

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

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ

әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
Қазақстанның ұлттық университетінің
әл-Фараби атындағы

NEWS

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

SERIES
PHYSICO-MATHEMATICAL

5 (339)

SEPTEMBER – OKTOBER 2021

PUBLISHED SINCE JANUARY 1963

PUBLISHED 6 TIMES A YEAR

ALMATY, NAS RK

NAS RK is pleased to announce that News of NAS RK. Series physico-mathematical journal has been accepted for indexing in the Emerging Sources Citation Index, a new edition of Web of Science. Content in this index is under consideration by Clarivate Analytics to be accepted in the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index, and the Arts & Humanities Citation Index. The quality and depth of content Web of Science offers to researchers, authors, publishers, and institutions sets it apart from other research databases. The inclusion of News of NAS RK. Series of chemistry and technologies in the Emerging Sources Citation Index demonstrates our dedication to providing the most relevant and influential content of chemical sciences to our community.

Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясы «ҚР ҰҒА Хабарлары. Физикалық-математикалық сериясы» ғылыми журналының Web of Science-тің жаңаланған нұсқасы Emerging Sources Citation Index-те индекстелуге қабылданғанын хабарлайды. Бұл индекстелу барысында Clarivate Analytics компаниясы журналды одан әрі the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index және the Arts & Humanities Citation Index-ке қабылдау мәселесін қарастыруда. Web of Science зерттеушілер, авторлар, баспашылар мен мекемелерге контент тереңдігі мен сапасын ұсынады. ҚР ҰҒА Хабарлары. Химия және технология сериясы Emerging Sources Citation Index-ке енуі біздің қоғамдастық үшін ең өзекті және беделді химиялық ғылымдар бойынша контентке адалдығымызды білдіреді.

НАН РК сообщает, что научный журнал «Известия НАН РК. Серия физико-математическая» был принят для индексирования в Emerging Sources Citation Index, обновленной версии Web of Science. Содержание в этом индексировании находится в стадии рассмотрения компанией Clarivate Analytics для дальнейшего принятия журнала в the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index и the Arts & Humanities Citation Index. Web of Science предлагает качество и глубину контента для исследователей, авторов, издателей и учреждений. Включение Известия НАН РК в Emerging Sources Citation Index демонстрирует нашу приверженность к наиболее актуальному и влиятельному контенту по химическим наукам для нашего сообщества.

Бас редактор:

МҰТАНОВ 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

Редакция алқасы:

ҚАЛИМОЛДАЕВ Мақсат Нұрәділұлы (бас редактордың орынбасары), физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, ҚР БҒМ ҒК «Ақпараттық және есептеу технологиялары институты» бас директорының кеңесшісі, зертхана меңгерушісі (Алматы, Қазақстан) Н=7

БАЙГУНЧЕКОВ Жұмаділ Жанабайұлы (бас редактордың орынбасары), техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Кибернетика және ақпараттық технологиялар институты, Сағпаев 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 Hemando, профессор, Ядролық ғылымдар институты (Мехико, Мексика) Н=28

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

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

МИХАЛЕВИЧ Александр Александрович, техника ғылымдарының докторы, профессор, Беларусь ҰҒА академигі (Минск, Беларусь) Н=2

РАМАЗАНОВ Тілекқабыл 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), Наноқұрылымды материалдарды зерттеу институтының профессоры (Рим, Италия) Н=26

«ҚР ҰҒА Хабарлары.

Физика-математикалық 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: *математика, информатика, механика, физика, ғарыштық зерттеулер, астрономия, ионосфера.*

Мерзімділігі: жылына 6 рет.

Тиражы: 300 дана.

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

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

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2021

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

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

Редакционная коллегия:

КАЛИМОЛДАЕВ Максат Нурадилович, (заместитель главного редактора), доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, советник генерального директора «Института информационных и вычислительных технологий» КН МОН РК, заведующий лабораторией (Алматы, Казахстан) Н=7

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

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

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

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

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

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

МИХАЛЕВИЧ Александр Александрович, доктор технических наук, профессор, академик НАН Беларуси (Минск, Беларусь) Н=2

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

ТАКИБАЕВ 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 физико-математическая».

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

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

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

Тематическая направленность: *математика, информатика, механика, физика, космические исследования, астрономия, ионосфера.*

Периодичность: 6 раз в год.

Тираж: 300 экземпляров.

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

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

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2021

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75.

Editor in chief:

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

Editorial board:

KALIMOLDAYEV Maksat Nuradilovich (Deputy Editor-in-Chief), doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, Advisor to the General Director of the Institute of Information and Computing Technologies of SC MES RK, Head of the Laboratory (Almaty, Kazakhstan) H=7

BAYGUNCHEKOV Zhumadil Zhanabayevich, (Deputy Editor-in-Chief), 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

MIKHALEVICH Alexander Alexandrovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of NAS of Belarus (Minsk, Belarus) H=2

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. Physical-mathematical series.
ISSN 2518-1726 (Online),
ISSN 1991-346X (Print)

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

Thematic scope: *mathematics, computer science, mechanics, physics, space research, astronomy, ionosphere.*

Periodicity: 6 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 5, Number 339 (2021), 74–82

<https://doi.org/10.32014/2021.2518-1726.87>

УДК 004.93'11

Мауленов Қ.С.^{1*}, Кудубаева С.А.²

¹КРУ имени А. Байтурсынова, Костанай, Казахстан;

²ЕНУ им. Л. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан.

E-mail: k_maulenov@inbox.ru

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДЕТЕКТОРОВ ЛИЦ HAAR, HOG, CNN

Аннотация. Этап детекции лица человека является одним из самых главных в системах распознавания и идентификации лиц, так как необнаруженное лицо не может быть идентифицировано. Несмотря на достигнутые в этом направлении результаты, задача обнаружения лиц все еще является актуальной, так как существует огромное количество проблем, с которыми могут столкнуться алгоритмы обнаружения лиц. Целью исследования является определение наиболее эффективных алгоритмов обнаружения лиц точки зрения точности и скорости работы при различных условиях.

В статье отражены результаты анализа наиболее популярных методов обнаружения лиц: каскадов Хаара (Haar Cascades), гистограмма ориентированных градиентов (HOG), а также метода на основе нейронных сетей (CNN). Показаны результаты реализации описанных алгоритмов в различных условиях, таких как пространственные повороты, плохое освещение, размытие изображений. Описаны достоинства и недостатки методов, даны рекомендации по использованию в системах распознавания лиц.

В результате проведенного анализа сделан вывод о том, что в рамках сценариев с контролируемыми условиями распознавания, идентификации и аутентификации подойдут детекторы с более высокой скоростью работы, каскады Хаара (Haar Cascades) и гистограмма ориентированные градиенты (HOG). К таким сценариям можно отнести работу систем идентификации и аутентификации пунктах с большим потоком людей или систем Access контроля. Между тем в сценариях, когда предыдущие два алгоритма не справляются, можно применить детектор на основе CNN, который способен обнаруживать лица практически в любых условиях, но за более длительное время.

Результаты исследований могут быть использованы при построении реальных систем поиска/распознавания и идентификации личности.

Ключевые слова: обнаружение лиц, распознавание лиц, каскады Хаара, гистограмма ориентированные градиенты, нейронные сети, идентификация/аутентификация.

Введение. На сегодняшний день в области компьютерного зрения проблема обнаружения лица кажется уже давно решенной задачей. Существует огромное количество подходов, алгоритмов и решений, в том числе готовых функции в различных библиотеках компьютерного зрения как Open CV и Dlib. Несмотря на достигнутые в этом направлении результаты, задача обнаружения лиц все еще является актуальной. Так как существует огромное количество проблем, с которыми могут столкнуться алгоритмы обнаружения лиц. Это такие проблемы как пространственные повороты лица, наклоны по осям, освещение, перекрытие лица. К последнему относятся головные уборы, очки, маски. К слову, маски являются наиболее актуальной проблемой из существующих на сегодняшний день. Специалисты национального института стандартов и технологий США (NIST) провели исследование и выяснили, что медицинские и тканевые маски увеличивают процент возможного сбоя системы на 5-50%. Таким образом, становится очевидно, что алгоритмы обнаружения лица нуждаются в дальнейших исследованиях, и поиске уязвимостей для их устранения и улучшения работы систем [1].

Если говорить о важности задачи обнаружения лица, то достаточно взглянуть на структуру процесса распознавания, рисунок 1. Данный этап является первым, и одним из самых главных в системах

распознавания, идентификации и аутентификации лиц [2]-[3]. Соответственно не обнаружив лицо, не может идти и речи о дальнейшей работе системы идентификации/аутентификации.



Рисунок 1 – Общая структура процесса распознавания.

Как было описано выше существует большое число подходов к обнаружению лиц, наиболее популярными из них являются гистограммы направленных градиентов (HOG), каскады Хаара (Haar Cascade), а также методы, основанные на сверточных нейронных сетях (CNN).

Целью исследования является определение наиболее эффективных алгоритмов обнаружения лиц с точки зрения точности и скорости работы, при различных условиях.

Методы и материалы. В работе использовались теоретические основы информатики, методы распознавания изображений лица человека.

В данной статье проведен сравнительный анализ результатов реализации данных методов обнаружения лиц. Показаны результаты экспериментов устойчивости алгоритмов к наиболее распространенным проблемам обнаружения лиц, таких как пространственные повороты, плохое освещение, размытые изображения. Для чистоты эксперимента все тесты проводились в одинаковых условиях, на одном и том же переносном компьютере со следующими характеристиками: процессор AMD Ryzen 5 4600H с частотой процессора 3.00 GHz, оперативная память 16 Gb, графическая карта Geforce GTX 1650.

Каскады Хаара. Одним из наиболее популярных методов детектирования лиц на сегодняшний день является метод на основе каскадов Хаара. Хаар каскады – это наборы масок, прямоугольных окон, каждое из которых представляет собой изображение с определённым черно-белым рисунком (сочетание черных и белых частей).

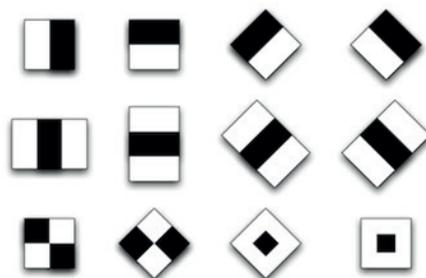


Рисунок 2 – Прямоугольные маски.

Алгоритм обнаружения. Программа определяет наличие лица с помощью наложения масок на части кадра. Применение маски к определенной части кадра дает числовое значение – результат свертки маски с кадром: программа складывает яркость всех пикселей изображения, попавших в белую часть маски при наложении, а также яркость всех пикселей, попавших в черную часть маски, после чего вычисляет разницу между этими значениями. Результат свертки сравнивается с пороговой величиной. Распространённость этого подхода обусловлена, достаточно высокой скоростью и простотой вычисления свертки [4].

Обучение детектора лиц. Так как лица людей, как правило, одного типа, можно подобрать набор масок, который будет учитывать все особенности и сможет максимально точно определить лицо.

В процессе выбора масок классификатор может быть обучен для повышения точности детектирования. Для обучения и улучшения работы классификатора используется алгоритм Ada Boost. Формируется обучающая выборка, которая состоит из большого числа фотографий с изображениями лиц, и каждая из масок классификатора используется по очереди [5].

Наиболее часто в выборке содержатся кадры с изображениями лиц в анфас, по этой причине на видео лучше всего распознаются лица при таком расположении. Но классификатор можно обучить распознаванию лиц в разных положениях путем создания соответствующих выборок. Результат работы детектора лиц на основе каскадов Хаара показан на рисунке 3.

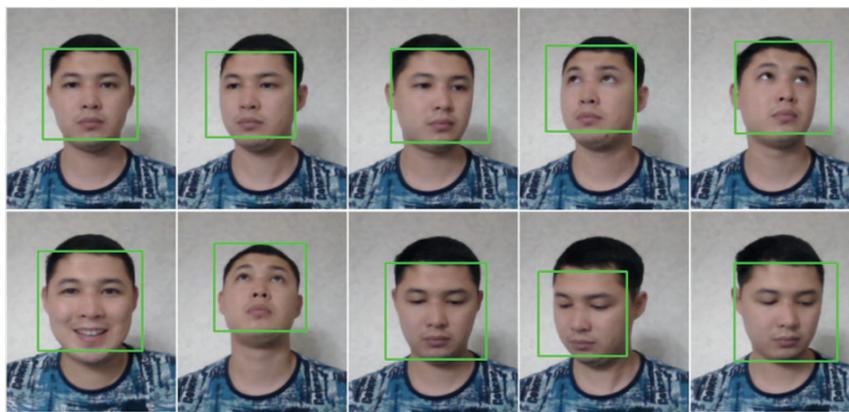


Рисунок 3. Результат работы детектора лиц Хааркаскада с небольшими поворотами и наклонами лица.

Как видно из рисунка каскады Хаара справляются с обнаружением лица при не больших поворотах до 10-15 градусов. Время обнаружения серии из 10 изображений составляет 0.9 секунды, размеры исходных изображений 250 на 200 пикселей.

Гистограмма направленных градиентов. Гистограмма направленных градиентов (Histogram of Oriented Gradient) – метод концепцию которой впервые описал Роберт К. Мак Коннелл в 1986 году. Однако широкое распространение данный метод получил только в 2005 году благодаря Навниту Далалу и Биллу Тригтсу. Идея работы заключалась в обнаружении пешеходов на фотографиях при помощи дескрипторов HOG, позже исследования были продолжены, и детектор работал с обнаружением человека в видео потоке, а также обнаружением различных животных и транспортных средств на фотографиях [6] - [7].

Основная идея алгоритма заключается в том, что изображение описывается распределением направленных градиентов интенсивности. Построение дескрипторов производится путем разбиения изображения на небольшие ячейки. Затем каждой ячейке присваивается направление градиентов, в сторону более темных пикселей. Таким образом, каждая ячейка пикселей изображения заменяется направленным градиентом, который показывает поток от света к темноте по всему изображению. Комбинация всех градиентов и является дескриптором. Предварительно для увеличения точности изображения подвергают обработке, переводят в тип черно-белого, производят нормализацию по контрасту для увеличения инвариантности дескрипторов к освещению [6]-[7].

Реализация алгоритма. Реализация алгоритма состоит из нескольких шагов: *расчет градиента, биннинг ориентации, блоки дескрипторов и блокировка нормализации.*

Расчет градиента. Для расчета градиента применяется одномерная центрированная точечная дискретная производная маски в одном или обоих горизонтальных и вертикальных направлениях. В частности для этого метода требуется фильтрация данных цвета или интенсивности изображения при помощи следующих ядер фильтров $[-1, 0, 1]$ и $[-1, 0, 1]^T$.

Биннинг ориентации. Следующим этапом расчета является построение гистограмм ячеек. Каждый пиксель в ячейке передает взвешенный голос за канал гистограммы на основе ориентации значений, найденных при вычислении градиента. Ячейки могут иметь прямоугольную или радиальную форму, а каналы гистограммы равномерно распределены от 0 до 180 градусов или от 0 до 360 градусов, в зависимости от того, является ли градиент «без знаковым» или «подписанным» [6] - [7].

Блоки дескрипторов. Для того чтобы учесть изменения в освещении и контрасте, силу градиента локально нормализуют, путем группировки ячеек вместе в более крупные, пространственно связанные блоки. Дескриптор HOG тогда представляет собой конкатенированный вектор компонентов нормализованных гистограмм ячеек из всех областей блока.

Блокировка нормализации. Существуют четыре различных подхода нормализации блоков: L2-норма, L2-hys, L1-норма, L1-sqrt. В ходе исследований Далал и Триггс выяснили, что схемы L2-hys, L2-norm и L1-sqrt дают одинаковую производительность, в свою очередь L1-norm обеспечивает немного менее надежную работу. Тем не менее все четыре метода показали очень значительное улучшение по сравнению с ненормализованными данными [6]-[9].

Конечным этапом оригинального метода HOG является классификация дескрипторов с помощью системы обучения с учителем, в частности, использовался метод опорных векторов [7].

Результат работы детектора на основе HOG можно увидеть на рисунке 4.



Рисунок 4 – Результат работы детектора лиц с небольшими поворотами и наклонами лица.

Как видно из рисунка 3, детектор на основе гистограмм направленных градиентов на тех же изображениях, как и каскады Хаара находит лица не только в анфас, но и с небольшими поворотами и наклонами, в пределах 10-15 градусов. Время обнаружения 2.02 секунды, размеры исходных изображений 250 на 200 пикселей. Стоит заметить, что время обнаружения больше чем в каскадах Хаара практически в два раза. Тем не менее данная скорость достаточно высокая, при расчете на одно лицо $2.02 / 10 = 0.2$ секунды.

Детектор на основе сверточной нейронной сети (CNN). Еще один детектор лиц получивший в последнее время широкое распространение, детектор на основе свёрточной нейронной сети (Convolutional neural network, CNN). Архитектуру данной искусственной нейронной сети, предложил Ян Лекун в 1988 году. Целью которой было эффективное распознавание образов. Этот метод является частью технологий глубокого обучения.

Идея сверточных нейронных сетей состоит в том, чтобы чередовать свёрточные слои и субдискретизирующие слои. Сеть имеет однонаправленную структуру (без обратных связей), принципиально многоуровневая. Для обучения используются стандартные методы, чаще всего метод обратного распространения ошибок. Функция активации нейронов (передаточная функция) – любая, по выбору исследователя.

Сетевая архитектура получила свое название благодаря наличию операции свертки, суть которой заключается в том, что каждый фрагмент изображения умножается на матрицу (ядро) свертки по элементам, а результат суммируется и записывается в аналогичную позицию выходного изображения.

Работа сверточной нейронной сети обычно интерпретируется как переход от определенных особенностей изображения к более абстрактным деталям, а затем к еще более абстрактным деталям, вплоть до выделения понятий высокого уровня. В то же время сеть настраивается и развивает необходимую иерархию абстрактных объектов (последовательности карт объектов), фильтруя несущественные детали и выделяя важные.

Эта интерпретация носит метафорический или иллюстративный характер. На самом деле «признаки», создаваемые сложной сетью, неясны и трудны для объяснения, поэтому на практике они не пытаются понять суть этих признаков, и особенно «подправлять», а вместо этого изменяют структуру и архитектуру сети для улучшения результатов распознавания. Так, игнорирование системой какими-

либо важными явлениями может указывать на то, что недостаточно данных для обучения, или что сетевая структура имеет недостатки и что система не может выработать эффективных признаков для данных явлений.

Детектор на основе сверточной нейронной сети прекрасно справляется с задачей детектирования. Также как, как и предыдущие алгоритмы CNN обнаружил 10 из 10 изображений, но лишь за одним исключением, для обнаружения данной серии CNN потребовалось 59.10 секунды, в среднем по 6 секунд на каждое изображение. Что говорит о том, что он не подходит детектирования видео потока в реальном времени.



Рисунок 5 – Результат работы детектора лиц CNN с небольшими поворотами и наклонами лица.

Результаты. Важными факторами для детекторов лиц являются возможность обнаружения лиц на изображениях с плохой освещённостью, с большими поворотами и наклонами (более 15-20 градусов), с маленьким разрешением, случаи, когда изображения получены на большом расстоянии.

Для получения затемненных изображений была произведена процедура гамма-коррекции. В результате данного теста каскады Хаара смогли детектировать только 6 из 10 изображений, за 0.46 секунды. Результат показан на рисунке 6.

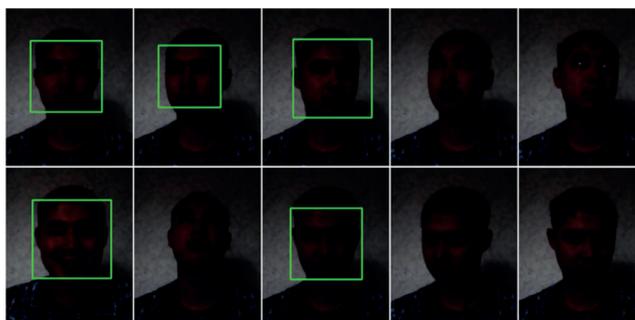


Рисунок 6 – Результат работы детектора лиц Haar cascade при Gamma – коррекции (искусственное затемнение).

В то время как детектор лиц на основе направленных градиентов (HOG), смог обнаружить все 10 из 10 изображений за 2.01 секунды. Результат показан на рисунке 7.

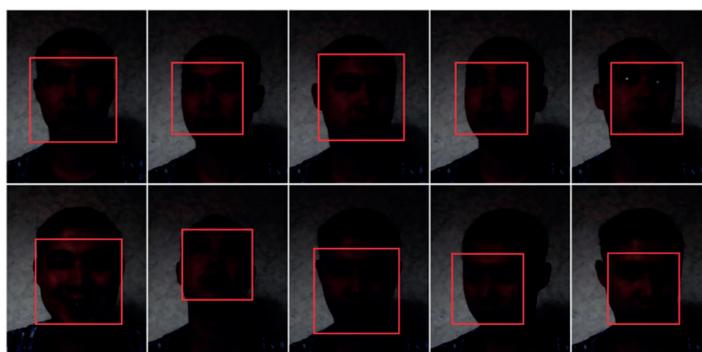


Рисунок 7 – Результат работы детектора лиц HOG при Gamma – коррекции (искусственное затемнение).

Такой же результат 10 из 10 показал детектор CNN. Время обнаружения серии изображений 59.47 секунд.



Рисунок 8 – Результат работы детектора CNN лиц при Gamma – коррекции (искусственное затемнение).

Обнаружение лиц на расстоянии имеет такое же большое значение, это позволяет системам распознавания заблаговременно провести идентификацию и найти лицо в базе, еще до того, как человек дошел до пункта прохождения либо до камеры наблюдения. Для этой цели исходные изображения были уменьшены в 10 раз, и восстановлены до исходных размеров.

Результат работы всех трех детекторов 10 из 10 изображений. Время каскадов Хаара – 0.49 секунды, HOG – 2.03 секунды, CNN – 59.18 секунды. Результаты показаны на рисунке 9 а,б,в.

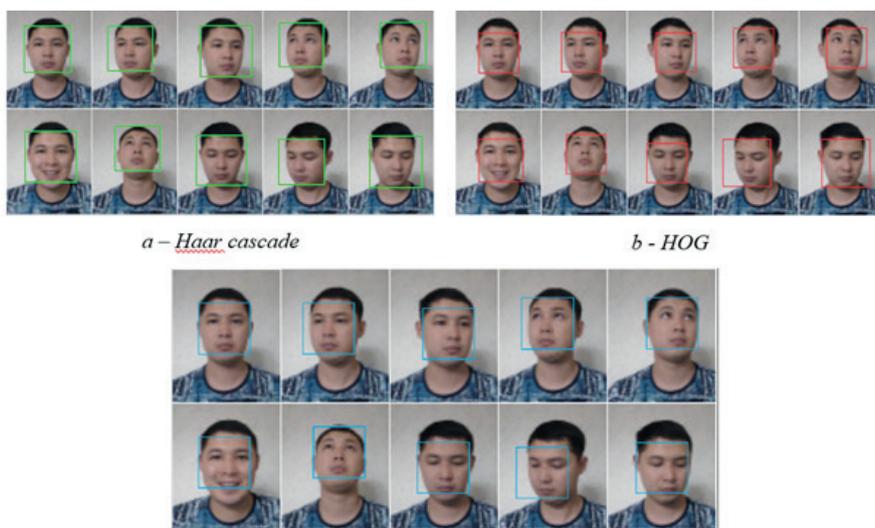


Рисунок 9. Результат работы детектора лиц при уменьшенных изображениях.

При больших пространственных поворотах и наклонах детекторы Haar cascade и HOG вовсе не обнаружили ни одного изображения из 8 предложенных. Результат показан на рисунке 10.



Рисунок 10 – Результат работы детекторов лиц Haarcascade и HOG с большими поворотами и наклонами лица.

CNN показал результат 6 из 8 изображений. С учетом того, что при вертикальных наклонах лица практически не видно это весьма хороший результат. Результат работы CNN показан на рисунке 10.

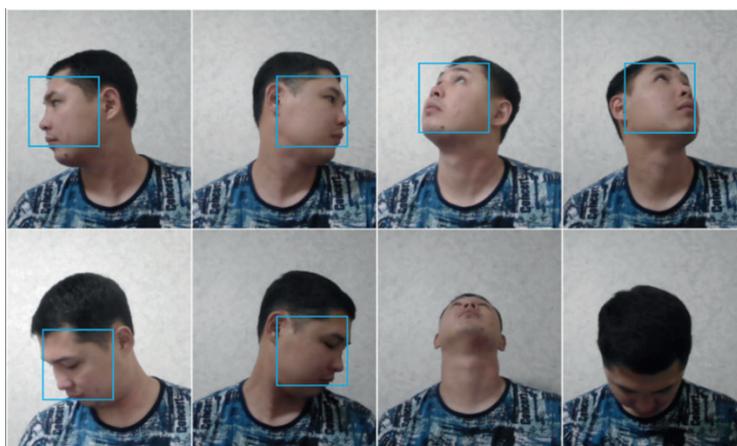


Рисунок 11 – Результат работы детектора лиц CNN с большими поворотами и наклонами лица.

Обсуждение. Таким образом результаты всех проведенных экспериментов можно увидеть в сравнительной таблице ниже. В полях (столбцах) таблицы указаны результаты работы детекторов, в строках при каких условиях выполнены эксперименты.

Таблица 1

№	Условия	Каскады Хаара (Haar cascade)		Гистограмма ориентированных градиентов (HOG)		Сверточная нейронная сеть (CNN)	
		Найдено	Время	Найдено	Время	Найдено	Время
1	Небольшие пространственные повороты до 10-15 градусов по 3-м осям	10 из 10	0.9 сек.	10 из 10	2.02 сек.	10 из 10	59.1 сек.
2	Уменьшение размеров изображений в 10 раз	10 из 10	0.49 сек.	10 из 10	2.04 сек.	10 из 10	59.18 сек.
3	Gamma – коррекция (затемнение)	6 из 10	0.46 сек.	10 из 10	2.01 сек.	10 из 10	59.47 сек.
4	Большие пространственные повороты до 90 градусов	0 из 8	-	0 из 8	-	6 из 8	65.19 сек.

Из приведенной таблицы выше видно, что с точки зрения скорости работы самым быстрым является метод на основе каскадов Хаара, менее 1 секунды для обнаружения 10 изображений. Но по точности уступает двум другим методам, при затемненных изображениях каскады Хаар нашли только 6 из 10 изображений, а при больших поворотах 0 из 8. Метод на основе гистограмм ориентированных градиентов (HOG) работает чуть медленнее, в среднем 2 секунды для обнаружения 10 изображений лиц, но за то точнее по сравнению с Хаарами, а именно при затемненных изображениях HOG сумел обнаружить все 10 из 10 изображений. Но, как и каскады Хаара не смог обнаружить ни одного лица при сильных пространственных поворотах. Наконец, метод на основе сверточной нейронной сети

(CNN) обнаруживает лица практически во всех условиях, за исключением случаев, когда лицо наклонено по оси Z (вертикально) и почти не видно на сцене. Бесспорно с точки зрения точности обнаружения данный метод является лучшим среди представленных, но с точки зрения скорости работы сильно уступает двум предыдущим методам.

Закключение. Резюмируя, можно сделать вывод, что все детекторы довольно легко находят лица на любом изображении, и работают стабильно в условиях, когда пространственные повороты лица и наклоны, не превышают 10-15 градусов, при относительно нормальном освещении, без сильных затемнений, и уменьшений изображений. В остальных случаях, таких как не фронтальные грани, то есть сильные повороты, наклоны лица, и затемнение детекторы Хаара и HOG начинают давать сбои.

Между тем, детектор на основе CNN способен обнаруживать лица практически во всех ракурсах. Но, к сожалению, он не подходит для обнаружения в реальном времени. Чтобы получить ту же скорость, что и, к примеру детектор на основе HOG, можно применить вычисления на GPU, для чего может потребоваться мощный графический процессор. Тем не менее, это не мешает использовать CNN на неподвижных изображениях, где не требуется высокая скорость обнаружения.

Из всего это следует что в рамках сценариев с контролируруемыми условиями распознавания, идентификации и аутентификации подойдут детекторы с более высокой скоростью работы, каскады Хаара и HOG. К таким сценариям можно отнести работу систем идентификации и аутентификации пунктах с большим потоком людей или систем Access контроля.

Но и в рамках таких систем детектор CNN может найти свое применение, если изображение какого-либо нарушителя есть только в плохом качестве (затемненное, из далека, с поворотом), то прежде, чем извлечь и поместить признаки – этого изображения в базу разыскиваемых людей лицо необходимо обнаружить, тут и может помочь детектор на основе CNN.

Мауленов Қ.С.^{1*}, Кудубаева С.А.²

¹А. Байтұрсынов атындағы ҚӨУ, Қостанай, Қазақстан;

²Л. Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан.

E-mail: k_maulenov@inbox.ru

HAAR, HOG, CNN БЕТ ДЕТЕКТОРЛАРЫН САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ

Аннотация. Адамның бет-әлпетін анықтау кезеңі тұлғаны тану және сәйкестендіру жүйелеріндегі ең маңыздыларының бірі болып табылады. Адамдарды анықтау алгоритмдерінде кездесетін көптеген проблемалар болғандықтан, осы бағытта қол жеткізілген нәтижелерге қарамастан, адамдарды табу міндеті әлі де өзекті болып табылады. Зерттеудің мақсаты әртүрлі жағдайларда дәлдік пен жылдамдық тұрғысынан адамдарды анықтаудың ең тиімді алгоритмдерін анықтау.

Мақалада бетті анықтаудың ең танымал әдістерін талдау нәтижелері көрсетілген: Хаар каскадтары (Haar Cascades), гистограммаға бағдарланған градиенттер (HOG), сондай-ақ нейрондық желілерге негізделген әдістер (CNN). Кеңістіктік бұрылыстар, нашар жарықтандыру, бұлыңғыр суреттер сияқты әртүрлі жағдайларда сипатталған алгоритмдерді іске асырудың нәтижелері көрсетілген. Әдістердің артықшылықтары мен кемшіліктері сипатталған, бетті тану жүйелерінде қолдану бойынша ұсыныстар берілген.

Талдау нәтижесінде жоғары жылдамдықты детекторлар, Хаар каскадтары (Haar Cascades) және гистограммаға бағытталған градиенттер (HOG) танудың, сәйкестендірудің және аутентификацияның бақыланатын жағдайлары бар сценарийлер аясында жасалады деген қорытынды жасалды. Мұндай сценарийлерге адамдардың үлкен ағымы бар орындарда сәйкестендіру және аутентификация жүйелерінің жұмысын немесе Access басқару жүйелерін жатқызуға болады. Сонымен қатар, алдыңғы екі алгоритм жұмыс істемейтін сценарийлерде CNN негізіндегі детекторды қолдануға болады, ол ұзақ уақытты алса да, кез-келген жағдайда бетті анықтай алады.

Зерттеу нәтижелері нақты іздеу/тану және тұлғаны сәйкестендіру жүйелерін құруда қолданылады.

Түйінді сөздер: бетті анықтау, бетті тану, Хаар каскадтары, гистограммаға бағытталған градиенттер, нейрондық желілер, сәйкестендіру/аутентификация.

Maulenov K.S.^{1*}, Kudubaeva S.A.²

¹KRU named after A. Baitursynov, Kostanay, Kazakhstan;

²ENU named after L. Gumilyov, Nur-Sultan, Kazakhstan.

E-mail: k_maulenov@inbox.ru

COMPARATIVE ANALYSIS OF FACE DETECTOR SHAAR, HOG, CNN

Abstract. The human face detection stage is one of the most important in facial recognition and identification systems. Because the undetected person cannot be identified. Despite the results achieved in this direction, the task of detecting faces is still relevant. Since there are a huge number of problems that

face detection algorithms can meet. The aim of the study is to determine the most effective algorithms for detecting faces in terms of accuracy and speed of operation, under various conditions.

The article reflects the results of the analysis of the most popular methods of face detection: Haar Cascade, histogram of oriented gradients (HOG), and the method based on neural networks (CNN). The results of the implementation of the described algorithms in various conditions such as spatial rotations, poor lighting, blurring of images are shown. The advantages and disadvantages of the methods are described, recommendations for use in facial recognition systems are given.

As a result of the analysis, it was concluded that in the framework of scenarios with controlled recognition, identification and authentication conditions, detectors with a higher operating speed, Haar Cascades and histogram oriented gradients (HOG) are suitable. Such scenarios include the operation of identification and authentication systems at points with a large flow of people or Access control systems. Meanwhile, in scenarios where the previous two algorithms fail, you can use a CNN-based detector, which is able to detect faces in almost any conditions, but for a longer time.

The advantages and disadvantages of the methods are described, recommendations for use in facial recognition systems are given.

Key words: face detection, face recognition, Haar cascades, histogram oriented gradients, neural networks, identification/authentication.

REFERENCES

- [1] Mei Ngan, Patrick Grother, Kayee Hanaoka (2020) NIST, Face recognition accuracy with masks using pre-COVID-19 algorithms. DOI: 10.6028/NIST.IR.8311 (in Eng.).
- [2] Maulenov K.S., ZHarlykasov B.ZH. PATTERN RECOGNITION FOR SEARCH AND IDENTIFICATION TASKS. Materials of the XI International Scientific and practical conference. [RASPOZNAVANIE OBRAZOV DLYA ZADACH POISKA I IDENTIFIKACII. Materialy XI mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii.] Ekaterinburg, 26 february–2 march 2018, P. 539-544.
- [3] Kukharev G.A., Kamenskaya E.I., Matveev Yu.N., Shchegoleva N.L. (2013) Methods of processing and recognition of facial images in biometrics problems. - St. Petersburg: Polytechnic, ISBN 978-5-7325-1028-7.
- [4] P. Viola and M. Jones, “Rapid object detection using a boosted cascade of simple features,” Proceedings of the 2001 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. CVPR 2001, 2001, pp. I-I, DOI: 10.1109/CVPR.2001.990517 (in Eng.).
- [5] Yoav Freund, Robert E. Schapire A decision-theoretic generalization of on-line learning and an application to boosting Journal of Computer and System Sciences, no. 55:119–139 DOI: <https://doi.org/10.1006/jcss.1997.1504>.
- [6] N. Dalal and B. Triggs, “Histograms of oriented gradients for human detection,” 2005 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR’05), 2005, pp. 886-893 vol. 1, doi: 10.1109/CVPR.2005.177.
- [7] Dolgov V.A. (2018) Overview of image recognition methods. VI International Scientific Conference: Young scientist Kazan’. S. 7-9. [Obzor metodov raspoznavaniya izobrazhenij. VI Mezhdunar. nauch. konf.: Molodojuchenyj. Kazan’. S. 7-9.
- [8] G.B.Y Uzhakov, (2013) PROCEEDINGS OF MIPT. 3:84-91 (in Russ.).
- [9] M.K. Binli, B. Can Demiryilmaz, P.O. Ekim and F. Yeganli, “Face Detection via HOG and GA Feature Selection with Support Vector Machines,” 2019 11th International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ELECO), Bursa, Turkey, 2019, pp. 610-613, DOI: 10.23919/ELECO47770.2019.8990524.
- [10] Y. LeCun, B. Boser, J.S. Denker, D. Henderson, R.E. Howard, W. Hubbard and L.D. Jackel: Backpropagation Applied to Handwritten Zip Code Recognition, Neural Computation, 1(4):541-551, Winter 1989.

МАЗМҰНЫ

ФИЗИКА

Абуова Ф.У., Инербаев Т.М., Абуова А.У., Қаптағай Г.Ә., Мерәлі Н. ВАНАДИЙМЕН ЛЕГИРЛЕНГЕН $Mn_2CoZ(Al/Ga)$ ҚОСПАСЫНЫҢ ҚҰРЫЛЫМДЫҚ, ЭЛЕКТРОНДЫҚ ЖӘНЕ МАГНИТТІК ҚАСИЕТТЕРІ.....	6
Алдақұлов Е., Темірбек Ә.М., Муратов М.М., Молдабеков Ж., Рамазанов Т.С. КРИОГЕНДІК ЖАҒДАЙДАҒЫ ТОЗАҢДЫ ПЛАЗМА БӨЛШЕКТЕРДІҢ ЖҰПТЫҚ КОРРЕЛЯЦИЯЛЫҚ ФУНКЦИЯСЫНА ТЕРМОФОРЕТИКАЛЫҚ КҮШНІҢ ӘСЕРІ.....	17
Калжигитов Н.К., Василевский В.С., Такибаев Н.Ж., Курмангалиева В.О. 6Li ЯДРОСЫНДАҒЫ КЛАСТЕРЛІК ПОЛЯРИЗАЦИЯ ЭФФЕКТІЛЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	25
Курбаниязов А.К., Сырлыбекқызы С., Джаналиева Н.Ш., Аккенжеева А.Ш., Кабылова А.Р. ОРТА КАСПИЙДІҢ ТЕҢІЗ АҒЫНЫН МЕН ТЕРМОХАЛИН ҚҰРЫЛЫМЫН ТІКЕЛЕЙ ӨЛШЕУ...33	
Мейрамбекұлы Н., Карибаев А.В., Темирбаев А.А. ЖЕРДІ БАРЛАУШЫ КІШІ ҒАРЫШ АППАРАТТАРЫНА АРНАЛҒАН АНИЗАТРОПТЫ ФРАКТАЛДЫҢ ЕКІНШІ БУЫНЫНА НЕГІЗДЕЛГЕН КӨПДИАПАЗОНДЫ АНТЕННА.....	42
Мұсабек Г.Қ., Садықов Ғ.Қ., Бақтыгерей С.З., Задерко А.Н., Лесняк В.В. ТЕРМОМЕТРИЯҒА АРНАЛҒАН ФОТО ЛЮМИНЦЕНЦИЯЛЫҚ НАНОМАТЕРИАЛДАР: КРЕМНИЙ ЖӘНЕ КӨМІРТЕКТІ НАНОБӨЛШЕКТЕР.....	54

ИНФОРМАТИКА

Джусупбекова Г.Т., Жидебаева А.Н., Изтаев Ж.Д., Шаймерденова Г.С., Тастанбекова Б.О. DELPHI ОРТАСЫНДА «БАНК ЖҮЙЕСІНДЕГІ НЕСИЕЛЕР МЕН ДЕПОЗИТТЕРДІ АВТОМАТТАНДЫРУ» ЖҰМЫС ОРЫНДАРЫН ҚҰРУ.....	61
Ерасыл К., Ахметов И., Джаксылықова А. KASPI ӨНІМДЕРІ ТУРАЛЫ ПІКІРЛЕРДЕГІ КӨҢІЛ-КҮЙДІ ТАЛДАУ.....	68
Мауленов Қ.С., Кудубаева С.А. НААР, НОГ, CNN БЕТ ДЕТЕКТОРЛАРЫН САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ.....	74
Сейлова Н.А., Журынтаев Ж.З., Мамырбаев О.Ж., Батыргалиев А.Б., Тұрдалыұлы М. ПСЕВДО КЕЗДЕЙСОҚ ИМПУЛЬСТАР ТІЗБЕГІНІҢ САНДЫҚ ГЕНЕРАТОРЛАРЫ ЖӘНЕ ОЛАРДЫ CAD QUARTUS II ОРТАСЫНДА FPGA КӨМЕГІМЕН МОДЕЛЬДЕУ.....	83
Сымагулов А., Кучин Я., Елис М., Жумабаев А., Абдуразаков А. МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУДЫҢ ҚАРА ЖӘШІКТЕРІН ТҮСІНДІРУ ӘДІСТЕРІ ЖӘНЕ ШЕШІМ ҚАБЫЛДАУДЫ ҚОЛДАУ ЖҮЙЕЛЕРІН ҚҰРУ ҮШІН ОЛАРДЫ ҚОЛДАНУ.....	91
Усатова О.А., Бегимбаева Е.Е., Нысанбаева С.Е., Усатов Н.С. ХЕШ ФУНКЦИЯ ӘДІСТЕРІН ТАЛДАУ ЖӘНЕ ПРАКТИКАЛЫҚ ҚОЛДАНУ.....	100

МАТЕМАТИКА

Абдраманова Г.Б., Имамбек О., Белисарова Ф.Б. p^7B СЕРПИМДІ ШАШЫРАУ ҚИМАСЫНЫҢ ЕСЕПТЕУЛЕРІ ҮШІН ГЛАУБЕР ТЕОРИЯНЫҢ НЕГІЗІНДЕГІ МАТЕМАТИКАЛЫҚ ФОРМАЛИЗМ.....	111
Адилова А.Қ., Жүзбаев С.С., Ахметжанова Ш.Е. КОМПОЗИЦИЯЛЫҚ МАТЕРИАЛДАР ҚҰРЫЛЫМЫ ЖӘНЕ КОМПОЗИТТЕР МЕХАНИКАСЫНЫҢ ЕСЕПТЕРІ.....	119
Иванов К.С., Тулекенова Т.Д. ТҮЙІСУ МЕХАНИЗІМІНІҢ БЕЙІМДЕЛГЕН ЖЕТЕГІНІҢ ДИНАМИКАСЫ.....	131
Исраилова С.Т., Муханова А.А., Сатыбалдиева А.Ж. ТЕҢГЕРІМДІ КӨРСЕТКІШТЕР ЖҮЙЕСІ БОЙЫНША КӘСІПОРЫННЫҢ БИЗНЕС ПРОЦЕСТЕРІНІҢ ТИІМДІЛІГІН БАҒАЛАУ АЛГОРИТМІ.....	137
Оразбаев Б.Б., Жумадилаева А.К., Дюсекеев К.А., Сантеева С.Ә., Xiao-Guang Yue ЖҮЙЕЛІК ТӘСІЛДЕМЕ НЕГІЗІНДЕ ЛГ-35-11/300-95 ҚОНДЫРҒЫСЫНЫҢ БЕНЗИНДІ РИФОРМИНГТЕУ РЕАКТОРЛАРЫНЫҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕРІН ҚҰРУ.....	145

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКА

Абуова Ф.У., Инербаев Т.М., Абуова А.У., Каптагай Г.А., Мерәлі Н. СТРУКТУРНЫЕ, ЭЛЕКТРОННЫЕ И МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА $Mn_2CoZ(Al/Ga)$ ПРИ ЛЕГИРОВАНИИ ВАНАДИЕМ.....	6
Алдакулов Е., Темірбек Ә.М., Муратов М.М., Молдабеков Ж., Рамазанов Т.С. ВЛИЯНИЕ СИЛЫ АТОМНОГО УВЛЕЧЕНИЯ НА ПАРНУЮ КОРРЕЛЯЦИОННУЮ ФУНКЦИЮ ПЫЛЕВОЙ ПЛАЗМЫ В КРИОГЕННЫХ УСЛОВИЯХ.....	17
Калжигитов Н.К., Василевский В.С., Такибаев Н.Ж., Курмангалиева В.О. ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТОВ КЛАСТЕРНОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ В ЯДРЕ 6Li	25
Курбаниязов А.К., Сырлыбеккызы С., Джаналиева Н.Ш., Аккенжеева А.Ш., Кабулова А. ПРЯМОЕ ИЗМЕРЕНИЕ МОРСКОГО ТЕЧЕНИЯ И ТЕРМОХАЛИНОВОЙ СТРУКТУРЫ СРЕДНЕГО КАСПИЯ.....	33
Мейрамбекұлы Н., Карибаев Б.А., Темирбаев А.А. МНОГОДИАПАЗОННАЯ АНТЕННА НА БАЗЕ ВТОРОГО ПОКОЛЕНИЯ АНИЗОТРОПНОГО ФРАКТАЛА ДЛЯ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ И НАБЛЮДЕНИЯ ЗЕМЛИ.....	42
Мусабек Г.К., Садыков Г.К., Бактыгерей С.З., Задерко А.Н., Лесняк В.В. ФОТОЛЮМИНЦЕНТНЫЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕРМОМЕТРИИ: КРЕМНИЙ И УГЛЕРОДНЫЕ НАНОЧАСТИЦЫ.....	54

ИНФОРМАТИКА

Джусупбекова Г.Т., Жидебаева А.Н., Изтаев Ж.Д., Шаймерденова Г.С., Тастанбекова Б.О. СОЗДАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ РАБОЧИХ МЕСТ ДЛЯ «КРЕДИТОВАНИЕ И ДЕПОЗИТЫ В БАНКОВСКОЙ СИСТЕМЕ» В СРЕДЕ DELPHI.....	61
Ерасыл К., Ахметов И., Джаксылыкова А. ТОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОТЗЫВОВ О ТОВАРАХ KASPI.....	68
Мауленов Қ.С., Кудубаева С.А. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДЕТЕКТОРОВ ЛИЦ HAAR, HOG, CNN.....	74
Сейлова Н.А., Джурунтаев Д.З., Мамырбаев О.Ж., Батыргалиев А.Б., Тұрдалыұлы М. ЦИФРОВЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ ПСЕВДОСЛУЧАЙНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ИМПУЛЬСОВ И ИХ МОДЕЛИРОВАНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЛИС В СРЕДЕ САПР QUARTUSII.....	83
Сымагулов А., Кучин Я., Елис М., Жумабаев А., Абдуразаков А. МЕТОДЫ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ЧЕРНЫХ ЯЩИКОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ СОЗДАНИЯ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ.....	91
Усатова О.А., Бегимбаева Е.Е., Нысанбаева С.Е., Усатов Н.С. АНАЛИЗ МЕТОДОВ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ХЕШ-ФУНКЦИЙ.....	100

МАТЕМАТИКА

Абдраманова Г.Б., Имамбек О., Белисарова Ф.Б. МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ФОРМАЛИЗМ ДЛЯ РАСЧЕТОВ СЕЧЕНИЯ УПРУГОГО p^7Be -РАССЕЯНИЯ В РАМКАХ ТЕОРИИ ГЛАУБЕРА.....	111
Адилова А.К., Жузбаев С.С., Ахметжанова Ш.Е. СТРУКТУРА КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА И ЗАДАЧИ МЕХАНИКИ КОМПОЗИТОВ..	119
Иванов К.С., Тулекенова Т.Д. ДИНАМИКА АДАПТИВНОГО ПРИВОДА СТЫКОВОЧНОГО МЕХАНИЗМА.....	131
Исраилова С.Т., Муханова А.А., Сатыбалдиева А.Ж. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ПРЕДПРИЯТИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СБАЛАНСИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ.....	137
Оразбаев Б.Б., Жумадилаева А.К., Дюсекеев К.А., Сантеева С.А., Xiao-Guang Yue РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ РЕАКТОРОВ РИФОРМИНГА БЕНЗИНА УСТАНОВКИ ЛГ-35-11/300-95 НА ОСНОВЕ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА.....	145

CONTENTS

PHYSICS

Abuova F., Inerbaev T., Abuova A., Kaptagay G., Merali N. STRUCTURAL, ELECTRONIC AND MAGNETIC PROPERTIES OF VANADIUM DOPED Mn ₂ CoZ(Al/Ga).....	6
Aldakulov Ye., Temirbek A.M., Muratov M.M., Moldabekov Z., Ramazanov T.S. INFLUENCE OF THE NEUTRAL SHADOWING FORCE ON THE PAIR CORRELATION FUNCTION OF THE DUSTY PLASMA UNDER CRYOGENIC CONDITIONS.....	17
Kalzhitov N., Vasilevsky V.S., Takibayev N. Zh., Kurmangaliyeva V.O. A STUDY OF THE EFFECTS OF CLUSTER POLARIZATION IN THE 6Li NUCLEUS.....	25
Kurbaniyazov A.K., Syrlybekkyzy S., Janaliyeva N.Sh., Akkenzheyeva A., Kabylova A. DIRECT MEASUREMENT OF SEA CURRENTS AND THERMOHALINE STRUCTURE OF THE MIDDLE CASPIAN.....	33
Meirambekuly N., Karibayev B.A., Temirbayev A.A. MULTI-BAND ANTENNA BASED ON THE SECOND GENERATION OF ANISOTROPIC FRACTAL FOR SMALL REMOTE SENSING AND EARTH OBSERVING SPACECRAFTS.....	42
Mussabek G.K., Sadykov G.K., Baktygeray S.Z., Zaderko A.N. Lisnyak V.V. PHOTOLUMINESCENT NANOMATERIALS FOR THERMOMETRY: SILICON AND CARBON NANOPARTICLES.....	54

COMPUTER SCIENCE

Jussupbekova G.T., Zhidebayeva A.N., Iztayev Zh.D., Shaimerdenova G.S., Tastanbekova B.O. CREATION OF AUTOMATED JOBS FOR "LOANS AND DEPOSITS IN THE BANKING SYSTEM" IN THE DELPHI ENVIRONMENT.....	61
Yerassyl K., Akhmetov I, Jaxylykova A. SENTIMENT ANALYSIS OF KASPI PRODUCT REVIEWS.....	68
Maulenov K.S., Kudubaeva S.A. COMPARATIVE ANALYSIS OF FACE DETECTORS HAAR, HOG, CNN.....	74
Seilova N.A., Dzhuruntaev D.Z., Mamyrbayev O.Zh., Batyrgaliev A.B., Turdalyuly M. DIGITAL GENERATORS OF A PSEUDORANDOM PULSES SEQUENCE AND THEIR MODELING WITH USE OF FPGA IN THE ENVIRONMENT CAD QUARTUS II.....	83
Symagulov A., Kuchin Ya., Yelis M., Zhumabayev A., Abdurazakov A. METHODS FOR INTERPRETING MACHINE LEARNING BLACK BOXES AND THEIR APPLICATION TO DECISION SUPPORT SYSTEMS.....	91
Ussatova O., Begimbayeva Ye., Nyssanbayeva S., Ussatov N. ANALYSIS OF METHODS AND PRACTICAL APPLICATION OF HASH FUNCTIONS.....	100

MATHEMATICS

Abdramanova G.B., Imambek O., Belisarova F.B. MATHEMATICAL FORMALISM FOR CALCULATIONS OF THE ELASTIC p ₇ Be SCATTERING CROSS SECTION IN THE FRAMEWORK OF GLAUBER THEORY.....	111
Adilova A.K., Zhuzbayev S.S., Akhmetzhanova S.E. COMPOSITE MATERIAL STRUCTURE AND PROBLEMS OF COMPOSITE MECHANICS.....	119
Ivanov K.S., Tulekenova T.D. DYNAMICS OF THE ADAPTIVE DRIVE OF THE DOCKING MECHANISM.....	131
Israilova S., Mukhanova A., Satybaldiyeva A. MODERN METHODS FOR EVALUATING BUSINESS PROCESSES OF AN ENTERPRISE USING A BALANCED SCORECARD.....	137
Orazbayev B., Zhumadillayeva A., Dyussekeyev K., Santeyeva S., Xiao-Guang Yue DEVELOPMENT MATHEMATICAL MODELS OF PETROL REFORMING REACTORS OF THE LG-35-11 / 300-95 INSTALLATION BASED ON A SYSTEM APPROACH.....	145

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 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)

Редакторы: *М.С. Ахметова, А. Ботанқызы, Д.С. Аленов, Р.Ж. Мрзабаева*
Верстка на компьютере *Г.Д. Жадыранова*

Подписано в печать 15.10.2021.

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

4,6 п.л. Тираж 300. Заказ 5.