

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

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ

әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

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

N E W S

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

**SERIES
PHYSICO-MATHEMATICAL**

2 (342)

APRIL – JUNE 2022

PUBLISHED SINCE JANUARY 1963

PUBLISHED 4 TIMES A YEAR

ALMATY, NAS RK

БАС РЕДАКТОР:

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

БАС РЕДАКТОРДЫҢ ОРЫНБАСАРЫ:

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

РЕДАКЦИЯ АЛҚАСЫ:

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

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

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

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

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

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

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

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

ТАКИБАЕВ Нұрғали 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 Аскар 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: *физика және ақпараттық коммуникациялық технологиялар сериясы.*

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

Мерзімділігі: *жылына 4 рет.*

Тиражы: *300 дана.*

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

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

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2022

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

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

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

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Периодичность: *4 раз в год.*

Тираж: *300 экземпляров.*

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

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

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2022
Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75.

EDITOR IN CHIEF:

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

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF

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

EDITORIAL BOARD:

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

BAYGUNCHEKOV Zhumadil Zhanabayevich, doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Institute of Cybernetics and Information Technologies, Department of Applied Mechanics and Engineering Graphics, Satbayev University (Almaty, Kazakhstan), **H=3**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.
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: *series physics and information technology.*

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

Periodicity: *4 times a year.*

Circulation: *300 copies.*

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

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

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2022

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

NEWS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES
ISSN 1991-346X

Volume 2, Number 342 (2022), 153–168
<https://doi.org/10.32014/2022.2518-1726.136>

МРНТИ 50.53.15
УДК 004.932

Э.Э. Эльдарова^{1*}, В.В. Старовойтов², К.Т. Искаков¹

¹Евразийский национальный университет имени Л.Ю. Гумилева,
Нур-Султан Казахстан;

²Национальная академия наук Беларуси, Минск, Беларусь.
E-mail: doctorphd_eldarova@mail.ru

УЛУЧШЕНИЕ ВИЗУАЛЬНОГО КАЧЕСТВА КОНТРАСТНО ИСКАЖЕННЫХ ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Аннотация. Контрастность изображения должна быть достаточной для четкой визуализации изображения. Потому что информативность напрямую связана с контрастностью изображения. Из-за неравномерного освещения и низкой контрастности информационное содержание изображения не передается должным образом, что ограничивает его использование в реальных приложениях. В этой статье проводятся всесторонние исследования и анализируются некоторые традиционные и новейшие методы для улучшения изображений при слабом освещении. Это поможет оценить плюсы и минусы различных методов улучшения контрастных изображений. Представлены экспериментальные результаты, полученные с помощью методов улучшения изображений: Gamma correction, BIMEF, CegaHE, CRM, LIME, MF, HE, MSRCP, SRIE, CEFPBHE, EEBHEGF, 2DHE, MBLLN, KinD, RetinexNet, GLADNet, ZeroDCE. Чтобы оценить результаты исследуемых методов использовали NR меры MDM и NIQMC, которые экспериментально подтверждены их высоким соответствием с субъективными оценками экспертов. Для сравнения с эталоном используем оценку SSIM. В качестве экспериментальных данных используются контрастно искаженные изображения наборов данных LOL и CCID2014. После проведения обширных экспериментов и анализа результатов улучшения слабоконтрастных

изображений, можно заметить, что каждый подход дает хорошие результаты в одних условиях, но имеет ограничения в других. Хотя, в большинстве случаев наблюдаются высокие показатели для методов основанных на машинном обучении, таких как RetinexNet, GLADNet, ZeroDCE, MBLLEN, KinD. Все рассмотренные алгоритмы имеют определенные недостатки, такие как потеря деталей, искажение цвета или высокая вычислительная сложность. Следовательно, рекомендуется выбрать наиболее подходящий алгоритм улучшения контраста, исходя из конкретных требований приложения.

Ключевые слова: цифровое изображение, безэталонная оценка (NR), объективные показатели, контраст, улучшения контраста.

Э.Э. Эльдарова^{1*}, В.В. Старовойтов², К.Т. Искаков¹

¹Л.Ю. Гумилев атындағы Евразиялық ұлттық университеті,
Нұр-Сұлтан Қазақстан;

²Беларусь Ұлттық ғылым академиясы, Минск, Беларусь.
E-mail: doctorphd_eldarova@mail.ru

БҰРМАЛҒАН КОНТРАСТТЫ ЦИФРЛЫҚ БЕЙНЕНІҢ ВИЗУАЛДЫ САПАСЫН ЖАҚСARTУ

Аннотация. Кескінді анық көрсету үшін кескіннің контрасты жеткілікті болуы керек. Өйткені ақпараттық мазмұн кескіннің контрастына тікелей байланысты. Біркелкі емес жарықтандыру және төмен контраст салдарынан кескіннің ақпараттық мазмұны дұрыс берілмейді, бұл оны нақты қолданбаларда пайдалануды шектейді. Бұл мақалада төмен контрасты цифрлық бейнелердің сапасын жақсартудың кейбір дәстүрлі және соңғы әдістеріне талдау жасалып, зерттеулер жүргізіледі. Бұл, өз кезегінде, контрасты кескіндерді жақсартудың әртүрлі әдістерінің оң және теріс жақтарын бағалауға көмектеседі. Гамма түзетуі, BIMEF, SegaHE, CRM, LIME, MF, HE, MSRCP, SRIE, CEFPBHE, EEBHEGF, 2DHE, MBLLEN, KinD, RetinexNet, GLADNet, ZeroDCE тәрізді бейнені жақсарту әдістерін қолдану арқылы алынған эксперименттік нәтижелер ұсынылған. Зерттелетін әдістердің нәтижелерін бағалау үшін сарапшылардың субъективті бағаларымен жоғары сәйкестігі тәжірибе жүзінде расталған NR өлшемдері MDM және NIQMC қолданылды. Эталонмен салыстыру үшін біз SSIM бағалауын қолданамыз. Эксперименттік деректер ретінде LOL және CCID2014 деректер жиынының контрасты бұрмаланған бейнелері пайдаланылады. Төмен контрасты бейнелерді

жақсарту нәтижелеріне кеңейтілген эксперимент пен талдаудан кейін әрбір тәсіл кейбір жағдайларда жақсы нәтиже беретінін, бірақ өзге жағдайларда шектеулер бар екенін көруге болады. Дегенмен де, көптеген жағдайларда RetinexNet, GLADNet, ZeroDCE, MBLN, KinD сияқты машиналық оқытуға негізделген әдістердің көрсеткіштері жоғары болды. Қарастырылған барлық алгоритмдердің белгілі бір кемшіліктері бар, мысалы, бөлшектердің жоғалуы, түстердің бұрмалануы немесе жоғары есептеу күрделілігі. Сондықтан қолданбаның нақты талаптарына негізделген контрастты жақсарту алгоритмін таңдау ұсынылады.

Түйін сөздер: сандық бейне, эталонсыз бағалау (NR), объективті көрсеткіштер, контраст, контрасты жақсарту.

E.E. Eldarova^{1*}, V.V. Starovoytov², K.T. Iskakov¹

¹L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan;

²National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus.

E-mail: doctorphd_eldarova@mail.ru

IMPROVED VISUAL QUALITY OF CONTRAST DISTORTED DIGITAL IMAGES

Abstract. The contrast of the image must be sufficient to render the image clearly. Because the information content is directly related to the contrast of the image. If the image has uneven illumination and/or low contrast, the information content of the image will not be transmitted properly, which limits its use in real applications. This article conducts in-depth research and analyzes some of the traditional and latest techniques for image enhancement in low light. This will help to evaluate the pros and cons of various methods for improving contrast images. Experimental results obtained using image enhancement methods are presented: Gamma correction, BIMEF, CegaHE, CRM, LIME, MF, HE, MSRCP, SRIE, CEFPBHE, EEBHEGF, 2DHE, MBLN, KinD, RetinexNet, GLADNet, ZeroDCE. To evaluate the results of the studied methods, the NR measures MDM and NIQMC used, which were experimentally confirmed by their high agreement with the subjective assessments of experts. For comparison with the benchmark, we use the SSIM score. Contrast distorted images of the LOL and CCID2014 datasets are used as experimental data. After extensive experimentation and analysis of low-contrast image enhancement results, it can be seen that each approach gives good results in some conditions, but has limitations in others. In most cases, there are high rates for methods based on machine learning,

such as: RetinexNet, GLADNet, ZeroDCE, MBLLEN, KinD. All considered algorithms have certain drawbacks, such as: loss of detail, color distortion, or high computational complexity. Therefore, it is recommended to choose the most appropriate contrast enhancement algorithm based on the specific requirements of the application.

Key words: digital image, no-reference assessment (NR), objective metrics, contrast, contrast enhancements.

Введение. Повышение контрастности является сложной областью и играет жизненно важную роль в приложениях обработки изображений, таких как медицина, наблюдения и области машинного зрения (Muslim, et al, 2019, Khan, et al, 2018, Munir, et al 2018, Khan, et al, 2020). Контрастность изображения должна быть достаточной для четкой визуализации изображения. Потому что информативность напрямую связана с контрастностью изображения. Однако в процессе получения изображения часто существуют некоторые неконтролируемые факторы, приводящие к различным дефектам изображения. В частности, в условиях плохой освещенности, например, в помещении, в ночное время или в пасмурные дни, свет, отраженный от поверхности объекта, может быть слабым; Из-за неравномерного освещения и низкой контрастности информационное содержание изображения не передается должным образом, что ограничивает его использование в реальных приложениях. В этой главе рассматриваются основные методы улучшения изображения при слабом освещении, разработанные за последние десятилетия.

Материалы и методы. Ученые во всем мире предложили множество алгоритмов улучшения изображений, снятых в условиях низкой освещенности, для улучшения видео и изображений при слабом освещении с разных точек зрения. Анализируя множество исследований от простого до новейших методов (Muslim, et all, 2019), используемыми для повышения яркости можно разделить на два класса: традиционные методы и методы машинного обучения. Эти методы могут быть далее разделены на разные подклассы в соответствии с различиями в их принципах.

Традиционные методы улучшения контраста подразделяются на методы пространственной и частотной областей, основанные на операциях с пикселями. В методах пространственной области операции непосредственно применяются к изображению с помощью алгоритмов, которые обычно основаны на содержимом уровня серого. Исследователи обычно использовали методы преобразования серого, методы на основе гистограммы и методы ретинекса для повышения контрастности.

Метод преобразования серого – это алгоритм улучшения изображения в пространственной области, основанный на принципе преобразования значений серого, отдельных пикселей в другие значения серого с помощью математической функции [Голуб], который обычно называют подходом, основанным на отображении. Такой метод улучшает изображение, изменяя распределение и динамический диапазон значений серого в пикселях. К основным подклассам метода этого типа относятся линейные и нелинейные преобразования. Подробная информация написана в статьях (Shukla, et al,2017, Park, et al, 2018, Wang, et all, 2020).

Гистограмма изображения представляет собой распределение значений интенсивности пикселей. Это дает представление об изменении пикселей изображения, чтобы визуализировать качество до естественного вида. Если значения пикселей изображения равномерно распределены по всем возможным уровням серого, то изображение демонстрирует высокую контрастность и большой динамический диапазон. На основе этой характеристики алгоритм выравнивания гистограммы (histogram equalization (HE)) использует кумулятивную функцию распределения (cumulative distribution function (CDF)) для настройки выходных уровней серого, чтобы иметь функцию плотности вероятности, которая соответствует равномерному распределению. Таким образом, скрытые детали в темных областях могут снова появиться, а визуальный эффект входного изображения может быть эффективно улучшен (Qi, et al, 2021). Основываясь на гистограмме, методы улучшения классифицируются как глобальное выравнивание гистограммы, локальное выравнивание гистограммы и сопоставление гистограммы (Celik, 2014, Celik,2012). Методы выравнивания глобальной гистограммы подразделяются на методы, основанные на бигистограмме и двухмерной гистограмме. В методах на основе бигистограмм используется разделение гистограмм (HS) и выравнивание субгистограмм. HE широко используется в обработке медицинских изображений, сопоставлении изображений и поиске. Он расширяет и сглаживает динамический диапазон изображения. Однако иногда он дает размытый вид и имеет тенденцию к смещению средней яркости. HE не очень хорошо подходит для бытовой электроники из-за эффектов насыщения в небольших визуальных областях. Эффект насыщения вызывает деградацию изображения, неестественность изображений и потерю характеристик изображения. Для решения вышеуказанных проблем необходимо сохранение средней яркости. Чтобы преодолеть проблемы исследователи предлагают множество методов, такие как BBHE (1997), DSIHE (1999), MMVEBHE (2003), RMSHE (2003), RSIHE (2007), BHE-PL (2009),

SSDHE (2014), ESIHE (2014), MMHE (2014), AIEBHE (2014), NHE (2015), ACMHE (2015), BHETPL (2017), VHEUMBH (2017), SEFPBHE (2018), VBBPDHE (2018), EEBHEF (2019), RMMGHT (2019). Методы выравнивания по бигистограмме обеспечивают повышение контрастности наряду с некоторыми дополнительными функциями.

Несколько методов повышения контраста основаны на двухмерной гистограмме. Двумерная (2D) гистограмма состоит из набора бинов которые подсчитывают количество интенсивностей, попадающих в заданную область, тогда как одномерная (1D) гистограмма дает подробную информацию только о распределении интенсивностей. Методы на основе двумерных гистограмм учитывают распределение интенсивностей вместе с их пространственным расположением, благодаря чему методы на основе 2D-гистограмм создают визуально приятные изображения по сравнению с методами на основе 1D-гистограмм (Wang, et al, 2020, Qi, et all, 2021, Celik, 2014, Celik, 2012). Широко используемыми методами основанными на двухмерной гистограмме являются 2DHE, SECEDCT, RSECEDCT, RESECEDT (Qi, et all, 2021, Celik, 2014, Celik, 2012).

Теория ретинекса, созданная Лэндом и Макканном, основана на восприятии цвета человеческим глазом и моделировании цветовой инвариантности (Hussei, et al, 2019). Суть этой теории состоит в том, чтобы определить отражательную природу объекта путем удаления из изображения эффектов освещающего света. Согласно теории ретинекса, зрительная система человека обрабатывает информацию определенным образом во время передачи визуальной информации, тем самым устраняя ряд неопределенных факторов, таких как интенсивность источника света и неравномерность света. Следовательно, сохраняется только информация, отражающая существенные характеристики объекта, такие как коэффициент отражения (Park, et al, 2017, Tanaka, et al, 2017). Многие исследователи предложили эффективные алгоритмы улучшения изображения, основанные на теории Retinex. Из них широко используемые методы SSR, MSR, MSRCR, KBR, MSRCP, NPE (Wang, et all, 2020). Алгоритмы Retinex могут быть легко реализованы. Эти методы позволяют не только повысить контрастность и яркость изображения, но и имеют очевидные преимущества с точки зрения улучшения цветности изображения. Однако эти алгоритмы используют шаблон гауссовской свертки для оценки освещенности и не имеют возможности сохранять края; следовательно, они могут привести к появлению ореолов в некоторых областях с резкими границами или сделать все изображение слишком ярким.

Методы улучшения изображения, основанные на частотной области, преобразуют изображение в частотную область для фильтрации с помощью анализа Фурье, а затем оно преобразуется обратно в пространственную область. Типичные методы частотной области включают методы гомоморфной фильтрации (homomorphic filtering (HF)) [Park, et al, 2018] и вейвлет-преобразования (wavelet transform (WT)) (Łoza, et al, 2013). Алгоритмы HF могут улучшать неровные области, генерируемые светом, сохраняя при этом информацию о контурах изображения. Однако такой алгоритм требует двух преобразований Фурье, т. е. одной экспоненциальной операции и одной логарифмической операции для каждого пикселя изображения; следовательно, его вычислительная сложность велика. WT представляет собой математическое преобразование, которое использует группу функций, называемых вейвлет-функциями, для представления или аппроксимации сигнала. WT можно использовать не только для вычисления локальных характеристик сигналов во временной и частотной областях, но и для проведения многомасштабного анализа функций или сигналов с помощью таких операций, как масштабирование и преобразование. Таким образом, с помощью методов WT был достигнут большой прогресс в повышении контрастности изображения. В алгоритме улучшения изображения на основе WT входное изображение сначала разлагается на низкочастотные и высокочастотные компоненты изображения, затем компоненты изображения на разных частотах улучшаются отдельно, чтобы выделить детали изображения. Основная идея метода вейвлет-анализа заключается в применении вейвлет-разложения к исходному изображению для получения вейвлет-коэффициентов для разных поддиапазонов, корректировке этих вейвлет-коэффициентов, а затем применении обратного преобразования к новым коэффициентам для получения обработанного изображения. Такой алгоритм улучшения изображения может улучшать изображение в нескольких масштабах на основе WT. Считается, что в условиях низкой освещенности большее влияние оказывают высокочастотные компоненты изображения, которые обычно концентрируются на краях изображения и в контурных областях [Sun, et al, 2017]. Следовательно, алгоритм на основе WT будет усиливать высокочастотные компоненты входного изображения и подавлять его низкочастотные компоненты. В частности, комплекс двойного дерева WT обычно позволяет достичь удовлетворительных результатов. Алгоритмы на основе частотной области могут эффективно выделять детали изображения за счет улучшения вейвлет-коэффициентов, но они

также могут увеличивать шум в изображении. Как и другие методы преобразования в частотной области, эти методы улучшения изображения требуют больших объемов вычислений, а выбор параметров преобразования часто требует ручного вмешательства.

Большинство существующих методов улучшения изображения при слабом освещении основаны на моделях, а не на данных. Только в последние годы методы, основанные на машинном обучении для улучшения изображений, начали появляться в значительном количестве (Wang, et al,2020, Gómez, et al, 2019).

Благодаря инновациям в области глубокого обучения и подходов, основанные на сверточных нейронных сетях (CNN) (Gómez, et al, 2019), широко используются учеными для решения таких задач, как туманное изображение и супер разрешение. Архитектуры на основе CNN часто используются для улучшения изображения при слабом освещении. Многие конвейеры используют парное контролируемое обучение путем синтеза изображений при слабом освещении и использования их исходных изображений в качестве основных правд. GAN с неконтролируемым подходом также широко используются для улучшения (Wang, et al,2020, Gómez, et al, 2019). Сбор парных данных крайне непрактичен и является основным ограничением для контролируемого обучения и, следовательно, требует искусственного синтеза изображений при слабом освещении. GAN имеют преимущество, когда дело доходит до сбора данных, но требуют больших вычислительных ресурсов по сравнению с CNN.

В этой статье проводятся всесторонние исследования и анализируются некоторые традиционные и новейшие методы для улучшения изображений при слабом освещении. Это поможет оценить плюсы и минусы различных методов улучшения контрастных изображений. Представлены экспериментальные результаты, полученные с помощью методов улучшения изображений: Gamma correction, BIMEF, CegaHE, CRM, LIME, MF, HE, MSRCP, SRIE, CEFPBHE, EEBHEGF, 2DHE, MBLLN, KinD, RetinexNet, GLADNet, ZeroDCE (Рис.3). Их объективные оценки перечислены в таблицах 7, где наилучший результат каждой метрики выделен жирным шрифтом.

В качестве экспериментальных данных используются контрастно искаженные изображения наборов данных. LOL и CCID2014. LOL – это первый набор данных, содержащий пары изображений, взятых из реальных сцен для улучшения качества при слабом освещении. LOL содержит 500 пар изображений при слабом/нормальном освещении.

щении, сделанные снимки из различных сцен, например, домов, университетских городков, клубов, улиц (рис1.)

CCID2014 – это специальный набор данных контрастно-искаженных изображений. Он содержит 655 контрастно-искаженных изображений пяти типов. Гамма-перенос, выпуклые и вогнутые дуги, кубические и логистические функции, среднее смещение и составная функция используются для создания этих пяти типов искажений.



Рисунок 1. Несколько примеров пар изображений при слабом (верхний ряд) и нормальном (нижний ряд) освещении в наборе данных LOL.

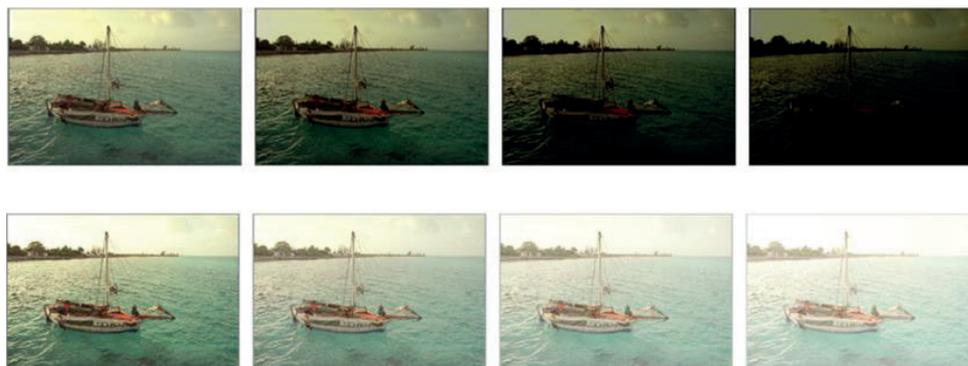


Рисунок 2. Примеры изображений из базы данных CCID2014.

Результаты и обсуждение. Поскольку, при слабом освещении эталонное изображение недоступно, большинство методов, подходящих для оценки улучшения изображения при слабом освещении, основаны на показателях NIQA. Наиболее распространенные показатели NIQA включают среднее значение (MV), стандартную разность (STD), средний градиент (AG), информационную энтропию (IE) и Minkowski Distance based Metric (MDM) и другие. Кроме того, существует несколько универсальных методов оценки качества изображения, в том числе BRISQUE, BTMQI, NIQMC и другие.

Методы объективной оценки имеют различные преимущества такие

как, простота расчетов, быстрота выполнения, простота количественного расчета на основе построенной модели, высокая стабильность; Чтобы сравнить результаты NIQA меры оценки контрастных изображений, а также их согласованность с субъективной оценкой, из литературы были отобраны следующие меры, которые экспериментально подтверждены их высоким соответствием с субъективными оценками экспертов: CEIQ, NIQMC, MDM, CLRIQA, BREN, NCC. Подробное описание указанных мер приведены в статьях (Muslim, et al, 2019, Khan, et al, 2018, Munir, et al 2018, Khan, et al, 2020). В таблице I представлены результаты производительности между сравниваемым NR-IQA, с точки зрения SRC и PLCC для набора данных CCID2014. Для набора данных LOL эксперимент не проводился, так как имеет MOS оценки.

Таблица 1. Сравнение оценок качества изображений из базы данных CCID2014. Лучшая оценка выделена жирным шрифтом

	CEIQ	NIQMC	MDM	CLRIQA	BREN	NCC
SRC	0.816	0.844	0.872	0,821	0.761	0.787
PLCC	0.79	0.81	0.82	0.80	0.73	0.75

Сравнивая оценки NR-IQA, можно заметить, что в данном эксперименте для оценки качества контрастно-искаженных изображений более эффективными являются методы MDM и NIQMC. Для сравнения с эталоном используем оценку SSIM. Она рассматривает деградацию изображения как, изменение структурной информации, а также учитывает условия маскирования, как яркости, так и контраста.

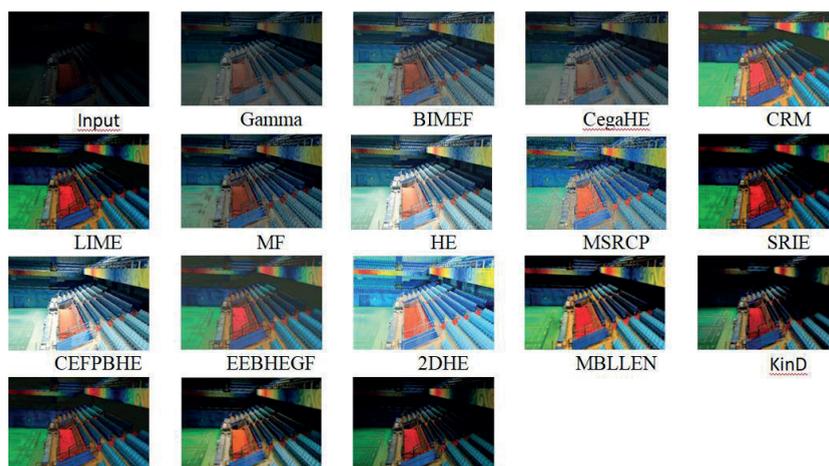


Рисунок 3. Результаты применения разных методов обработки на слабоконтрастных изображениях “img1.png” из базы LOL



Рисунок 4. Результаты применения разных методов обработки на слабоконтрастных изображениях “img2.png” из базы CCID2014

Таблица 2. Объективные оценки для “img1.png” и “img2.png” с использованием различных показателей NIQA

меры	“img1.png”			“img2.png”		
	MDM	NIQMC	SSIM	MDM	NIQMC	SSIM
Gamma	2,57	2,47	0,73	3,72	2,92	0,72
BIMEF	2,91	2,98	0,65	3,62	3,15	0,79
CegaHE	2,8	2,34	0,61	3,68	3,35	0,66
CRM	2,8	2,24	0,66	3,62	3,4	0,71
LIME	3,01	3,57	0,75	4,01	3,62	0,78
MF,	2,98	3,2	0,73	3,90	3,31	0,74
HE	2,89	3,41	0,65	3,76	3,14	0,76
MSRCP	3,1	3,51	0,73	3,84	3,02	0,78
SRIE	2,5	2,59	0,78	3,64	2,95	0,74
CEFPBHE	2,41	3,38	0,61	2,43	2,37	0,69
EEBHEGF	2,56	3,46	0,68	2,47	2,53	0,77
2DHE	2,46	3,52	0,58	2,51	2,43	0,51
MBLLEN	3,96	3,52	0,66	3,87	3,42	0,77
KinD	4,68	3,69	0,67	4,86	4,81	0,71
RetinexNet	4,04	3,98	0,78	3,85	2,98	0,68
GLADNet	4,19	3,99	0,73	4,91	4,77	0,87
ZeroDCE	4,72	3,83	0,75	3,81	3,78	0,73

Таблица 3. Среднее значения объективной оценки для набора данных LOL и CCID2014 с использованием различных показателей NIQA

меры	LOL			CCID2014		
	MDM	NIQMC	SSIM	MDM	NIQMC	SSIM
Gamma	2,48	2,38	0,64	3,63	2,83	0,63
BIMEF	2,82	2,89	0,56	3,53	3,06	0,70
CegaHE	2,71	2,25	0,52	3,59	3,26	0,57
CRM	2,71	2,15	0,57	3,53	3,31	0,62
LIME	2,92	3,48	0,66	3,92	3,53	0,69
MF	2,89	3,11	0,64	3,81	3,22	0,65
HE	2,80	3,32	0,56	3,67	3,05	0,67
MSRCP	3,01	3,42	0,64	3,75	2,93	0,69
SRIE	2,41	2,50	0,69	3,55	2,86	0,65
CEFPBHE	2,32	3,29	0,52	2,34	2,28	0,60
EEBHEGF	2,47	3,37	0,59	2,38	2,44	0,68
2DHE	2,37	3,43	0,49	2,42	2,34	0,42
MBLLEN	3,87	3,43	0,57	3,78	3,33	0,68
KinD	4,59	3,60	0,58	4,77	4,72	0,62
RetinexNet	3,95	3,89	0,69	3,76	2,89	0,59
GLADNet	4,10	3,90	0,64	4,82	4,68	0,78
ZeroDCE	4,63	3,74	0,66	3,72	3,69	0,64

Таблица 4. Сравнение временной сложности (единица измерения: секунды)

Методы	time	Методы	time
Gamma	0,041	CEFPBHE	0,27
BIMEF	0,176	EEBHEGF	0,29
CegaHE	0,063	2DHE	0,15
CRM	0,16	MBLLEN	0,175
LIME	0,226	KinD	0,165
MF	0,45	RetinexNet	0,097
HE	0,14	GLADNet	0,094
MSRCP	0,172	ZeroDCE	0,0012
SRIE	7,082		

Как показано на рисунках 3-4, все эти методы улучшения изображения в некоторой степени улучшают визуальный эффект исходного изображения. Детали становятся более четкими при использовании методов Gamma, BIMEF и CegaHE, но общий уровень яркости темный. Методы HE, 2DHE, CEFPBHE могут осветлить все изображение, но оттенок резко меняется для изображения “img1.png”, что приводит к потере реального цвета исходной сцены. На “img1.

png” яркость изображения после обработки методом SRIE, LIME невелика, но на рис2 имеются явные отличия и эффект восстановления тона выше. Методы MBLLen, MF, LIME и CRM демонстрируют хорошее улучшение цвета и деталей, а их визуальные эффекты явно превосходят HE, 2DHE, Gamma, VIMEF. Так же заметно значительное улучшение контрастности выходного изображения при использовании метода бигистограммы SEFPVHE и EEBHEGF. Края сохраняются на изображениях, полученных методом EEBHEGF, благодаря использованию управляемого фильтра. Сравнение методов на основе машинного обучения показало, что MBLLen на основе слияния имел самое большое время работы и показал чрезмерное усиление в более ярких областях. Основываясь на теории Retinex, метод KinD обработал изображения значительно лучше, чем RetinexNet, но продемонстрировал потерю деталей и сглаживание в более темных областях, хотя сохранил их структуру. RetinexNet поддерживала точные цветовые описания, но вносила значительное количество шума. Метод GLADNet, несмотря на простую архитектуру, показал превосходные показатели и сохранил естественность изображения. ZeroDCE – самый быстрый метод, хотя и не показал высоких показателей, но давал визуально привлекательные изображения с хорошим сходством характеристик и постоянством цвета.

В таблице 3 представлены средние значения объективной оценки для наборов данных LOL и CCID2014 с использованием различных показателей NR IQA. Эти данные показывают, что разные метрики присваивают разные показатели одному и тому же алгоритму улучшения изображения и что интерпретации результатов оценки в некоторых случаях полностью противоположны. Возможно причина в том, что метрики NR IQA, используемые в этой оценке, учитывают различные аспекты изображения, полученного после улучшения. Хотя, в большинстве случаев наблюдаются высокие показатели для методов основанных на машинном обучении, таких как RetinexNet, GLADNet, ZeroDCE, MBLLen, KinD.

Заключение. После проведения обширных экспериментов и анализа результатов улучшения слабоконтрастных изображений, можно заметить, что каждый подход дает хорошие результаты в одних условиях, но имеет ограничения в других. Методы преобразования серого имеют низкую вычислительную сложность, но могут легко потерять детали. Методы на основе гистограммы обеспечивают быстрое улучшение контрастности и детализации изображений, но могут

вызвать потерю цвета и создание шума. Методы Retinex эффективно обрабатывают цветные искажения, но имеют высокую сложность из-за гауссовой фильтрации. Методы машинного обучения могут добиться отличной производительности, но имеют сильную зависимость от набора данных и высокую вычислительную сложность в процессе обучения. Все рассмотренные алгоритмы имеют определенные недостатки, такие как потеря деталей, искажение цвета или высокая вычислительная сложность. Следовательно, рекомендуется выбрать наиболее подходящий алгоритм улучшения контраста, исходя из конкретных требований приложения.

Information about authors:

Eldarova E.E. – PhD doctoral student, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 87013748754, doctorphd_eldarova@mail.ru;

Starovoytov V.V. – doctor of technical sciences, professor, ²National Academy of Sciences of Belarus, valerystar@mail.ru;

Iskakov K.T. – doctor of Physical and Mathematical Sciences, professor, L.N. Gumilyov Eurasian National University, kazizat@mail.ru.

ЛИТЕРАТУРА:

Celik T. (2012) Two-dimensional histogram equalization and contrast enhancement. *Pattern Recognition*, 45(10), 3810-3824.

Celik T. (2014). Spatial entropy-based global and local image contrast enhancement. *IEEE Transactions on Image Processing*, 23(12), 5298-5308.

Gómez P., Semmler M., Schützenberger A., Bohr C., & Döllinger M. (2019). Low-light image enhancement of high-speed endoscopic videos using a convolutional neural network. *Medical & biological engineering & computing*, 57(7), 1451-1463.

Hussein R.R., Hamodi Y.I. & Sabri R.A. (2019) Retinex theory for color image enhancement: a systematic review. *International Journal of Electrical & Computer Engineering* (2088-8708), 9(6).

Khan M.A., Javed K., Khan S.A., Saba T., Habib U., Khan J.A. & Abbasi A.A. (2020) Human action recognition using fusion of multiview and deep features: an application to video surveillance. *Multimedia tools and applications*, 1-27.

Khan S.A., Hussain S., Xiaoming S. & Yang S. (2018) An effective framework for driver fatigue recognition based on intelligent facial expressions analysis. *Ieee Access*, 6, 67459-67468.

Khan S.A., Ishtiaq M., Nazir M. & Shaheen M. (2018) Face recognition under varying expressions and illumination using particle swarm optimization. *Journal of computational science*, 28, 94-100.

Łoza A., Bull D.R., Hill P.R. & Achim A.M. (2013). Automatic contrast enhancement of low-light images based on local statistics of wavelet coefficients. *Digital Signal Processing*, 23(6), 1856-1866.

Munir A., Hussain A., Khan S.A., Nadeem M. & Arshid S. (2018) Illumination

invariant facial expression recognition using selected merged binary patterns for real world images. *Optik*, 158, 1016-1025.

Muslim H.S.M., Khan S.A., Hussain S., Jamal A. & Qasim H.S.A. (2019) Knowledge-based image enhancement and denoising approach. *Computational and Mathematical Organization Theory*, 25(2), 108-121.

Park S., Kim K., Yu S. & Paik J. (2018) Contrast enhancement for low-light image enhancement: A survey. *IEIE Transactions on Smart Processing & Computing*, 7(1), 36-48.

Park S., Kim K., Yu S. & Paik J. (2018). Contrast enhancement for low-light image enhancement: A survey. *IEIE Transactions on Smart Processing & Computing*, 7(1), 36-48.

Park S., Yu S., Moon B., Ko S. & Paik J. (2017) Low-light image enhancement using variational optimization-based retinex model. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 63(2), 178-184.

Qi Y., Yang Z., Sun W., Lou M., Lian J., Zhao W. & Ma Y. (2021) A comprehensive overview of image enhancement techniques. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 1-25.

Shukla K.N., Potnis A. & Dwivedy P. (2017) A review on image enhancement techniques. *Int. J. Eng. Appl. Comput. Sci*, 2(07), 232-235.

Sun T., Jung C., Ke P., Song H. & Hwang J. (2017, December). Readability enhancement of low light videos based on discrete wavelet transform. In 2017 IEEE International Symposium on Multimedia (ISM) (pp. 342-345). IEEE.

Tanaka H., Waizumi Y. & Kasezawa T. (2017) Retinex-based signal enhancement for image dark regions. In 2017 IEEE International Conference on Signal and Image Processing Applications (ICSIPA) (pp. 205-209). IEEE.

Wang W., Wu X., Yuan X. & Gao Z. (2020) An experiment-based review of low-light image enhancement methods. *Ieee Access*, 8, 87884-87917.

Голуб Ю.И. & Старовойтов Ф.В. (2019) Исследование локальных оценок контраста цифровых изображений при отсутствии эталона. Системный анализ и прикладная информатика, (2), 4-11.

REFERENCES:

Celik T. (2012) Two-dimensional histogram equalization and contrast enhancement. *Pattern Recognition*, 45(10), 3810-3824.

Celik T. (2014). Spatial entropy-based global and local image contrast enhancement. *IEEE Transactions on Image Processing*, 23(12), 5298-5308.

Golub Y.U.I. & Starovoytov F.V. (2019) Issledovaniye lokal'nykh otsenok kontrasta tsifrovyykh izobrazheniy pri otsutstvii etalona. Sistemnyy analiz i prikladnaya informatika, (2), 4-11 (in Russ.).

Gómez P., Semmler M., Schützenberger A., Bohr C. & Döllinger M. (2019). Low-light image enhancement of high-speed endoscopic videos using a convolutional neural network. *Medical & biological engineering & computing*, 57(7), 1451-1463.

Hussein R.R., Hamodi Y.I. & Sabri R.A. (2019) Retinex theory for color image enhancement: a systematic review. *International Journal of Electrical & Computer Engineering* (2088-8708), 9(6).

Khan M.A., Javed K., Khan S.A., Saba T., Habib U., Khan J.A. & Abbasi A.A. (2020) Human action recognition using fusion of multiview and deep features: an application to video surveillance. *Multimedia tools and applications*, 1-27.

Khan S.A., Hussain S., Xiaoming S. & Yang S. (2018) An effective framework for

driver fatigue recognition based on intelligent facial expressions analysis. *Ieee Access*, 6, 67459-67468.

Khan S.A., Ishtiaq M., Nazir M. & Shaheen M. (2018) Face recognition under varying expressions and illumination using particle swarm optimization. *Journal of computational science*, 28, 94-100.

Loza A., Bull D.R., Hill P.R. & Achim A.M. (2013). Automatic contrast enhancement of low-light images based on local statistics of wavelet coefficients. *Digital Signal Processing*, 23(6), 1856-1866.

Munir A., Hussain A., Khan S.A., Nadeem M. & Arshid S. (2018) Illumination invariant facial expression recognition using selected merged binary patterns for real world images. *Optik*, 158, 1016-1025.

Muslim H.S.M., Khan S.A., Hussain S., Jamal A. & Qasim H.S.A. (2019) Aknowledge-based image enhancement and denoising approach. *Computational and Mathematical Organization Theory*, 25(2), 108-121.

Park S., Kim K., Yu S. & Paik J. (2018) Contrast enhancement for low-light image enhancement: A survey. *IEIE Transactions on Smart Processing & Computing*, 7(1), 36-48.

Park S., Kim K., Yu S. & Paik J. (2018). Contrast enhancement for low-light image enhancement: A survey. *IEIE Transactions on Smart Processing & Computing*, 7(1), 36-48.

Park S., Yu S., Moon B., Ko S. & Paik J. (2017) Low-light image enhancement using variational optimization-based retinex model. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 63(2), 178-184.

Qi Y., Yang Z., Sun W., Lou M., Lian J., Zhao W. & Ma Y. (2021) A comprehensive overview of image enhancement techniques. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 1-25.

Shukla K.N., Potnis A. & Dwivedy P. (2017) A review on image enhancement techniques. *Int. J. Eng. Appl. Comput. Sci*, 2(07), 232-235.

Sun T., Jung C., Ke P., Song H. & Hwang J. (2017, December). Readability enhancement of low light videos based on discrete wavelet transform. In *2017 IEEE International Symposium on Multimedia (ISM)* (pp. 342-345). IEEE.

Tanaka H., Waizumi Y. & Kasezawa T. (2017) Retinex-based signal enhancement for image dark regions. In *2017 IEEE International Conference on Signal and Image Processing Applications (ICSIPA)* (pp. 205-209). IEEE.

Wang W., Wu X., Yuan X. & Gao Z. (2020) An experiment-based review of low-light image enhancement methods. *Ieee Access*, 8, 87884-87917.

МАЗМҰНЫ

Т.И. Ганиева, Н.С. Семенов, С.Р. Семенов ЖАҒАНДЫҚ ҚОҒАМНЫҢ АҚПАРАТТЫҚ ИНФРАҚҰРЫЛЫМЫ САЛАСЫНДАҒЫ АҚПАРАТТЫҚ ҚАТЫНАСТАРДЫҢ КИБЕРҚАУПСІЗДІГІ.....	5
Е.С. Голенко, А.А. Исмаилова, А.С. Жумаханова «GENE ONTOLOGY» БАЗАСЫН ЖӘНЕ МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ ҮЛГІЛЕРІН ПАЙДАЛАНА ОТЫРЫП АҚУЫЗ ФУНКЦИЯЛАРЫН БОЛЖАУ.....	19
Р.Н. Молдашева, А.А. Исмаилова, А.К. Жамангара, А.М. Задағали СУ ЭКОЖҮЙЕЛЕРІН ЗЕРТТЕУДІҢ АҚПАРАТТЫҚ ТАЛДАУ ЖҮЙЕСІН ӨЗІРЛЕУ.....	39
А.А. Мырзатай, Л.Г. Рзаева, Г. Абитова, М.А. Жакенов ОҚИҒАЛАРДЫ БОЛЖАУ ЖҮЙЕЛЕРІНІҢ КІРІСТЕРІН ЖҮЙЕЛЕУ ҮШІН LAN МОНИТОРИНГ ЖҮЙЕСІН ЕНГІЗУ ЖӘНЕ ПАЙДАЛАНУ.....	54
Ж.С. Иксебаева, К. Жетписов, Ж.М. Муратова ГАНТ ДИАГРАММАСЫН ҚҰРУДЫҢ АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕСІ.....	64
Қ.Т. Қырғызбай, Е.Х. Какимжанов, Ж.М. Сагинтаев ГАЗ-ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ НЕГІЗІНДЕ АЛМАТЫ ОБЛЫСЫН АГРОКЛИМАТТЫҚ АУДАНДАСТЫРУ.....	76
А.А. Мухитова, А.С. Еримбетова, В.Б. Барахнин, Э.Н. Дайырбаева, А. Адалбек РЕЛЯЦИЯЛЫҚ ЖӘНЕ УАҚЫТҚА ТӘУЕЛДІ XML-ДЕРЕКТЕР ҚОРЫНДАҒЫ XML-ДЕРЕКТЕРДІ ӨНДЕУДІҢ ЗАМАНАУИ ӘДІСТЕРІ....	92
Б.Б. Оразбаев, Ж.Ж. Молдашева, В.И. Гончаров, К.Н. Оразбаева МАГИСТРАЛДЫ ҚҰБЫРЛАРМЕН МҰНАЙ ТАСМАЛДАУДЫ ДИАГНОСТИКАЛАУ ЖӘНЕ БАСҚАРУ ЖҮЙЕЛЕРІ.....	112
Б.Б. Тастемір ЭЛЕКТРОНДЫҚ ПОШТА СПАМДЫ СҮЗГІЛЕУГЕ АРНАЛҒАН RANDOM FORESTS МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ ӘДІСІ.....	130
А. Урынбасарова, Д. Урынбасарова, Э. Ал-Хуссам ҚАЗАҚ ТІЛІНІҢ ЛАТЫН ГРАФИКАСЫНА АРНАЛҒАН ВЕБ-САЙТ.....	142
Э.Э. Эльдарова, В.В. Старовойтов, К.Т. Искаков БҰРМАЛҒАН КОНТРАСТТЫ ЦИФРЛЫҚ БЕЙНЕНІҢ ВИЗУАЛДЫ САПАСЫН ЖАҚСARTУ.....	153

СОДЕРЖАНИЕ

Т.И. Ганиева, Н.С. Семенов, С.Р. Семенов КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ОТНОШЕНИЙ В СФЕРЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ГЛОБАЛЬНОГО ОБЩЕСТВА.....	5
Е.С. Голенко, А.А. Исмаилова, А.С. Жумаханова ПРЕДСКАЗАНИЕ ФУНКЦИЙ БЕЛКОВ ПРИ ПОМОЩИ БАЗЫ ДАННЫХ «GENE ONTOLOGY» И МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ.....	19
Р.Н. Молдашева, А.А. Исмаилова, А.К. Жамангара, А.М. Задағали К РАЗРАБОТКЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ.....	39
А.А. Мырзатай, Л.Г. Рзаева, Г. Абитова, М.А. Жакенов ВНЕДРЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА ЛВС ДЛЯ СИСТЕМАТИЗИРОВАНИЯ ВХОДНЫХ ДАННЫХ СИСТЕМ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИНЦИДЕНТОВ.....	54
Ж.С. Иксебаева, К. Жетписов, Ж.М. Муратова ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПОСТРОЕНИЯ ДИАГРАММЫ ГАНТА.....	64
Қ.Т. Қырғызбай, Е.Х. Какимжанов, Ж.М. Сагинтаев АГРОКЛИМАТИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ АЛМАТИНСКОЙ ОБЛАСТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ.....	76
А.А. Мухитова, А.С. Еримбетова, В.Б. Баракнин, Э.Н. Дайырбаева, А. Адалбек СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ XML-ДАННЫХ В РЕЛЯЦИОННЫХ И ВРЕМЕННЫХ XML-БАЗАХ ДАННЫХ.....	92
Б.Б. Оразбаев, Ж.Ж. Молдашева, В.И. Гончаров, К.Н. Оразбаева ДИАГНОСТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ НЕФТИ ПО МАГИСТРАЛЬНЫМ ТРУБОПРОВОДАМ.....	112
Б.Б. Тастемир МЕТОД МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ RANDOM FORESTS ДЛЯ ФИЛЬТРАЦИИ НЕЖЕЛАТЕЛЬНОЙ ПОЧТЫ.....	130
А. Урынбасарова, Д. Урынбасарова, Э. Ал-Хуссам ВЕБ-САЙТ ЛАТИНСКОЙ ГРАФИКИ КАЗАХСКОГО ЯЗЫКА.....	142
Э.Э. Эльдарова, В.В. Старовойтов, К.Т. Искаков УЛУЧШЕНИЕ ВИЗУАЛЬНОГО КАЧЕСТВА КОНТРАСТНО ИСКАЖЕННЫХ ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ.....	153

CONTENTS

T.I. Ganieva, N.S. Semenov, S.R. Semenov CYBERSECURITY OF INFORMATION RELATIONS IN THE FIELD OF INFORMATION INFRASTRUCTURE OF A GLOBAL SOCIETY.....	5
Y.S. Golenko, A.A. Ismailova, A.S. Zhumakhanova PREDICTING PROTEIN FUNCTIONS USING THE «GENE ONTOLOGY» DATABASE AND MACHINE LEARNING MODELS.....	19
R.M. Moldasheva, A.A. Ismailova, A.K. Zhamangara, A.M. Zadagali ABOUT DEVELOPMENT OF AN INFORMATION ANALYTICAL SYSTEM FOR THE STUDY OF AQUATIC ECOSYSTEMS.....	39
A.A. Myrzatay, L.G. Rzayeva, G. Abitova, M.A. Zhakenov THE IMPLEMENTATION AND THE USE OF THE LAN MONITORING SYSTEMS FOR SYSTEMATISATION OF THE INPUT DATA OF THE INCIDENT FORECASTING SYSTEMS.....	54
Zh.S. Ixebayeva, K. Jetpisov, Zh.M. Muratova INFORMATION SYSTEM FOR CONSTRUCTING GANTT CHARTS.....	64
K.T. Kyrgyzbay, E.Kh. Kakimzhanov, Jay Sagin AGRO-CLIMATIC ZONING OF ALMATY REGION USING GIS TECHNOLOGIES.....	76
A.A. Mukhitova, A.S. Yerimbetova, V.B. Barakhnin, E. Daiyrbayeva, A. Adalbek MODERN METHODS OF PROCESSING XML DATA IN RELATIONAL AND TEMPORARY XML DATABASES.....	92
B.B. Orazbayev, Zh.Zh. Moldasheva, B.I. Goncharov, K.N. Orazbayeva DIAGNOSTICS AND SYSTEMS OF OIL TRANSPORTATION THROUGH MAIN PIPELINES.....	112
B.B. Tastemir RANDOM FORESTS MACHINE LEARNING TECHNIQUE FOR EMAIL SPAM FILTERING.....	130
A. Urynbassarova, D. Urynbassarova, E. Al-Hussam WEBSITE FOR THE LATIN SCRIPT OF THE KAZAKH LANGUAGE.....	142
E.E. Eldarova, V.V. Starovoytov, K.T. Iskakov IMPROVED VISUAL QUALITY OF CONTRAST DISTORTED DIGITAL IMAGES.....	153

Publication Ethics and Publication Malpractice the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайтах:

www.nauka-nanrk.kz

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

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

Директор отдела издания научных журналов НАН РК *А. Ботанқызы*

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

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

Верстка на компьютере *Г.Д. Жадыранова*

Подписано в печать 29.06.2022.

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

9,0 п.л. Тираж 300. Заказ 1.