sklearn.model_selection*.

Далее задаем сетку приблизительных значений параметров алгоритма для поиска их оптимальных значений. Например: $n_estimators = \{10, 100, 200, 300\}$, $max_depth = \{5, 8, 15, 25, 30, 40\}$, $min_samples_split = \{2, 5, 10, 15, 100\}$, $min_samples_leaf = \{1, 2, 5, 10\}$.

Эту процедуру можно повторять итерационно для задания все более точной сетки (с более мелким шагом) и таким образом определить точные оптимальные значения параметров.

В результате таких расчетов были получены следующие оптимальные значения параметров алгоритма Random Forest для наших данных: $max_depth = 30$, $min_samples_leaf = 1$, $min_samples_split = 2$, $n_estimators = 300$.

На этом этапе есть возможность еще больше сократить число параметров если рассмотреть важность вклада каждого из них в процесс классификации. Для этого используется метод случайной перестановки параметров среди звезд и сравнение результатов классификации с реальными метками постоянных и переменных звезд. Если параметр не является ключевым, то его значение не сильно будет влиять на результат классификации при случайной его перестановке. Для оценки важности параметра можно использовать метод *permutation_importance()* метода *sklearn.inspection*. Результат такой оценки показан на рисунке 2.

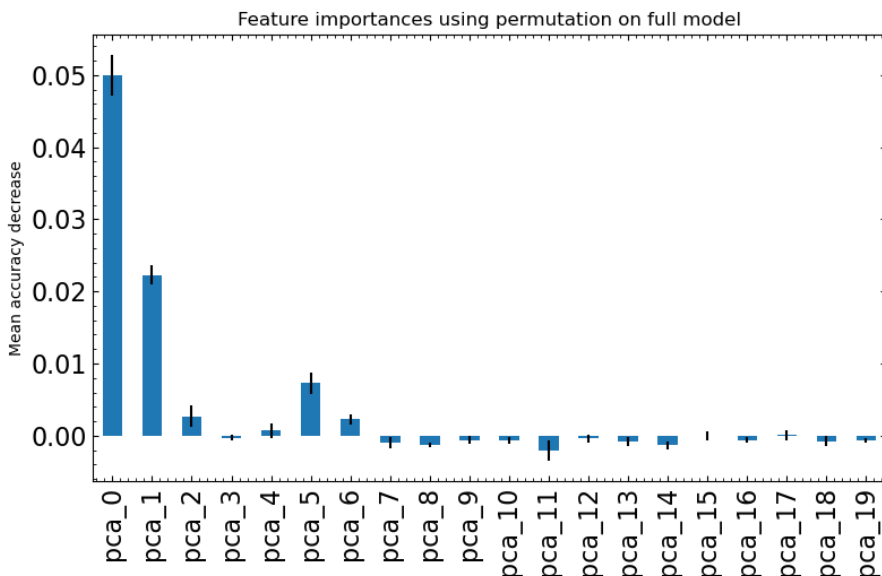


Рисунок 2. Среднее значение падения точности классификации при случайной перестановке главных компонент (параметров). Показан результат при использовании 20 главных компонент.

Оценку точности алгоритма классификации можно получить несколькими показателями, одним из которых является так называемая матрица ошибок (*confusion matrix*). Поскольку у нас задача бинарная, то есть интересует вопрос, является ли звезда переменной или нет (1 – да, 0 – нет) то такая матрица имеет размерность 2×2 , где элементы (1,1) «False-False» – не переменная звезда классифицируется как неперемнная, (1,2) «False-True» – неперемнная звезда классифицируется как переменная, (2,1) «True-False» – переменная звезда классифицируется как неперемнная и (2,2) «True-True» – переменная звезда классифицируется как переменная.

Пример получаемой матрицы ошибок показан на рисунке 3. Из рисунка 3, в частности, следует, что точность алгоритма классификации звезд как действительно постоянных («False-False») составляет 99 %, а точность классификации переменных («True-True») 72 %. При этом только 2 % звезд среди постоянных ошибочно классифицируются как переменные (True-False) и 21 % звезд из переменных алгоритм классифицирует как постоянные («False-True»). Общая точность алгоритма из метода *sklearn.metrics* процедурой *accuracy_score* получилась равной 97%.

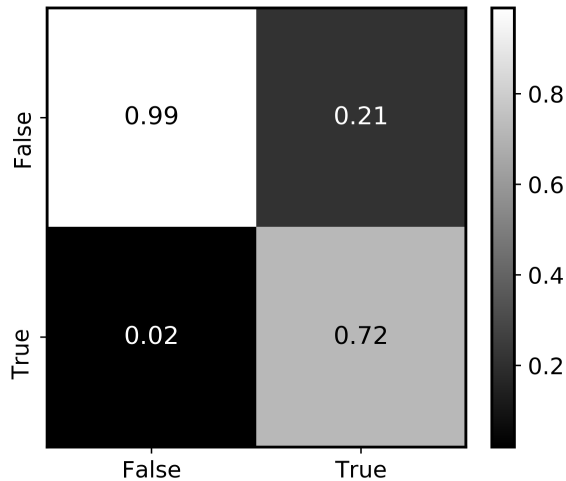


Рисунок 3. Матрица ошибок при классификации звезд по искусственным данным (кривым блеска).

Еще одним индикатором точности алгоритма классификации в бинарной задаче является метрика AUC (Area Under Curve). Ее расчет реализован в методе *sklearn.metrics* в процедурах *roc_curve()* и *auc()*. Смысл данной метрики заключается в оценке точности срабатывания алгоритма в целом. В нашем случае точность по критерию AUC получилась равной 85 %. Но у него есть недостаток – с его помощью в нашем случае невозможно оценить, сколько среди переменных звезд было ложно идентифицировано как постоянные, а это очень важно, чтобы не пропустить в реальных данных действительно переменные звезды.

Результат классификации звезд по искусственным кривым блеска показан на рисунке 4.

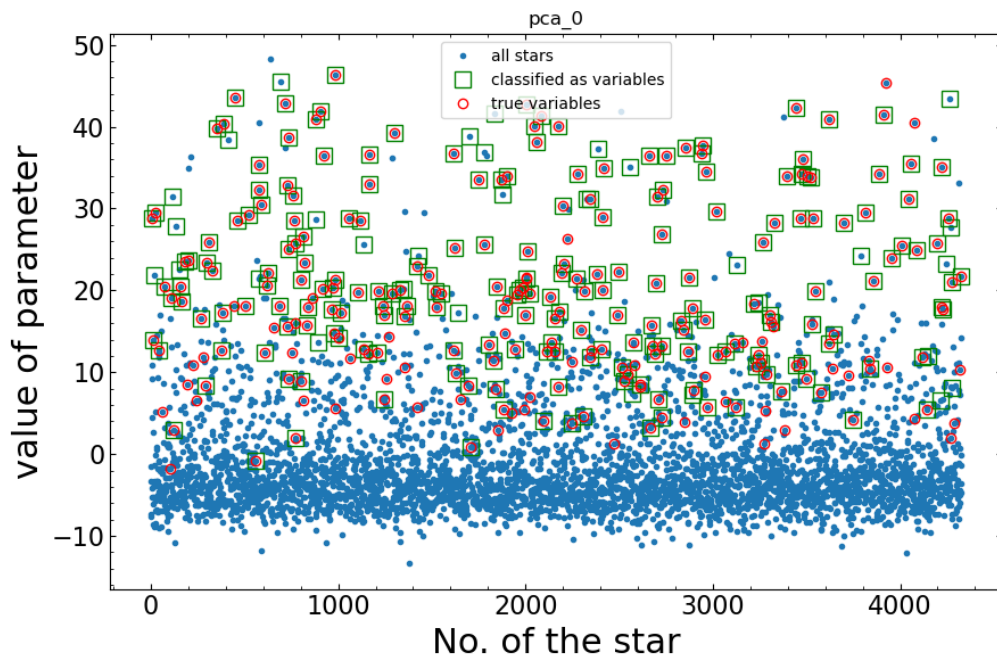


Рисунок 4. Срабатывание методики классификации переменных звезд с использованием искусственных данных (кривых блеска) на примере первой главной компоненты PCA.

Полученная таким образом модель «Random Forest» может быть использована для классификации звезд кандидатов в переменные в реальных наблюдениях. Для этого кривые блеска звезд проходят такую же процедуру селекции и сглаживания, как и искусственные данные, а характеристики кривых блеска уже определяются не через процедуру *extract_relevant_features()*, а с использованием процедуры *extract_features()*, где в качестве одного из входных параметров используется список из параметров, которые использовались при анализе искусственных данных. Это можно сделать, используя процедуру *feature_extraction.settings.from_columns()*. Здесь следует отметить, что из-за различных факторов не все характеристики, которые были определены для искусственных данных успешно определяются на реальных кривых блеска. Поэтому полученные характеристики для реальных кривых блеска необходимо проверять на наличие неопределенных значений и заполнять их либо средним значением, либо наиболее часто встречающимися значениями, либо нулями. Пример срабатывания классификации с применением модели «Random Forest» на реальных данных показан на рисунке 5.

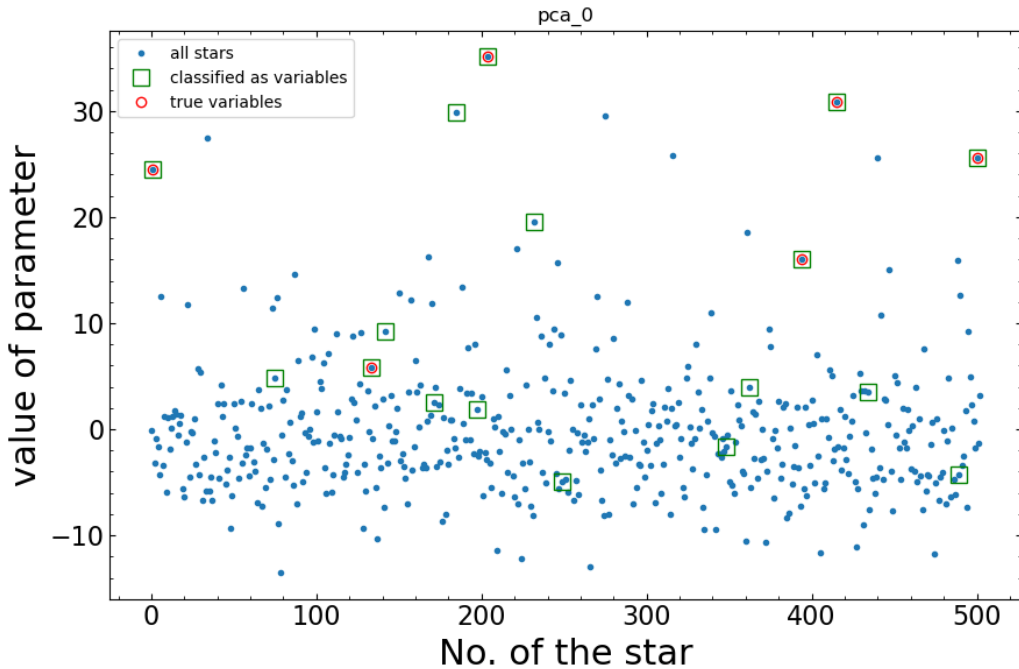


Рисунок 5. Срабатывание методики классификации переменных звезд с использованием реальных данных (кривых блеска) на примере главной компоненты PCA

Заключение

В данной работе предлагается алгоритм классификации звезд по признакам переменности на основе алгоритма «Random Forest» для автоматизации процесса поиска переменных звезд в базе данных фотометрических ПЗС наблюдений, имеющейся в АФИФ, а также для использования методики в будущем, при проведении поисковых и мониторинговых наблюдений на телескопах АФИФ, имеющих большое поле зрения в рамках проекта создания АстроХаба. Ожидается, что в результате таких наблюдений количество кривых блеска, получаемых в одну ночь наблюдений, может быть порядка 10 000.

Для получения хорошего результата критичным является адекватное моделирование искусственных данных с использованием информации о статистике и точности фотометрии, а также характере и уровне шума как можно близким к реальным условиям наблюдений. Большое значение имеет представительность каждого типа переменности и соответствующий диапазон амплитуд и периодов в искусственных данных. При адекватном моделировании ожидается хороший результат применения алгоритма «Random Forest». В частности, на данном этапе точность классификации переменных звезд около 70 %, а общая точность методики порядка 85 %.

В данной работе в качестве инструмента определения характеристик кривых блеска использовался пакет *TSFRESH*, который не является профессиональным для астрономов при работе с кривыми блеска. Возможно также использование характеристик из пакета *FEETS*, однако количество параметров в нем значительно меньше.

В работе (Khalikova и др., 2022) была показана возможность использования метода кластерного анализа на основе статистической информации из кривых блеска

для селекции переменных звезд, который может быть использован как альтернатива или как дополнение к описанному тут методу. Кроме того, применяемое в статье (Khalikova и др., 2022) статистическое представление кривых блеска может быть использовано в качестве входных параметров для алгоритма «Random Forest», или как входные данные для алгоритмов на основе нейронных сетей. Эта работа запланирована нами на ближайшее время.

ЛИТЕРАТУРА

Cabral J.B., Sánchez B., Ramos F., Gurovich S., Granitto P., Vanderplas J. (2018). From FATS to feets: Further improvements to an astronomical feature extraction tool based on machine learning. *Astronomy and Computing*. “Astronomy and Computing”. — 25. — 213–220. DOI: https://ui.adsabs.harvard.edu/link_gateway/2018A&C....25..213C/doi:10.1016/j.ascom.2018.09.005 (in Eng.)

Christ M., Braun N., Neuffer J., Kempa-Liehr A.W. (2018). Time Series FeatuRe Extraction on basis of Scalable Hypothesis tests (tsfresh -- A Python package). “Neurocomputing”. — 307. — 72–77. DOI: [10.1016/j.neucom.2018.03.067](https://doi.org/10.1016/j.neucom.2018.03.067) (in Eng.)

Christ M., Kempa-Liehr A.W., Feindt M. (2017). Distributed and parallel time series feature extraction for industrial big data applications. — ArXiv e-print 1610.07717, <https://arxiv.org/abs/1610.07717> (in Eng.)

Giles D., Walkowicz L. (2019). Systematic serendipity: a test of unsupervised machine learning as a method for anomaly detection. (2019). “MNRAS”. — 484. — 1. — 834–849. Doi: [10.1093/mnras/sty3461](https://doi.org/10.1093/mnras/sty3461) (in Eng.)

Khalikova A.V., Gaynullina E.R., Serebryanskiy A.V. (2022). Hunting for overlooked eccentric eclipsing binaries from ASAS-3 survey. “New Astronomy”. — 97. — 101875. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.newast.2022.101875> (in Eng.)

Kim Dae-Won, Bailer-Jones C.A.L.A (2016). package for the automated classification of periodic variable stars. (2016). “Astronomy and Astrophysics”. — 587. — A18, Doi: [10.1051/0004-6361/201527188](https://doi.org/10.1051/0004-6361/201527188) (in Eng.)

Shomshekova S., Izmailova I., Umirbayeva A., Omarov C. (2022). A method for digitization of archival astrophysics of the Fesenkov Astrophysical Institute. *New Astronomy*, 97. — 101881. — November 2022. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.newast.2022.101881> (in Eng.)

Naul B., Boom J.S., Pérez F., van der Walt S. (2018). A recurrent neural network for classification of unevenly sampled variable stars, “Nature Astronomy”. — 2. — 151–155. Doi: [10.1038/s41550-017-0321-z](https://doi.org/10.1038/s41550-017-0321-z) (in Eng.)

Nun I., Protopapas P., Sim B., Zhu M., Dave R., Castro N., Pichara K. (2017). FATS: Feature Analysis for Time Series, Astrophysics Source Code Library. — record ascl:1711.017 (in Eng.)

Shomshekova S., Izmailova I., Umirbayeva A., Omarov C. (2022). A method for digitization of archival astrophysics of the Fesenkov Astrophysical Institute. *New Astronomy*, 97. — 101881. — November 2022. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.newast.2022.101881> (in Eng.)

Serebryanskiy A., Serebryakov S., Ergeshev A. (2018). Methodology of pipeline data reduction for astrometry and photometry of a large array of CCD observations. (2018). — “NEWS of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Physico-Mathematical Series”. — 3. — 319. — 37–47 (in Eng.)

Soraisam M.D., Saha A., Matheson T., Lee Chien-Hsiu, Narayan G., Vivas A.K., Scheidegger C., Oppermann N., Olszewski E.W., Sinha S., Desantis S.R. (2020). ANTARES Collaboration. (2020). A Classification Algorithm for Time-domain Novelty in Preparation for LSST Alerts. Application to Variable Stars and Transients Detected with DECam in the Galactic Bulge, “The Astrophysical Journal”. — 892. — 2. — 112, Doi: [10.3847/1538-4357/ab7b61](https://doi.org/10.3847/1538-4357/ab7b61) (in Eng.)

Richards J.W., Starr D.L., Butler N.R., Bloom J.S., Brewer J.M., Crellin-Quick A., Higgins J., Kennedy R., Rischard M. (2011). On Machine-learned Classification of Variable Stars with Sparse and Noisy Time-series Data. “*The Astrophysical Journal*”. — Volume” 733. — 10. DOI: [10.1088/0004-637X/733/1/10](https://doi.org/10.1088/0004-637X/733/1/10) (in Eng.)

Pedregosa F., Varoquaux G., Gramfort A., Michel V., Thirion B., Grisel O., Blondel M., Prettenhofer P., Weiss R., Dubourg V., Vanderplas J., Passos A., Cournapeau D., Brucher M., Perrot M., Duchesnay E (2011). Scikit-learn: Machine Learning in Python, *Journal of Machine Learning Research*. — 12. — 85, 2825–2830 (in Eng.)

Webb S., Lochner M., Muthukrishna D., Cooke J., Flynn C., Mahabal A., Goode S., Andreoni I., Pritchard T., Abbott T.M.C. (2020). Unsupervised machine learning for transient discovery in deeper, wider, faster light curves. — “MNRAS”. — 498. — 3. — 3077–3094. Doi: [10.1093/mnras/staa2395](https://doi.org/10.1093/mnras/staa2395) (in Eng.)

МАЗМҰНЫ

ФИЗИКА

М.Б. Альбатырова, А.Ж. Алибек, А.С. Жетписбаева РУТНОН ПАЙДАЛАНУ АРҚЫЛЫ ФИЗИКАЛЫҚ ҚҰБЫЛЫСТАРДЫ МОДЕЛЬДЕУ.....	7
Н. Бейсен, Э. Кеведо, С. Тоқтарбай, М. Жакипова, М. Алимкулова Q-МЕТРИКА ҚИСЫҚТЫҒЫНЫҢ МЕНШІКТІ МӘНДЕРІ.....	17
Г. Бекетова, Н. Жантурина*, З. Аймаганбетова, А. Бекешев ЦЕЗИЙГЕ НЕГІЗДЕЛГЕН ҚОСАРЛАНҒАН ГАЛОИДТЫ ПЕРОВСКИТТЕРДІҢ ОПТИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ.....	31
С.Б. Дубовиченко, Н.А. Буркова, А.С. Ткаченко, Д.М. Зазулин ЖАЛПЫ БӨЛІМДЕРІ ЖӘНЕ ПРОЦЕСС ҚАРҚЫМЫ $n^{12}C$	43
А. Касымов, А. Адылканова, А. Бектемисов, К. Астемесова, Г. Турлыбекова ГИБРИДТІ КҮН КОЛЛЕКТОРЫНДА ҚОЛДАНУҒА АРНАЛҒАН БИДИСТИЛЬДЕНГЕН СУ НЕГІЗІНДЕГІ TiO_2/Al_2O_3 ГИБРИДТІ НАНОСҰЙЫҚТЫҢ ТҮТҚЫРЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	52
А.Е. Кемелбекова, Д.М. Мухамедшина, К.А. Мить, Р.С. Мендыханов, К.К. Елемесов СИРЕК ЖЕР МЕТАЛДАРЫН НЕГІЗІНДЕГІ ФОТОСЕЗІМТАЛ ҚҰРЫЛЫМДАРДЫ ЖАСАУ ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ.....	63
Е.Т. Кожажулов, Д.М. Жексебай, С.А. Сарманбетов, Н.М. Үсіпов, К.Т. Көпбай АҚПАРАТТЫҚ ЭНТРОПИЯНЫҢ НЕГІЗІНДЕ САНДЫҚ МОДУЛЯЦИЯНЫ АНЫҚТАУ.....	73
Е.М. Мырзакулов, А.С. Бұланбаева ҚАРА ҚҰРДЫМ ШЕШІМДЕРІ ЖӘНЕ ОНЫҢ ТЕРМОДИНАМИКАСЫ.....	84
Д.М. Насирова, В.О. Курмангалиева, А.А. Ғазизова ШАҒЫН ЖҰЛДЫЗДАРДАҒЫ ЭНЕРГИЯ КӨЗДЕРІ.....	95
А. Серебрянский, А. Халикова МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІН ҚОЛДАНЫП ШОЛУ ЖӘНЕ МОНИТОРИНГТІ ФОТОМЕТРЛІК БАҚЫЛАУЛАРЫНАН АЙНЫМАЛЫ ЖҰЛДЫЗДАРДЫ ІЗДЕУ.....	103

ХИМИЯ

Б.С. Абжалов, А.Б. Башов, А.К. Мамырбекова, С.А. Жұмаділлаева, М.О. Алтынбекова ҚЫШҚЫЛ ОРТАДА ВИСМУТ ЭЛЕКТРОДЫНЫҢ ЭЛЕКТРОХИМИЯЛЫҚ ҚАСИЕТІНЕ АЙНЫМАЛЫ ТОКТЫҢ ЖИЛПІ МЕН ТЫҒЫЗДЫҒЫНЫҢ ӘСЕРІ.....	116
Е.Г. Гилязов, Д.К. Кулбатыров, М.Д. Уразгалиева, К.Р. Мақсот ТІКЕЛЕЙ АЙДАУДАН АЛЫНҒАН БЕНЗИННІҢ ОКТАН САНЫН АРТТЫРАТЫН ОКСИГЕНАТТАРДЫҢ ТИІМДІЛІГІ.....	127

Д.Ж. Калиманова, А.К. Мендигалиева, А.Б. Медетова, О.С. Сембай ХИМИЯ САБАҚТАРЫНДА ЭЛЕКТРОНДЫҚ БІЛІМ РЕСУРСТАРЫН, ОЙЫН ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫН ПАЙДАЛАНЫП ОҚУШЫЛАРДЫҢ НӘТИЖЕЛЕРІН ЖИЫНТЫҚ БАҒАЛАУ.....	140
Л.М. Калимолдина, Г.С. Султангазиева, С.О. Абилкасова АЛМАТЫ ҚАЛАСЫНЫҢ СУ РЕСУРСТАРЫНЫҢ ХИМИЯЛЫҚ ЗАТТАРМЕН ЛАСТАНУ ДЕҢГЕЙІН ЗЕРТТЕУ.....	152
Б.К. Кенжалиев, А.К. Койжанова, М.Б. Ерденова, Д.Р. Магомедов, К.М. Смаилов ҮЙІНДІ КЕНДЕРДЕН МЫС АЛУДЫ БИОХИМИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ХИМИЯЛЫҚ ТОТЫҚТЫРУ ӘДІСТЕРІМЕН ОҢТАЙЛАНДЫРУ.....	167
Г.М. Мадыбекова, Т.Т. Туребаева, Б.Ж. Муталиева, Д.М. Лесбекова, А.Б. Исаева БЕЛСЕНДІ АГЕНТТЕРДІ ЖЕТКІЗУ ҮШІН МИКРОКАПСУЛЯЦИЯЛЫҚ ӘДІСТЕРДІ ҚОЛДАНУДЫҢ АРТЫҚШЫЛЫҚТАРЫ МЕН ПОЦЕНЦИАЛЫ: ШОЛУ.....	183
Б.К. Масалимова, Б. Джанекова, С.М. Наурызкулова NI-RU ҚҰРАМДЫ КҮРДЕЛІ ОКСИДТЕРГЕ НЕГІЗДЕЛГЕН КОМПОЗИТТЕР ҚҰРАМЫН ЭНЕРГОДИСПЕРСТІ СПЕКТРОСКОПИЯ ӘДІСІМЕН САНДЫҚ ХИМИЯЛЫҚ ТАЛДАУ.....	198
С. Тұрғанбай, А.И. Ильин, Д.А. Аскарова, А.Б. Джумагазиева, З.С. Ашимханова ӨРТҮРЛІ СҰЙЫЛТУЛАРДАҒЫ АФС ЕРІТІНДІЛЕРІНДЕГІ ФИЗИКА- ХИМИЯЛЫҚ ТЕПЕ-ТЕНДІКТІ ЗЕРТТЕУ.....	209
А.М. Усербаева, Р.Г. Рыскалиева ХИМИЯ ПӘНІНЕН ОҚУ-ӘДІСТЕМЕЛІК КЕШЕН ҚҰРАСТЫРУДЫҢ ҒЫЛЫМИ ПЕДАГОГИКАЛЫҚ НЕГІЗДЕРІ.....	228
С.Д. Фазылов, О.А. Нұркенов, Ж.С. Нұрмағанбетов, Р.Е. Бәкірова, М.Ж. Жұрынов ЦИКЛОДЕКСТРИНДЕР ХИМИЯЛЫҚ ҚОСЫЛЫСТАРДЫҢ СУПРАМОЛЕКУЛАЛЫҚ КОНТЕЙНЕРЛЕРІ РЕТІНДЕ.....	241

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКА

М.Б. Альбатырова, А.Ж. Алибек, А.С. Жетписбаева МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ PYTON.....	7
Н. Бейсен, Э. Кеведо, С. Токтарбай, М. Жакипова, М. Алимкулова СОБСТВЕННЫЕ ЗНАЧЕНИЯ КРИВИЗНЫ Q-МЕТРИКИ.....	17
Г. Бекетова, Н. Жантурина, З. Аймаганбетова, А. Бекешев ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДВОЙНЫХ ГАЛОИДНЫХ ПЕРОВСКИТОВ НА ОСНОВЕ ЦЕЗИЯ.....	31
С.Б. Дубовиченко, Н.А. Буркова, А.С. Ткаченко, Д.М. Зазулин ПОЛНЫЕ СЕЧЕНИЯ И СКОРОСТЬ РАДИАЦИОННОГО $n^{12}\text{C}$ ЗАХВАТА.....	43
А. Касымов, А. Адылканова, А. Бектемисов, К. Астемесова, Г. Турлыбекова ИССЛЕДОВАНИЕ ВЯЗКОСТНЫХ СВОЙСТВ ГИБРИДНОЙ НАНОЖИДКОСТИ $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ НА ОСНОВЕ БИДИСТИЛЛИРОВАННОЙ ВОДЫ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ГИБРИДНОМ СОЛНЕЧНОМ КОЛЛЕКТОРЕ.....	52
А.Е. Кемелбекова, Д.М. Мухамедшина, К.А. Мить, Р.С. Мендыханов, К.К. Елемесов СОЗДАТЬ И ИССЛЕДОВАТЬ ФОТОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ СТРУКТУРЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ.....	63
Е.Т. Кожугулов, Д.М. Жексебай, С.А. Сарманбетов, Н.М. Усипов, К.Т. Копбай ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЦИФРОВОЙ МОДУЛЯЦИИ НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ ЭНТРОПИИ.....	73
Е.М. Мырзакулов, А.С. Буланбаева РЕШЕНИЯ РЕГУЛЯРНОЙ ЧЕРНОЙ ДЫРЫ И ИХ ТЕРМОДИНАМИКА.....	84
Д.М. Насирова, В.О. Курмангалиева, А.А. Газизова ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ В КОМПАКТНЫХ ЗВЕЗДАХ.....	95
А. Серебрянский, А. Халикова ПОИСК ПЕРЕМЕННЫХ ЗВЕЗД В МОНИТОРИНГОВЫХ И ОБЗОРНЫХ ФОТОМЕТРИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ.....	103

ХИМИЯ

Б.С. Абжалов, А.Б. Башов, А.К. Мамырбекова, С.А. Джумадуллаева, М.О. Алтынбекова ВЛИЯНИЕ ЧАСТОТЫ И ПЛОТНОСТИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА НА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ ВИСМУТОВОГО ЭЛЕКТРОДА В КИСЛОЙ СРЕДЕ.....	116
Е.Г. Гиладжов, Д.К. Кулбатыров, М.Д. Уразгалиева, К.Р. Мақсот ЭФФЕКТИВНОСТИ ОКСИГЕНАТОВ НА ПОВЫШЕНИЕ ОКТАНОВОГО ЧИСЛА ПРЯМОГОННОГО БЕНЗИНА.....	127

Д.Ж. Калиманова, А.К. Мендигалиева, А.Б. Медетова, О.С. Сембай СУММАТИВНОЕ ОЦЕНИВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ УЧАЩИХСЯ НА УРОКАХ ХИМИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ, ИГРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	140
Л.М. Калимолдина, Г.С. Султангазиева, С.О.Абилкасова ИССЛЕДОВАНИЕ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ХИМИЧЕСКИМИ ВЕЩЕСТВАМИ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ГОРОДА АЛМАТЫ.....	152
Б.К. Кенжалиев, А.К. Койжанова, М.Б. Ерденова, Д.Р. Магомедов, К.М. Смаилов ОПТИМИЗАЦИЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ МЕДИ ИЗ ОТВАЛЬНЫХ РУД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИОХИМИЧЕСКИХ И ХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОКИСЛЕНИЯ.....	167
Г.М. Мадыбекова, Т.Т. Туребаева, Б.Ж. Муталиева, Д.М. Лесбекова, А.Б. Исаева ПРЕИМУЩЕСТВА И ПОТЕНЦИАЛ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ МИКРОКАПСУЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ДОСТАВКИ АКТИВНЫХ АГЕНТОВ: ОБЗ ОР.....	183
Б.К. Масалимова, Б. Джанекова, С.М. Наурзкулова КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СОСТАВА КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ NI-RU – СОДЕРЖАЩИХ СЛОЖНЫХ ОКСИДОВ МЕТОДОМ ЭНЕРГОДИСПЕРСНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ.....	198
С. Тұрғанбай, А.И. Ильин, Д.А. Аскарова, А.Б. Джумагазиева, З.С. Ашимханова ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ РАВНОВЕСИЙ В РАСТВОРАХ АФС ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РАЗВЕДЕНИЯХ.....	209
А.М. Усербаева, Р.Г. Рыскалиева НАУЧНО – ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОСТАВЛЕНИЯ УЧЕБНО- МЕТОДИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ПО ХИМИИ.....	228
С.Д. Фазылов, О.А. Нуркенов, Ж.С. Нурмаганбетов, Р.Е. Бакирова, М.Ж. Журинов ЦИКЛОДЕКСТРИНЫ КАК СУПРАМОЛЕКУЛЯРНЫЕ КОНТЕЙНЕРЫ ХИМИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ.....	241

CONTENTS

PHYSICAL

M.B. Albatyrova, A.Zh. Alibek, A.S. Zhetpisbayeva MODELING PHYSICAL PHENOMENA USING PYTHON.....	7
N. Beissen, H. Quevedo, S. Toktarbay, M. Zhakipova, M. Alimkulova CURVATURE EIGENVALUES OF THE Q-METRIC.....	17
G. Beketova, N. Zhanturina, Z. Aimaganbetova, A. Bekeshev OPTICAL PROPERTIES OF DOUBLE HALIDE PEROVSKITES BASED ON CESIUM.....	31
S.B. Dubovichenko, N.A. Burkova, A.S. Tkachenko, D.M. Zazulin TOTAL CROSS-SECTIONS AND RATE OF $n^{12}\text{C}$ RADIATIVE CAPTURE.....	43
A. Kassymov, A. Adylkanova, A. Bektemissov, K. Astemessova, G. Turlybekova INVESTIGATION OF VISCOSITY PROPERTIES OF $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ HYBRID NANOFLUID BASED ON BIDISTILLED WATER FOR USE IN A HYBRID SOLAR COLLECTOR.....	52
A.E. Kemelbekova, D.M. Mukhamedshina, K.A. Mit', R.S. Mendykanov, A.K. Shongalova CREATING AND RESEARCH ON PHOTSENSITIVE STRUCTURES USING RARE EARTH METALS.....	63
Y.T. Kozhagulov, D.M. Zhexebay, S.A. Sarmanbetov, N.M. Ussipov, K.T. Kopbay IDENTIFICATION OF DIGITAL MODULATION BASED ON INFORMATIONAL ENTROPY.....	73
Y. Myrzakulov, A. Bulanbayeva A REGULAR BLACK HOLE SOLUTIONS AND THEIR THERMODYNAMICS.....	84
D.M. Nassirova, V.O. Kurmangaliyeva, A.A. Gazizova SOURCES OF ENERGY IN COMPACT STARS.....	95
A. Serebryanskiy, A. Khalikova SEARCH FOR VARIABLE STARS IN MONITORING AND SURVEY PHOTO- METRIC OBSERVATIONS USING MACHINE LEARNING METHODS.....	103

CHEMISTRY

B.S. Abzhalov, A.B. Bayeshov, A.K. Mamyrbekova, S.A. Dzhumadullayeva, M.O. Altynbekova INFLUENCE OF AC FREQUENCY AND DENSITY ON THE ELECTROCHEMI- CAL BEHAVIOR OF BISMUTH ELECTRODE IN AN ACID MEDIUM.....	116
Y.G. Gilazhov, D.K. Kulbatyrov, M.D. Urazgalieva, K.R. Maksot EFFICIENCY OF OXYGENATES ON INCREASE OF OCTANE NUMBER OF STRAIGHT-RUN GASOLINE.....	127
D. Zh. Kalimanova, A. K. Mendigaliyeva, A.B. Medetova, O.S. Sembay SUMMATIVE ASSESSMENT OF STUDENTS' RESULTS IN CHEMISTRY LESSONS USING ELECTRONIC EDUCATIONAL RESOURCES, GAME	

TECHNOLOGIES.....	140
L.M. Kalimoldina, G.S. Sultangazieva, S.O. Abilkasova STUDY OF CHEMICAL POLLUTION LEVEL IN WATER RESOURCES OF ALMATY CITY.....	152
B.K. Kenzhaliev, A.K. Koizhanova, M.B. Yerdenova, D.R. Magomedov, K.M. Smailov OPTIMIZATION OF COPPER EXTRACTION FROM WASTE ORES USING BIOCHEMICAL AND CHEMICAL OXIDATION METHODS.....	167
G.M. Madybekova, T.T. Turebayeva, B.Zh. Mutaliev, D.M. Lesbekova, A.B. Issayeva ADVANTAGES AND POTENTIAL OF USING MICROCAPSULATION METHODS FOR DELIVERY OF ACTIVE AGENTS: A REVIEW.....	183
B.K. Massalimova, B. Janekova, S.M. Naurzkulova QUANTITATIVE CHEMICAL ANALYSIS OF THE COMPOSITION OF COMPOSITES BASED ON NI-RU-CONTAINING COMPLEX OXIDES BY ENERGY-DISPERSED SPECTROSCOPY.....	198
S. Turganbay, A.I. Ilin, D. Askarova, A.B. Jumagaziyeva, Z. Ashimkhanova STUDY OF PHYSICOCHEMICAL EQUILIBRIA IN API SOLUTIONS AT DIFFERENT DILUTIONS.....	209
A.M. Userbayeva, R.G. Ryskaliyeva SCIENTIFIC AND PEDAGOGICAL FOUNDATIONS OF THE PREPARATION OF AN EDUCATIONAL AND METHODOLOGICAL COMPLEX IN CHEMISTRY.....	228
S.D. Fazylov, O.A. Nurkenov, Zh.S. Nurmaganbetov, R.E. Bakirova, M.J. Jurinov CYCLODEXTRINS AS SUPRAMOLECULAR CONTAINERS OF CHEMICAL COMPOUNDS.....	241

Publication Ethics and Publication Malpractice in 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 work described 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 originality detection service Cross Check <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 сайте:

[www:nauka-nanrk.kz](http://www.nauka-nanrk.kz)

ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)

<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>

Подписано в печать 15.06.2024.

Формат 60x88^{1/8}. Бумага офсетная. Печать - ризограф.

19,0 п.л. Тираж 300. Заказ 2.