

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.435.05,
созданного на базе федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования «Юго-Западный
государственный университет» Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации по диссертации на соискание ученой степени
кандидата наук

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 24.12.2024 г. № 3

О присуждении Хомякову Олегу Олеговичу, гражданину РФ, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Модель, метод, алгоритм и вычислительный модуль обработки изображений символьной маркировки» по специальности 2.3.2. Вычислительные системы и их элементы принята к защите 23 октября 2024 года (протокол заседания № 2), диссертационным советом 24.2.435.05, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Юго-Западный государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94), приказ № 526/нк от 24.03.2023.

Соискатель **Хомяков Олег Олегович**, 1997 года рождения, в 2021 году окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Юго-Западный государственный университет» с присуждением квалификации магистра по направлению подготовки 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника». В настоящее время обучается в очной аспирантуре федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Юго-Западный государственный университет» по специальности 2.3.2. Вычислительные системы и их элементы.

Диссертация выполнена на кафедре вычислительной техники в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Юго-Западный государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Юго-Западный государственный университет", Панищев Владимир Славиевич, кафедра вычислительной техники, старший научный сотрудник.

Официальные оппоненты:

– Орлов Алексей Александрович, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Физика и прикладная математика», Муромского института (филиала) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»;

– Мартышкин Алексей Иванович кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Программирование», федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пензенский государственный технологический университет» дали **положительные отзывы на диссертацию.**

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный технический университет», г. Волгоград **в своем положительном отзыве**, подписанным Щербаковым Максимом Владимировичем, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Системы автоматизированного проектирования и поискового конструирования», Скоробогатченко Дмитрием Анатольевичем доктором технических наук, доцентом, профессором кафедры «Системы автоматизированного проектирования и поискового конструирования», утвержденным исполняющим обязанности ректора Волгоградского государственного технического университета, доктором химических наук, профессором Навроцким Александром Валентиновичем, указала

– научная значимость диссертационной работы Хомякова О.О. состоит в том, что разработанные модель, метод, алгоритм и структура вычислительного модуля вносят вклад в развитие методов, алгоритмов и аппаратно-программных средств для организации обработки изображений;

– предлагаемое решение обеспечивает повышение комплексного показателя «точность × пропускная способность» по сравнению с аналогами до 39%-57% в зависимости от уровня шума на изображении;

– результаты диссертационной работы внедрены в ООО «Ценозавр» (г. Курск), а также используются в образовательном процессе кафедры вычислительной техники Юго-Западного государственного университета (г. Курск) при проведении занятий по дисциплинам «Цифровая обработка и анализ изображений» и «Архитектура систем обработки, анализа и интерпретации данных» направления подготовки 09.04.01 Информатика и вычислительная техника;

– полученные результаты могут использоваться при проектировании вычислительных систем и модулей для решения широкого спектра задач компьютерного зрения;

– представленная диссертационная работа Хомякова Олега Олеговича на тему: «Модель, метод, алгоритм и вычислительный модуль обработки изображений символьной маркировки» соответствует критериям установленным Положением о присуждения ученых степеней, предъявляемым диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор Хомяков Олег Олегович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.2. Вычислительные системы и их элементы.

Соискатель имеет 12 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 12 научных работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 3 работы, 8 работ в материалах Всероссийских и Международных конференций. Получен патент на изобретение РФ.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Хомяков О.О. Распознавание символьной информации для автоматизации производственных процессов / В.С. Панищев, М.И. Труфанов, О.Г.

Добросердов, О.О. Хомяков // Известия Юго-Западного государственного университета. Курск – 2021. – № 25 – С. 122-137.

2. Хомяков О.О. Метод распознавания текстовых данных на изображениях / В.С. Панищев, О.О. Хомяков, Д.В. Титов, С.И. Егоров // Известия ЮФУ. Технические науки. Ростов-на-Дону – 2023. – № 4 (234) – С. 57-65.

3. Хомяков О.О. Математическая модель и параллельный алгоритм обработки изображений, содержащих символьную информацию / О.О. Хомяков, В.С. Панищев, В.С. Титов, Э.И. Ватулин. // Труды МАИ – 2024. – № 137 – С. 25.

На диссертацию и автореферат поступили 7 отзывов, все отзывы положительные. Отзывы поступили из: ФГАОУ ВО «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники», подписан кандидатом технических наук, доцентом, исполняющим обязанности заведующего базовой кафедры «Цифровое телевидение», доцентом кафедры «Телевидения и управления», Каменским Андреем Викторовичем: 1. Из автореферата неясно, на какое количество параллельных блоков рассчитана реализация разработанного алгоритма и есть ли ограничения на их число; Политехнический институт ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», подписан доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой электроэнергетики, Пантелеевым Василием Ивановичем: 1. В автореферате недостаточно проанализированы «узкие» места в параллельном алгоритме. 2. Не указаны изображения каких типов обрабатываются устройством; ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», подписан доктором технических наук, доцентом, профессором кафедры прикладной информатики и информационных технологий, Черноморец Андреем Алексеевичем: 1. В описании математической модели прослеживается значительное количество символов, различающихся только нижним индексом, что приводит к избыточности обозначений, затрудняет восприятие модели, уменьшает её читаемость, усложняет анализ и интерпретацию выражений. 2. В работе стоило бы предложить более детализированное описание возможностей адаптивной калибровки модуля под различные внешние условия, такие как изменение яркости или контрастности изображения; ФГБОУ ВО «Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича Российской академии наук», подписан кандидатом технических наук, старшим научным сотрудником, руководителем лаборатории Ц-1 «Моделирование и анализ телекоммуникационных систем», Курочкиным Ильей Ильичом: 1. В автореферате не приведены сравнительные результаты тестирования конвейерно-параллельного алгоритма и количественные оценки ускорения (на основании результатов экспериментов) при его применении в сравнении с последовательной версией. 2. В сравнительном анализе (таблицы №3 и №4) не ясно, какие именно архитектуры глубоких нейронных сетей и с какими гиперпараметрами используются в других решениях; ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», подписан доктором технических наук, доцентом, профессором кафедры «Автоматика и телемеханика», Фрейманом Владимиром Исааковичем: 1. В работе не приведены характеристики распознаваемых шрифтов для разных типов символьных изображений (начертания, размеры и цвета). 2. В тексте желательно было бы подробнее рассмотреть аспекты надежности и

отказоустойчивости разработанного модуля, особенно в условиях интенсивного и непрерывного использования на производственных линиях и в других объектах, где возможны различные воздействия. 3. Рис. 1,2 по ГОСТ 19.701-90 называются «Схема алгоритма»; ФГАОУ ВО «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина», подписан доктором технических наук, доцентом, профессором кафедры автоматизированных систем управления, Леоновым Дмитрием Геннадьевичем: 1. Из автореферата неясно, использовались ли автором самостоятельные реализации описанных нейронных сетей, или реализации на основе существующих библиотек либо программных пакетов. 2. Было бы целесообразно указать, какие средства разработки применялись при создании вычислительного программного модуля, а также какие предполагаются механизмы его интеграции в информационные системы; ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», подписан доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Вычислительная техника», Ивутиным Алексеем Николаевичем: 1. В дополнение к оценке характеристик разработанного модуля, при различных уровнях шума, следовало бы представить более развернутую оценку характеристик разработанного модуля в сравнении с существующими решениями в различных условиях освещения. 2. В автореферате стоило бы подробнее раскрыть аспекты энергоэффективности предлагаемого вычислительного модуля, так как современные производственные системы ориентированы не только на высокую производительность, но и на минимизацию энергозатрат.

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что официальные оппоненты обладают высокой компетентностью в области применения методов, проектирования цифровых устройств обработки сигналов и изображений, организации и исследования параллельных и конвейерных вычислительных процессов в вычислительных системах, знаниями и практическим опытом в области разработки специализированных устройств вычислительной техники для систем распознавания изображений и обработки символьной информации, аппаратно-программных систем мониторинга, контроля состояния сложных технических объектов и человеко-машинных систем, математического моделирования, наличием публикаций в ведущих рецензируемых научных изданиях по теме диссертационной работы, что позволило им определить научную и практическую ценность диссертации.

Ведущая организация является широко известным научно-исследовательским образовательным учреждением в области создания и исследования моделей распознавания изображений и выделения областей с символьной информацией, разработки методов и алгоритмов функционирования устройств обработки изображений, что соответствует тематике защищаемой диссертации, обладает высококвалифицированными научными специалистами, известными в стране и за рубежом, специализирующимися в области разработки алгоритмического и схмотехнического обеспечения вычислительных систем, в том числе устройств для распознавания и автоматизации ввода символьной информации. Официальные оппоненты не имеют совместных проектов и совместных публикаций с соискателем. Ведущая организация не имеет договорных отношений с соискателем.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны

– математическая модель обработки изображения, отличающаяся использованием последовательности разработанных частных математических моделей для выделения объекта, предобработки изображения, распознавания и классификации характеристик текста, в совокупности позволяющая получить характеристики объекта, содержащего символьную маркировку;

– метод обработки изображений, содержащих символьную информацию, отличающийся применением двумерных дескрипторов для выделения областей, содержащих символьную информацию, на основе комбинации методов Канни и Рамера-Дугласа-Пекера, а также применением рекуррентной сверточной нейронной сети, позволяющий вести комплексную обработку областей текста в условиях геометрической, информационной, цветовой неопределенностей для последующей классификации объектов;

– конвейерно-параллельный алгоритм обработки изображений, содержащих текстовую информацию, осуществляющий ее посимвольное распознавание и классификацию продукции по символьной маркировке, основанный на объединении и временном согласовании групп вычислительных операций, выполняющихся в режимах конвейера и параллельного исполнения, отличающийся настройкой к различным видам характеристик входных изображений и устойчивостью к искажениям, что обеспечивает повышенную точность распознавания;

– структурная организация вычислительного модуля обработки символьной информации, которая учитывает особенности созданного алгоритма обработки изображений, содержащих символьную информацию, и отличается конвейерно-параллельной организацией обработки данных и ориентирована на реализацию на основе комбинации архитектур управления потоком команд и потоком данных (CPU, GPU/ПЛИС), что позволило аппаратно поддержать трудоемкие операции потоковой обработки массивов пикселей изображений, распараллеливания операций по распознаванию символьной информации в пределах выделенных регионов текста и классификации объектов, уменьшить число блоков памяти для хранения промежуточных данных и повысить тем самым пропускную способность работы вычислительного модуля;

предложен принцип работы специализированного вычислительного модуля обработки символьной информации, который основан на конвейерно-параллельной структуре, позволяющий извлекать характеристики объекта на изображении и повышающий комплексный показатель «точность × пропускная способность» за счет использования гибридного подхода к параллельно-конвейерной обработке графической и символьной информации;

доказана эффективность использования нейросетевых решений для распределения частных задач (подготовка изображений, распознавание символьной маркировки, классификация объектов) между различными группами блоков вычислительного модуля, что позволяет ускорить процесс обработки потока данных;

введен комплексный показатель при обработке изображений и извлечения сведений геометрического, топологического, цветового и символьного характера из исходных изображений, что обеспечивает реализацию алгоритмов организации логической и символьной обработки данных на программно-аппаратном уровне.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано, что разработанное аппаратно-программное решение позволяет повысить комплексный показатель «точность × пропускная способность» за счет аппаратной реализации наиболее трудоемких поисковых и вычислительных операций, и упреждающей селекции изображений, имеющих перекрытия областей текста;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использованы методы проектирования вычислительных систем и их элементов, методы цифровой обработки изображений, метод компьютерного моделирования, теории алгоритмов, проектирования ЭВМ, математического моделирования;

изложены особенности построения специализированного вычислительного модуля, состоящие в конвейерной-параллельной организации и согласовании времени работы блоков модуля для обеспечения их максимальной загрузки без потерь промежуточных данных;

раскрыто противоречие между точностью и скоростью распознавания символьной маркировки продукции на вычислительных модулях для специализированных вычислительных систем;

изучены особенности работы вычислительного модуля обработки изображений символьной маркировки;

проведена модернизация модели и алгоритма обработки изображений, содержащих символьную информацию, осуществляющий распознавание символьной маркировки продукции в условиях априорных искажений символов, смешанных алфавитов, неопределенности стилей и характеристик записи символов.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены модель, метод, алгоритм и аппаратно-программное решение для обработки символьной информации на маркировке продукции в ООО «Ценозавр» (г. Курск), а также используются в образовательном процессе кафедры вычислительной техники Юго-Западного государственного университета (г. Курск) при проведении занятий по дисциплинам «Цифровая обработка и анализ изображений» и «Архитектура систем обработки, анализа и интерпретации данных» направления подготовки 09.04.01, что подтверждается соответствующими актами внедрения;

определены перспективы практического использования разработанного метода, алгоритма и вычислительного модуля обработки изображений в части анализа и поиска символьной информации при их множественном и неточном представлении;

созданы аппаратно-программные решения для исследования аспектов обработки изображений в вычислительном устройстве, обеспечивающие анализ символьной информации;

представлены предложения по повышению скорости работы вычислительных устройств обработки изображений за счет распараллеливания и конвейеризации процессов вычислений на уровне их гибридной вычислительной структуры.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ подтверждена работоспособность метода обработки изображений, содержащих символьную информацию;

теория построена на известных методах обработки изображений, согласуется с опубликованными экспериментальными данными и результатами, подтверждается полученными экспериментальными результатами;

идея базируется на объединении множества частных моделей обработки изображений в единую систему и аппаратной поддержке вычислительно трудоемких функций предобработки, распознавания изображений, классификации текстовой маркировки с применением двумерных дескрипторов изображений и сверточной рекуррентной нейронной сети и нейронной сети с архитектурой EAST;

использовано известное аппаратно-программное обеспечение для построения модулей обработки изображений и разработаны алгоритмические и структурное решение, обеспечивающие эффективную техническую реализацию вычислительных систем и комплексов за счет оптимизации встраиваемого программного обеспечения;

установлено, что разработанное структурное решение позволяет снизить время вычисления характеристик объекта и повысить комплексный показатель «точность × пропускная способность» в сравнении с аналогами до 39%-57% в зависимости от уровня шума на изображении.

Личный вклад соискателя сводится к следующему: разработана математическая модель обработки изображений, метод обработки изображений, содержащих символьную информацию, конвейерно-параллельный алгоритм обработки изображений, содержащих символьную информацию, структурная организация вычислительного модуля обработки символьной информации.

Рекомендации по использованию результатов диссертационной работы

Результаты диссертационного исследования могут быть использованы в специализированных вычислительных системах, системах компьютерного зрения, аппаратных средствах для систем обработки и распознавания изображений и выделения символьной информации, мониторинга, контроля и диагностики сложных технических объектов и человеко-машинных систем. Разработанная структурная организация вычислительного модуля позволит расширить функциональные возможности таких систем.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

1. Не указана конкретная частота, на которой работает вычислительный модуль.

2. Математическая модель перегружена частными моделями предобработки изображений.

Соискатель Хомяков О.О. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию корректности предложенных им решений по разработке модели, метода, алгоритма и вычислительного модуля обработки изображений символьной маркировки.

Диссертационный совет пришел к выводу, что диссертация представляет собой логически завершенную научно-квалификационную работу и соответствует п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

На заседании «24» декабря 2024 г. диссертационный совет принял решение: за решение научной задачи разработки методов и аппаратных средств распознавания и классификации маркировки символьной продукции в условиях неопределённости (несколько алфавитов) и искажений/зашумлений изображений символов, имеющую существенное значение для проектирования вычислительных систем и их элементов присудить Хомякову Олегу Олеговичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования в удаленном интерактивном режиме диссертационный совет в количестве 9 человек, из них 8 докторов наук (по специальности 2.3.2. Вычислительные системы и их элементы – 8), участвовавших в заседании, из 11 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 9, против – 0.

Председатель
диссертационного совета

Ученый секретарь
диссертационного совета



Чернецкая Ирина Евгеньевна

Титенко Евгений Анатольевич

«24» декабря 2024 г.