

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе
и инновациям

ФГБОУ ВО «Рязанский
государственный радиотехнический
университет им. В.Ф. Уткина»,
доктор технических наук

« 18 » / С.И. Гусев / 2025 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации

ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина» на диссертацию Магдеева Радика Гильфановича на тему «Разработка адаптивных псевдоградиентных алгоритмов идентификации объектов на бинарных и полутоновых изображениях», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.2.2. «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

1. Актуальность темы диссертации для науки и практики

В современном мире распознавание образов остается одной из важных направлений в обработке изображений и задачах компьютерного зрения. Необходимость распознавания объектов возникает в самых разных областях: от военного дела и систем безопасности до оцифровки аналоговых сигналов. Многие методы и алгоритмы распознавание объектов на изображениях применяются в коммерческих продуктах, составляя основу систем, решающих сложные задачи обработки изображений.

Распознавание объектов на изображении можно определить как возможность отнесения его на основе исходных данных к определённому классу путём сопоставления выделенных существенных признаков, характеризующих данный класс. Основной проблемой при этом является установление соответствия между объектом, выделенным на исследуемом изображении, и эталонным изображением на основе конечного набора определённых свойств и признаков.

Основными решаемыми задачами систем распознавания являются: обнаружение (проверка изображения объекта интереса или его части на соответствие определенным условиям), распознавание (нахождение одного или нескольких предварительно заданных объектов (классов объектов) на изображении) и идентификация (распознавание на изображении объекта с оценкой его параметров и принятием решения). Диссертация Магдеева Р.М. посвящена исследованию последней задачи.

При обнаружении и распознавании объектов в последнее время очень широкое распространение получили нейронные сети, например, методы глубокого обучения нейронных сетей легко справляются с распознаванием объектов интереса. Однако у такого подхода имеются свои недостатки, связанные при решении задач идентификации с требованием огромных объемов баз изображений для обучения сетей. Поэтому перспективными остаются подходы и методы, основанные на сравнении исследуемого изображения объекта с эталонным изображением (далее шаблоном), для которых характерны высокая достоверность и универсальность, что позволяет применять разработанные алгоритмы в различных технических приложениях.

При решении задачи идентификации с использованием известных методов возникает требование множества шаблонов, отражающих возможные геометрические деформации объекта. С увеличением диапазона возможных деформаций увеличивается и число шаблонов, что влечет увеличение времени идентификации. Ограничение числа шаблонов приводит к снижению достоверности идентификации. Таким образом, существует проблема повышения эффективности процедуры идентификации. В связи с этим диссертационная работа Магдеева Р.Г., в которой предложены новые алгоритмы идентификации, основанные на адаптивном шаблоне и направленные на повышение эффективности процедур идентификации, является актуальной.

2. Новизна исследования и полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации и их достоверность

Научной новизной в диссертационном исследовании Магдеева Р.Г. обладают следующие результаты:

1. Метод идентификации объектов на изображении, отличающийся от известных методов адаптивной привязкой шаблона(ов) к изображению идентифицируемого объекта, и направленный на сокращение числа используемых шаблонов и вычислительных затрат.

2. Предложенная математическая модель объекта идентификации, способная изменять геометрию шаблона по заданному набору параметров.

3. Численная процедура оценивания параметров идентификации, разработанная на базе математического аппарата псевдоградиентной адаптации, а также разработанные на ее основе быстродействующие псевдоградиентные алгоритмы идентификации.

4. Совокупность критериев, основанная на анализе характера сходимости оценок параметров идентификации в процессе псевдоградиентного оценивания, позволяющая повысить достоверность идентификации объектов интереса, схожих по форме, на бинарных и полутоновых изображениях.

5. Комплекс прикладных программ для реализации, моделирования и оценки эффективности разработанного метода псевдоградиентной идентификации.

Достоверность полученных результатов подтверждается корректностью математических выкладок и экспериментальными исследованиями, проведенными с помощью разработанного программного обеспечения.

Основные положения диссертационной работы докладывались, обсуждались и получили положительную оценку на международных конференциях: «Pattern Recognition and Image Analysis: New Information Technologies» (Самара, 2013), «Construction and energy efficiency in the 21st Century – Second Russian-German scientific conference» (Ulyanovsk, 2013), «Научное и технической творчество молодежи» (Москва, НТТМ-2010 и НТТМ-2013 (отмечена медалью НТТМ), «Информационные технологии и нанотехнологии» (Самара, ИТНТ 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023), «Обследование зданий и сооружений: проблемы и пути их решения» (Санкт-Петербург, 2015), на всероссийских конференциях: «Молодежный инновационный форум Приволжского федерального округа. Конкурс научно-технического творчества молодежи (НТТМ)» (Ульяновск, 2010, 2015), «Теоретические и практические аспекты развития отечественного авиастроения» (Ульяновск, ИАТУ, 2014), научных сессиях, посвященных дню радио (Москва, 2010, 2012, 2013, 2014, 2020), на всероссийских конференциях «Современные проблемы создания и эксплуатации радиотехнических систем» (Ульяновск, 2009, 2010, 2012, 2013, 2020, 2021, 2022), «Современные проблемы радиоэлектроники» (Красноярск, 2013, 2014).

По теме диссертации опубликовано 35 работ, в том числе 5 в журналах из перечня рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК для опубликования результатов диссертационных исследований (3 из которых

входят в международные реферативные базы SCOPUS и WOS), 4 публикации опубликованы в журналах, входящих в базу данных RSCI, 10 – в материалах конференций, индексируемых в SCOPUS, получены 4 свидетельства на регистрацию программ для ЭВМ.

Практическая значимость работы заключается в возможности применения разработанного и реализованного в комплексе программ метода псевдоградиентной идентификации объектов для решения ряда практических задач. Практическую значимость работы подтверждают также приведенные в диссертационной работе примеры практических задач, решенных автором, например, разработка методики оценивания по металлографическим изображениям параметров микроструктур сталей, анализ временной динамики дефектов мостовых сооружений по изображениям с БПЛА, идентификации плавательных средств по спутниковым изображениям.

Результаты диссертационной работы использованы при выполнении грантов РФФИ: № 13-01-00555 (исполнитель), № 16-47-732053 (исполнитель), № 19-47-730004 (руководитель), № 19-29-09048 (исполнитель);

гранта РНФ 23-21-00249 (исполнитель);

грантов Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере: по программе «У.М.Н.И.К.» №8773р/14001 и №10122р/16840 «Разработка методики определения степени старения малоуглеродистых сталей (для трубопроводов) по изображениям металла с оптического микроскопа» (руководитель), по программе «У.М.Н.И.К. на СТАРТ» №12483р/23934 «Разработка алгоритмов цифровой обработки изображений микроструктуры материала» (руководитель).

Результаты диссертационной работы использованы при разработке программного обеспечения для ООО «Телеком.ру», ООО «Интегра» и ООО «НПП Русмодуль», которые отражены в актах о внедрении результатов диссертационного исследования.

3. Значимость для науки и производства полученных автором диссертации результатов

Диссертационная работа Магдеева Р. Г. представляет собой значимый вклад в развитие методов идентификации объектов на изображениях.

С точки зрения науки, результаты диссертационной работы расширяют теоретическую базу в области распознавания образов. Разработанный метод идентификации объектов позволяет повысить эффективность идентификации

объектов на изображении, уменьшить вычислительные затраты, при этом не уменьшая достоверности идентификации объектов.

Теоретическая значимость полученных результатов, обладающих научной новизной, состоит в разработке нового метода псевдоградиентной идентификации объектов на изображениях на базе математического аппарата безыдентификационной псевдоградиентной адаптации, параметрической математической модели объекта идентификации и псевдоградиентной процедуры оценивания параметров идентификации, а также критериев идентификации на основе анализа сходимости оценок параметров идентификации при их псевдоградиентном оценивании, направленных на повышение эффективности идентификации объектов на бинарных и полутоновых изображениях.

Возможность использование в разработанном методе различных моделей взаимных геометрических рассогласований шаблона и исследуемого изображения объекта (в диссертации применена модели подобия) дает основу его применения для решения новых практических задач.

Разработанная на основе метода математическая модель объекта идентификации позволяет уменьшить количество необходимых шаблонов для одного класса объектов и, соответственно, для базы шаблонов в целом.

Таким образом, результаты работы Магдеева Р.Г. способствуют укреплению междисциплинарных связей между теоретической наукой и производственными потребностями, создавая основу для разработки новых методов идентификации объектов, способных решать сложные задачи идентификации, в том числе и в условиях априорной неопределенности.

4. Рекомендации по использованию полученных в работе результатов

Разработанные по основе метода псевдоградиентной идентификации алгоритмы могут быть использованы в различных областях, где применяется цифровая обработка изображений, в частности в производственных процессах, требующих высокой точности идентификации параметров, отклонений от нормы на сборочных линиях, при мониторинге состояния оборудования.

Полученные результаты могут быть интегрированы также в образовательные программы по распознаванию образов и идентификации объектов. Использование разработанных алгоритмов в учебных симуляторах позволит студентам и исследователям осваивать методы идентификации объектов на изображениях и их адаптацию к реальным задачам. Кроме того,

предложенные подходы могут стать основой для дальнейших исследований в области цифровой обработке изображений.

Разработанный метод идентификации объектов на бинарных изображениях уже послужил основой при разработке методики оценивания по металлографическим изображениям параметров микроструктур сталей перлитного класса, которая позволяет по изображениям микроструктур малоуглеродистых сталей определить параметры перлитных областей, что в свою очередь позволяет оценить прочностные свойства материала. Метод был использован также при решении практических задач идентификации объектов на полутоновых изображениях: неинвазивного мониторинга металлических конструкций по анализу разновременных изображений, полученных БПЛА и идентификации плавательных средств по спутниковым изображениям.

5. Оценка содержания диссертации, ее завершенность в целом, критические замечания

Диссертационная работа выполнена на высоком научном уровне, в ней получены значимые теоретические и практические результаты, вносящие существенный вклад в развитие алгоритмов идентификации объектов на бинарных и полутоновых изображениях. Работа выполнена соискателем самостоятельно.

Вместе с тем, к диссертационной работе и автореферату имеется несколько замечаний.

1. В диссертации указывается на то, что предложенные дополнительные критерии идентификации позволили снизить вероятность ложной идентификации в 2 – 2,5 раза, однако при этом конкретных примеров такого снижения не приводится.

2. Использованный в диссертационной работе интегральный критерий качества идентификации, основанный на произведении вычислительных затрат и вероятности ложной идентификации, является лишь одним из интегральных критериев. Было бы уместно привести сравнительный анализ и по другим критериям.

3. При оценке вычислительных затрат сделано предположение, что любая математическая операция идентична по затратам времени на ее выполнение, однако в реальных ЭВМ это не так. Можно выделить как минимум 4 вида операций: очень быстрые (сложения, вычитания, сравнения), быстрые

операции (умножение и простые операции для дробных чисел), медленные операции (деление, трансцендентные функции, возведение в степень) и очень медленные операции (операции с вызовом внешних библиотек).

4. Результаты сравнительного анализа методов распознавания по эталону целесообразно было бы представить в табличном виде по характеристикам исследуемых методов, это более наглядно показано бы их преимущества и недостатки, а также почему для дальнейшего сравнительного анализа были выбраны именно методы корреляционно-экстремальный и контурного анализа.

5. При разработке блок-схемы алгоритма идентификации параметров микроструктуры металлических изделий некоторые функциональные блоки были продублированы (они уже были в блок-схемах других алгоритмов программного комплекса). Целесообразнее было бы выделить дублирующиеся блоки в отдельный блок модулей, с которым бы взаимодействовали как исследовательские модулей, ток и модуль обработки металлографических изображений.

6. Выводы

Диссертация Магдеева Р.Г. на тему «Разработка адаптивных псевдоградиентных алгоритмов идентификации объектов на бинарных и полутоновых изображениях» представляет собой значимый вклад в развитие методов распознавания образов и идентификации объектов на бинарных и полутоновых изображениях. Несмотря на указанные замечания, работа обладает высокой актуальностью, новизной и практической значимостью.

Тема и содержание диссертации соответствуют паспорту научной специальности 1.2.2 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Представленная диссертация является законченной научно-квалификационной работой, которая по форме и содержанию соответствует действующим требованиям пп. 9, 10, 11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Магдеев Радик Гильфанович достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.2.2 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Отзыв составлен на основании Заключения по результатам обсуждения диссертации, проведенного НИИ обработки аэрокосмических изображений (НИИ «Фотон») – структурного подразделения РГРТУ им В.Ф. Уткина. Присутствовало 24 человека, в т.ч. 6 докторов и 14 кандидатов технических наук, заключение принято единогласно (Протокол № 8 от 12.05.2025 г.).

Директор НИИ «Фотон» РГРТУ,
докт. техн. наук,
Заслуженный деятель науки РФ



В.В. Еремеев

Ведущий научный сотрудник НИИ «Фотон»,
докт. техн. наук



А.Э. Москвитин

ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им.
В.Ф. Уткина», 390005, г. Рязань, ул. Гагарина, 59/1