

УТВЕРЖДАЮ:



И.о. ректора ФГБОУ ВО «Поволжский  
государственный технологический  
университет», д.т.н., профессор  
А.А. Роженцов

2026 г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Поволжский государственный технологический университет»

Диссертация «Модели и методы обработки комплекснозначных контуров изображений в системах технического зрения» выполнена на кафедре радиотехнических систем в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Поволжский государственный технологический университет».

В период подготовки диссертации соискатель Охотников Сергей Аркадьевич работал в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Поволжский государственный технологический университет» на кафедре радиотехнических систем в должности доцента.

В 2008 г. окончил магистратуру ГОУ ВПО «Марийский государственный технический университет» по направлению «Радиотехника».

В 2011 г. окончил аспирантуру ГОУ ВПО «Марийский государственный технический университет».

В 2014 г. защитил диссертацию на тему «Распознавание видеоизображений объектов заданной формы на основе анализа их контуров» по научной специальности 05.12.04 Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения. Ученая степень кандидата технических наук присуждена решением совета по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, ученой степени доктора наук, созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирского государственного университета имени А.Г. и Н.Г. Столетовых» от «24» июня 2014 г. № 7, Министерством науки и высшего образования Российской Федерации выдан диплом кандидата технических наук КНД №003268 приказ № 19/нк-7 от 22 января 2015 г.

С 2014 г. – доцент кафедры радиотехнических и медико-биологических систем ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет».

В 2019 г. присвоено звание доцента по специальности «Радиотехника в том числе системы и устройства телевидения».

Научный консультант – доктор технических наук, профессор Хафизов Ринат Гафиятуллович, работает в должности заведующего кафедры радиотехнических систем в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Поволжский государственный технологический университет».

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Диссертация посвящена развитию теории контурного анализа, в части анализа непрерывных и случайных комплекснозначных контуров, геометрических искажений контуров, нелинейные искажения контуров изображений, а также задачи нелинейной фильтрации, позволяющие автоматизировать процедуру обработки изображений в системах

технического зрения и обеспечивающие инвариантность к преобразованиям изображений. Целью диссертационной работы является развитие теории контурного анализа изображений в части представления и обработки непрерывных и случайных контуров и контуров с геометрическими искажениями на основе применения комплекснозначного кодирования элементов для обработки изображений в системах технического зрения для их использования в промышленности, робототехнике, информационно-измерительной технике и пр. с точки зрения улучшения характеристик точности, быстродействия и помехоустойчивости, а также экономии времени. Для достижения поставленной цели в диссертационной работе решаются следующие задачи: 1) разработка математических моделей, непрерывных по способу представления и случайных по возможности предсказания контуров объектов, для описания изображений в системах технического зрения; 2) исследование спектральных и корреляционных методов оценки линейных преобразований контуров изображений объектов; 3) исследование методов обработки контуров изображений с учетом их представления в комплекснозначном коде; 4) разработка методов нелинейной фильтрации контуров изображений, заданных в комплекснозначном коде, для обработки зашумленных изображений; 5) разработка математической модели контуров изображений с геометрическими искажениями; 6) разработка метода оценки и структуры системы геометрических искажений контуров изображений.

Актуальность работы обусловлена следующими причинами:

1. Результаты анализа показали, в условиях активного развития систем технического зрения для автономных устройств, робототехники и автоматизированного мониторинга сохраняет актуальность фундаментальная задача выбора оптимального метода распознавания объектов: современных, основанных на глубоком обучении, или классических, базирующихся на математических моделях. Также было показано, что контурный анализ изображений обладает рядом преимуществ по сравнению с поточечной обработкой: во-первых, контуры содержат незначительное число элементов по сравнению с общим числом элементов изображения, что позволяет повысить быстродействие систем обработки; во-вторых, контуры изображений содержат в себе достаточную информацию о форме объекта, его масштабе и угловом положении в сцене, особенностью методологии контурного анализа изображений является инвариантность алгоритмов обработки к масштабу и повороту изображения, что оказывается существенным преимуществом обработки по их контурам по сравнению с методами, основанными на поточечной обработке; в-третьих, предлагаемый подход, в отличие от нейросетевых-моделей, не требует для обучения большого объема размеченных данных (которые, н-р, медицинские, не всегда доступны), а также больших вычислительных и временных ресурсов, что является критически важным для систем с ограниченными вычислительными ресурсами, но при этом необходимо выполнять задачи компьютерного зрения в реальном времени в условиях воздействия шумов;

2. Разработано большое количество методов и подходов к выделению и обработке контуров изображений различной природы, при этом эффективность решения задач высокого уровня, включая задачи интеллектуальной обработки изображений, зачастую оказывается неудовлетворительной. Основным фактором, ограничивающим качество результата, выступает сложность или принципиальная невозможность строгой формализации структурной организации изображения. Наряду с этим существует также проблема отсутствия универсальных алгоритмов, применимость которых обеспечивала бы высокую эффективность решения рассматриваемого класса задач интеллектуальной обработки контуров изображений в СТЗ. В связи с этим возникает проблемная ситуация, связанная с противоречием между возможностями современной вычислительной техники и недостаточностью теоретической базы при ее использовании в СТЗ, основанных на применении контурного анализа изображений на основе применения комплекснозначного описания. Указанное противоречие определяет постановку цели и задач диссертационного

исследования.

Главными результатами являются: 1) развита теория контурного анализа изображений в части представления непрерывных и случайных контуров изображений, отличающаяся комплекснозначным кодированием и обеспечивающая инвариантность к линейным преобразованиям вращения и масштабирования изображений; 2) разработаны спектральные и корреляционные методы оценки линейных преобразований непрерывных и случайных контуров изображений, заданных в комплекснозначном коде, позволяющие эффективно решать задачу распознавания изображений; 3) разработаны методы обработки контуров изображений, заданных в комплекснозначном коде, отличающиеся возможностью применения традиционных для одномерных сигналов подходов; 4) впервые разработаны методы нелинейной фильтрации контуров изображений, заданных в комплекснозначном коде, обеспечивающие обработку зашумленных изображений, и показано, что результат контурной нелинейной фильтрации определяется в основном процедурой упорядочивания элементов контура; 5) впервые разработаны математические модели контуров изображений с геометрическими искажениями, позволяющие автоматизировать процедуру оценки параметров искажений в системах технического зрения; 6) разработан метод оценки геометрических искажений контуров изображений и предложена структура систем оценки геометрических искажений, обеспечивающие вероятность правильной оценки не менее 0,95 при отношении сигнал – флуктуационный шум не менее 11 дБ.

Таким образом, работа соответствует критериям Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к докторским диссертациям, в том числе требованиям пункта 9: диссертация является законченной научной квалификационной работой, в которой содержится решение задачи развития теории контурного анализа, создания новых моделей и методов обработки контуров изображений, представленных на основе комплекснозначного описания, имеющей существенное значение для отрасли технических знаний при создании эффективных систем технического зрения, применяемых в промышленности, робототехнике, информационно-измерительной технике и медицинских диагностических системах.

#### **Личное участие соискателя в получении результатов, изложенных в диссертации**

Лично соискателем получены следующие основные результаты.

1. Автором выполнен обзор и анализ существующих методов построения математических моделей непрерывных контуров изображений объектов, заданных на плоскости, методов выделения контуров изображений объектов и их распознавания. Показано, что среди существующих методов представления изображений объектов (математических моделей), отсутствуют достаточно простые и устойчивые адекватные модели инвариантные к линейным преобразованиям поворота и масштабирования, формируемые по изображениям объектов, что задача построения модели изображения объекта не имеет однозначных и эффективных методов решения и существует необходимость в разработке методов получения для вынесения решений значений меры схожести двух изображений объектов, зависящей только от различия их форм.

2. Автором развита теория контурного анализа изображений в части представления непрерывных и случайных контуров изображений, отличающаяся комплекснозначным кодированием и обеспечивающая инвариантность к линейным преобразованиям вращения и масштабирования изображений.

3. Автором разработаны спектральные и корреляционные методы оценки линейных преобразований непрерывных и случайных контуров изображений, заданные в комплекснозначном коде, позволяющие эффективно решать задачу распознавания изображений.

4. Автором разработаны методы обработки контуров изображений, заданных в комплекснозначном коде, отличающиеся возможностью применения традиционных для

одномерных сигналов подходов.

5. Автором впервые разработаны методы нелинейной фильтрации контуров изображений, заданных в комплекснозначном коде, обеспечивающие обработку зашумленных изображений, и показано, что результат контурной нелинейной фильтрации определяется в основном процедурой упорядочивания элементов контура.

6. Автором впервые разработаны математические модели контуров изображений с геометрическими искажениями, позволяющие автоматизировать процедуру оценки параметров искажений в системах технического зрения.

7. Автором разработан метод оценки геометрических искажений контуров изображений

8. Автором предложена новая структура организации системы обработки контуров изображений, специфика которой определяется введением следующих функциональных блоков: блока обработки непрерывных и случайных комплекснозначных контуров; блока предварительной обработки, осуществляющий нелинейную фильтрацию контурных изображений; блока оценки геометрических искажений блока оценки геометрических искажений контуров заданных в комплекснозначном виде, обеспечивающий правильность распознавания и предложена структура систем оценки геометрических искажений,.

9. Автором выполнены численные эксперименты по исследованию свойств и проверке адекватности разработанных математических моделей и методов.

10. Автором разработано математическое и программное обеспечение, реализующие предложенные модели, методы.

#### **Степень достоверности результатов проведенных исследований**

Положения теории основываются на известных достижениях фундаментальных и прикладных научных дисциплин: теории сигналов, оптимального приёма, теории функции комплексного переменного, теории вероятностей, математической статистики, многомерной геометрии, методов математического моделирования, методов цифровой обработки сигналов и изображений, методов контурного анализа. Обоснованность и достоверность полученных в работе результатов и выводов подтверждается сопоставительным анализом разработанных и существующих методик и алгоритмов, а также итогами вычислительного эксперимента и компьютерного моделирования. Теоретические положения, установленные в работе, обосновываются последовательным и корректным применением математического аппарата при получении выводов из исходных посылок, а также аналитической проверкой этих посылок и выводов результатами систематического исследования. В работе диссертант грамотно использует математический аппарат, корректно вводит новые понятия. Материалы диссертации прошли апробацию на внутривузовских, всероссийских и международных конференциях. Результаты работы использованы в отчетах по грантам РФФИ, НИР и работам, выполненным по научным программам.

#### **Новизна и практическая значимость работы**

В результате проведённой работы были получены следующие результаты, характеризующиеся научной новизной. Они состоят в следующем:

1. Развита теория контурного анализа изображений в части представления непрерывных и случайных контуров изображений, отличающаяся комплекснозначным кодированием и обеспечивающая инвариантность к линейным преобразованиям вращения и масштабирования изображений.

2. Разработаны спектральные и корреляционные методы оценки линейных преобразований непрерывных и случайных контуров изображений, заданных в комплекснозначном коде, позволяющие эффективно решать задачу распознавания изображений.

3. Разработаны методы обработки контуров изображений, заданных в комплекснозначном коде, отличающиеся возможностью применения традиционных для

одномерных сигналов подходов.

4. Впервые разработаны методы нелинейной фильтрации контуров изображений, заданных в комплекснозначном коде, обеспечивающие обработку зашумленных изображений, и показано, что результат контурной нелинейной фильтрации определяется в основном процедурой упорядочивания элементов контура.

5. Впервые разработаны математические модели контуров изображений с геометрическими искажениями, позволяющие автоматизировать процедуру оценки параметров искажений в системах технического зрения.

6. Разработан метод оценки геометрических искажений контуров изображений и предложена структура систем оценки геометрических искажений, обеспечивающие вероятность правильной оценки не менее 0,95 при отношении сигнал – флуктуационный шум не менее 11 дБ.

Теоретические и практические результаты диссертационной работы использованы диссертационной работы внедрены АО «Научно-производственное объединение дальней радиолокации имени академика А.Л. Минца» в ходе выполнения СЧ НИЭР «Аэрозор» в части повышения эффективности формирования описания объектов интереса на основе признаков их наличия на радиолокационных изображениях и извлечения тематической информации об объектах интереса; СЧ НИР «Радиолокация-Х-РТИ» в части программно-методического обеспечения по верификации (валидации) продуктов, получаемых с использованием радиолокаторов с синтезированной апертурой антенны авиационного и космического базирования; в рамках инвестиционного проекта «ЭЛИК» в части функционального программного обеспечения решения задач геопривязки и геопозиционирования радиолокационных изображений (подтверждено актом о внедрении); ООО «Резонансные системы» при разработке устройств вторичной обработки магниторезонансных изображений при разработке изделий магниторезонансной томографии (подтверждено актом о внедрении).

Результаты работы внедрены и использованы при выполнении НИР: в рамках научно-исследовательских работ по гранту Российского научного фонда № 23-19-00568 «Методы и интеллектуальная система поддержки динамической устойчивости операторов эргатической системы» в период 2023–2025 гг. (подтверждено актом о внедрении); в рамках научно-исследовательской работы Министерства и образования и науки РФ, проект RFMEFI57717X0254 «Система интраоперационной навигации с поддержкой технологии дополненной реальности на базе виртуальных 3D-моделей органов, полученных по результатам КТ диагностики, для малоинвазивных операций», 2017–2019 гг. (подтверждено актом о внедрении); грант РФФИ, проект №08-01-12000 офи «Разработка методов и создание информационной технологии визуализации и сравнительного анализа сопряженных пространственных статических и динамических сцен», 2008–2009 гг. (подтверждено актом о внедрении); НИР №8.1068.2011 «Разработка теоретических подходов к обработке непрерывных контуров изображений» в рамках государственного задания на 2012 г. (подтверждено актом о внедрении); внедрены в учебном процессе Поволжского государственного технологического университета при подготовке обучающихся по направлениям 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы», 11.04.01 «Радиотехника», 12.03.04, 12.04.04 «Биотехнические системы и технологии» (подтверждено актом о внедрении).

#### **Ценность научных работ соискателя**

Ценность научной работы заключается в том, что теоретические и экспериментальные выводы, полученные в диссертации, имеющие существенное значение для технической отрасли знаний, позволит создать отечественные системы технического зрения для их использования в промышленности, робототехнике, информационно-измерительной технике и пр. Рассмотрение контуров в виде непрерывных функций, полученных из непродискретизированных изображений, позволяет снять ограничение на возможность

применения методов контурного анализа, связанное с количеством пикселей в составе изображения. Это позволит реализовать радиотехнические системы с потенциально достижимыми характеристиками. Использование алгоритма распознавания контуров изображений заданной формы на основе контурного анализа позволяет сократить объем вычислительных затрат в среднем на 2 порядка, по сравнению с корреляционно-экстремальным методом.

Кроме того, отдельные теоретические результаты являются определённым вкладом в развитие общей теории контурного анализа, создания математических моделей и методов обработки изображений представленных в виде контуров.

**Соответствие содержания диссертации специальности,  
по которой она рекомендуется к защите**

Диссертации соответствует паспорту специальности – 2.2.13 «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения», а именно:

п.3 «Разработка и исследование радиотехнических устройств и систем, обеспечивающих улучшение характеристик точности, быстродействия и помехоустойчивости», п.5 «Разработка и исследование алгоритмов, включая цифровые, обработки сигналов и информации в радиотехнических устройствах и системах различного назначения, в том числе синтез и оптимизация алгоритмов обработки», п.11 «Разработка информационных технологий, в том числе цифровых, а также с использованием нейронных сетей для распознавания сигналов, изображений и речи в интеллектуальных радиотехнических, робототехнических системах технического зрения». В диссертационной работе были разработаны теоретические основы решения задач анализа и обработки непрерывных, случайных контуров изображений, основы оценки параметров геометрических искажений контуров изображений, что является вкладом в развитие теории контурного анализа. Разработаны новые методы нелинейной фильтрации контуров изображений. Решаются радиотехнические задачи: спектральный анализ, корреляционный анализ, нелинейная фильтрация, оценка геометрических искажений контуров изображений, задачи распознавания объектов. Полученные результаты служат основой для построения систем технического зрения, применяемых в робототехнике, микроэлектронике, медицинской, радиолокации и других областях. Таким образом, в диссертационной работе приведены оригинальные результаты, а тематика диссертации соответствует специальности 2.2.13 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

**Полнота изложения материалов диссертации в работах,  
опубликованных соискателем**

Основное содержание диссертационной работы и ее результатов полностью отражено в 42 научных и научно-технических работах автора объемом 34,561 п.л., авторский вклад – 13,975 п.л., из них 6 – индексируемые в Scopus, приравненные к журналам Перечня ВАК Минобрнауки РФ; 2 монографии в соавторстве; 12 – в рецензируемых научных журналах из Перечня ВАК:

***Публикации в издании, индексируемом в Scopus, приравненные к журналам Перечня ВАК***

1. Okhotnikov, S.A., Kim, E.V., Khafizov, D.G. *et al.* A Method for Detecting Outlines and Assessing Cross-Sectional Areas of the Neck Vessels in Ultrasound Investigations. *Biomed Eng* 56, 264–267 (2022). <https://doi.org/10.1007/s10527-022-10216-0>. (Личный вклад автора – 33%).

*Соискателем предложен метод выделения контура сечения сосудов на ультразвуковых изображениях и оценки их площади в динамике методом контурного анализа. Метод основан на нахождении перепадов яркости в радиальных сечениях в области сосуда на ультразвуковых изображениях.*

2. Khafizov RG, Okhotnikov SA. Nonlinear filtering of image contours defined in complex code. *Computer Optics* 2020; 44(5): 757-762. DOI: 10.18287/2412-6179-CO-745. (Личный вклад автора - 50%).



*Соискателем исследованы особенности организации нелинейной фильтрации контуров изображений, заданных в виде последовательности комплексных чисел. Исследовано влияние линейных преобразований масштабирования и поворота контура на результат фильтрации. Исследовано изменение спектра контура при прохождении через нелинейные фильтры.*

3. Khafizov, R.G., Okhotnikov, S.A., Khafizov, D.G. *et al.* Analyzing the Risk of Injury for Pathways of Instrument Insertion into a Surgical Target Area While Preparing for Laparoscopic Surgery. *Bull. Russ. Acad. Sci. Phys.* 82, 1537–1541 (2018). <https://doi.org/10.3103/S1062873818120109>. (Личный вклад автора - 25%).

*Соискателем предложена методика автоматической классификации тканей по травмоопасности при анализе путей доступа инструмента к области хирургического интереса. Разработан алгоритм заливки объектов произвольной формы 3D-изображений по данным компьютерной томографии пациента.*

4. Хафизов, Р.Г. Модели контуров изображений объектов при наличии геометрических искажений / Р.Г. Хафизов, С.А. Охотников, Т.В. Яранцева // Компьютерная оптика. – 2016. – Т. 40, № 3. – С. 404-409. – DOI: 10.18287/2412-6179-2016-40-3-404-409. (Личный вклад автора – 33%).

*Соискателем разработаны новые математические модели контуров изображений объектов с простой и сложной формами при воздействии геометрических искажений. Предложены модели контуров с комбинацией разных геометрических искажений.*

5. Okhotnikov S.A. Discretization of continuous contours of images, defined in a complex-valued form / S.A. Okhotnikov, R.G. Khafizov // *Computer Optics*, 2012, 36(2). – P. 274–278. (Личный вклад автора - 50%).

*Соискателем решены вопросы дискретизации непрерывных контуров. Исследовано влияние размерности контура на качество распознавания видеоизображений, построены характеристик распознавания.*

6. Khafizov R.G. Linear filtering of continuous contours of images, defined in a complex form / R.G. Khafizov, S.A. Okhotnikov // – *Computer Optics*, 2010, 34(3). – P. 408–416. (Личный вклад автора - 50%).

*Соискателем предложена методика линейной фильтрации непрерывных контуров изображений, заданных в комплекснозначном виде. Выявлены свойства контурных линейных фильтров с учётом комплекснозначного характера и свойств замкнутости контура.*

### **Монографии**

7. Основы теории обработки непрерывных контуров изображений: монография / Р. Г. Хафизов, А. А. Роженцов, Д. Г. Хафизов, С. А. Охотников; под общ. ред. проф. Р. Г. Хафизова. – Йошкар-Ола, 2015. – 172 с. (Личный вклад автора – 33%).

8. Okhotnikov S.A. Mathematical Model and Methods of Analysis of Continuous Contours Images / S.A. Okhotnikov, R.G. Khafizov, M.A. Egoshin // *Image Analysis and Pattern Recognition. State of the Art in the Russian Federation. Series on Language Processing, Pattern Recognition, and Intelligent Systems. Volume 7.* – World Scientific Publishing Europe Ltd., Singapore, 2024. – P. 199-232. – [https://doi.org/10.1142/9789811267215\\_0005](https://doi.org/10.1142/9789811267215_0005). (Личный вклад автора – 33%).

### **Научные труды в журналах из перечня ВАК РФ:**

9. Охотников С.А. Оценка параметров геометрических искажений контуров изображений / С.А. Охотников // *Радиотехнические и телекоммуникационные системы.* – 2023. – № 1, – С. 50-60. – DOI: 10.24412/2221-2574-2023-1-50-60.

*Соискателем представлен подход к оценке параметров «простых» и «комбинированных» геометрических искажений. Подход базируется на многоэтапной процедуре, когда входной контур сравнивается с набором эталонных контуров с изменяемым параметром искажения. Выбор ближайшего эталонного контура происходит при помощи критерия максимального правдоподобия*

10. Метод выделения контура и оценки площади сечения сосудов шеи при

ультразвуковом исследовании / С.А. Охотников, Р.Г. Хафизов, Е.В. Ким, Д.Г. Хафизов // Медицинская техника. – 2022. – № 4. – С. 33-35. (Личный вклад автора – 33%).

*Соискателем предложен метод выделения контура сечения сосудов на ультразвуковых изображениях и оценки их площади в динамике методом конкурного анализа. Метод основан на нахождении перепадов яркости в радиальных сечениях в области сосуда на ультразвуковых изображениях.*

11. Передискретизация контуров цифровых изображений объектов / С.А. Охотников, Р.Г. Хафизов, И.Л. Егошина, Д.Г. Хафизов // Цифровая обработка сигналов. – 2021. – №4. – С.48-51. (Личный вклад автора – 25%).

*Соискателем предложен метод передискретизации комплекснозначных контуров изображений, отличающийся возможностью сохранения информации о форме контурного изображения в частотной области; обеспечивающий сохранение информативности контура изображения.*

12. Охотников С.А. Оценка нелинейных искажений контуров изображений объектов, заданных на комплексной плоскости / С.А. Охотников // Телекоммуникации. – 2017. – № 8. – С. 30-35.

*Соискателем предложен метод оценки искажений изображений объектов, описываемых группой инвариантных преобразований. Предложена структурная схема алгоритма управления автономного робота по ориентирам.*

13. Хафизов Р. Г. Распознавание непрерывных комплекснозначных контуров изображений / Р. Г. Хафизов, С.А. Охотников // Известия вузов. Приборостроение. – 2012. – № 5. – С. 3-9. (Личный вклад автора – 50%).

*Соискателем решена задача распознавания непрерывных контуров изображений. Получены графики зависимости вероятности правильного распознавания зашумленных непрерывных и дискретных элементарных контуров при объемах алфавита 5, 10 и 15.*

14. Анализ травмоопасности путей доступа инструмента к области хирургического интереса при подготовке к проведению лапараскопических операций / С.А. Охотников, Р.Г. Хафизов, Д.Г. Хафизов, Ю.Е. Гарипова // Известия Российской академии наук. Серия физическая. – 2018. – Т. 82, № 12. – С. 1695-1700. – DOI: 10.1134/S0367676518120104. (Личный вклад автора – 25%).

*Соискателем предложена методика автоматической классификации тканей по травмоопасности при анализе путей доступа инструмента к области хирургического интереса. Разработан алгоритм заливки объектов произвольной формы 3D-изображений по данным компьютерной томографии пациента.*

15. Охотников, С. А. Алгоритм управления деревообрабатывающим станком на основе аппарата контурного анализа изображений / С. А. Охотников // Информационно-управляющие системы. – 2013. – №1 (62)/2013. – С. 11-15.

*Соискателем разработан алгоритм для решения задачи автоматизации процесса дефектоскопии пиломатериалов на основе анализа формы изображений дефектов.*

16. Охотников С.А. Применение контурного анализа изображений для решения задач дефектоскопии пиломатериалов / С.А. Охотников, Р.Г. Хафизов Р.Г., И.Н. Багаутдинов // Вестник Марийского государственного технического университета. Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2011. – № 2(12). – С. 30-35. (Личный вклад автора – 33%).

*Соискателем представлен подход к решению задачи дефектоскопии пиломатериалов на основе анализа формы изображений дефектов. Рассмотрены методы структурного анализа формы изображений дефектов пиломатериалов фильтрами, согласованными с классом форм.*

17. Контурная математическая модель электроэнцефалограммы / Охотников С.А., Я.А. Фурман, В.В. Севастьянов, К.О. Иванов, Р.Г. Хафизов и др. // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Радиотехнические и



инфокоммуникационные системы. – 2015. – № 4(28). – С. 26-42. (Личный вклад автора – 25%).

*Соискателем предложено в качестве математической модели электроэнцефалограммы (ЭЭГ) принять последовательность заданных в аналитическом виде элементарных векторов, аппроксимирующих линию контура. С позиции контурного анализа рассмотрены вопросы спектрального и корреляционного анализа ЭЭГ.*

18. Охотников С.А. Система распознавания речи по контурам изображения губ / С.А. Охотников, Р.Г. Хафизов, Т.В. Яранцева // Проектирование и технология электронных средств. – 2016. – № 2, – С. 13-17. (Личный вклад автора – 33%).

*Соискателем предложен подход к распознаванию речи по контурам изображения губ говорящего. Контурные изображений губ представлены как комплексные случайные функции и заданы как совокупности возможных реализаций. Разработана структура системы распознавания речи.*

19. Анализ спектров сложных сигналов на базе комплекснозначных дискретно-кодированных последовательностей / С.А. Охотников, Р.Г. Хафизов, А.А. Смышляев, Н.С. Виноградов // Проектирование и технология электронных средств. – 2020. – № 3. – С. 3-8. (Личный вклад автора – 50%).

*Соискателем исследованы спектральные характеристики сложных сигналов, сформированных на основе комплекснозначных дискретно-кодированных последовательностей.*

20. Охотников С.А. Применение стереографической проекции для решения задач распознавания контуров изображений / С.А. Охотников, Р.Г. Хафизов, Д.Г. Хафизов // Вестник Марийского государственного технического университета. Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2009. – № 3, – С. 36-42. (Личный вклад автора – 33%).

*Соискателем представлен подход к улучшению качества распознавания контуров изображений, основанный на применении стереографической проекции. Получены характеристики распознавания контуров, заданных на комплексной и расширенной комплексной плоскости.*

#### **Свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ:**

21. Охотников С.А. Визуализация трехмерного изображения на базе анализа проекций непрерывных контуров / С.А. Охотников, Р.Г. Хафизов // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2012619044, 05.10.2012 г.

22. Охотников С.А. Программный комплекс для исследования непрерывных контуров изображений / С.А. Охотников, Р.Г. Хафизов, Ю.Е. Гарипова // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2010611737, 3.03.2010 г.

23. Охотников С.А. Программный комплекс дефектоскопии пиломатериалов и управления деревообрабатывающим станком / С.А. Охотников, Р.Г. Хафизов, Д.Г. Хафизов, И.Н. Багаутдинов, А.Р. Галяутдинов // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2012616592, 23.07.2012 г.

#### **Статьи и материалы конференций:**

24. Охотников С.А. Исследование вопроса быстрой свертки непрерывных контуров видеоизображений / С.А. Охотников // Сборник материалов XIII международной научно-технической конференции «Перспективные технологии в средствах передачи информации» (ПТСПИ-2019). – Владимир, 2019. – С. 204-206.

25. Охотников С.А. Исследование вопроса передискретизации контуров видеоизображений / С.А. Охотников, Р.Г. Хафизов // Сборник материалов XIII международной научно-технической конференции «Перспективные технологии в средствах передачи информации» (ПТСПИ-2019). – Владимир, 2019. – С. 207-209.

26. Охотников С.А. Методика оценки нелинейных искажений изображений объектов в виде ориентиров / С.А. Охотников // Сборник материалов XIII международной научно-технической конференции «Оптико-электронные приборы и устройства в системах

распознавания образов, обработки изображений и символьной информации» (Распознавание - 2017). – Курск, 2017. – С. 270-272.

27. Охотников С.А. Реализация алгоритмов обработки непрерывных контуров изображений / С.А. Охотников, Р.Г. Хафизов // Сборник материалов XI международной научно-технической конференции «Оптико-электронные приборы и устройства в системах распознавания образов, обработки изображений и символьной информации» (Распознавание - 2013). – Курск, 2013. – С. 48-50.

28. Охотников С.А. Исследование влияния дискретизации на качество различения контуров изображений / С.А. Охотников, Р.Г. Хафизов // Сборник материалов X международной научно-технической конференции «Оптико-электронные приборы и устройства в системах распознавания образов, обработки изображений и символьной информации» (Распознавание - 2012). – Курск, 2012. – С. 48-50.

29. Okhotnikov S.A. Matched filtering of continuous contour of image / S.A. Okhotnikov, R.G. Khafizov // 10<sup>th</sup> International Conference "Pattern Recognition and Image Analysis: New Information Technologies" (PRIA-10-2010): Conference Proceedings. – St. Petersburg, 2010. – Vol. 1. – P. 309-312.

30. Okhotnikov S. A. The software for processing continuous complex-valued signals defining the form of flat images / S. A. Okhotnikov // 8<sup>th</sup> International Conference "Pattern Recognition and Image Analysis: New Information Technologies" (PRIA-8-2007). Conference Proceedings. – Yoshkar-Ola, 2007. – P. 279.

31. Охотников С.А. Анализ непрерывных комплекснозначных сигналов, задающих контуры изображений плоских объектов / С.А. Охотников, А.А. Баев // Тезисы докладов Тринадцатой Международной научно-технической конференции студентов и аспирантов «Радиоэлектроника, электротехника и энергетика». – Москва: МЭИ, 2007. – Т. 1. – С. 103.

32. Охотников С.А. Медианная фильтрация контуров изображений, заданных в комплекснозначном виде / С.А. Охотников // Сборник научных статей по материалам XXIII Международной научно-технической конференции «Медико-экологические информационные технологии – 2020». – Курск, 2020. – С. 190-194.

33. Охотников С.А. Особенности гомоморфной фильтрации контуров изображений // Оптико-электронные приборы и устройства в системах распознавания образов и обработки изображений: материалы XVI Международной научно-технической конференции. – Курск, 2021. – С. 189-191.

34. Охотников С.А. Сигма-фильтрация контуров изображений заданных в комплекснозначном виде // Перспективные технологии в средствах передачи информации: материалы 14-ой международной научно-технической конференции. – Владимир, 2021. – С. 188-190.

35. Охотников С.А. Применение непрерывных контуров заданных в комплекснозначном виде для обработки медицинских изображений / С.А. Охотников, Р.Г. Хафизов // Сборник докладов XXIII Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов «Биотехнические, медицинские и экологические системы и комплексы» (БИОМЕДСИСТЕМЫ-2010). – Рязань, 2010. – С. 285-288.

36. Охотников С.А. Методы и средства обработки непрерывных контуров изображений / С.А. Охотников, Р.Г. Хафизов, Д.Г. Хафизов; Марийский гос. техн. ун-т. – Йошкар-Ола, 2011. – 167 с. – Деп. в ВИНТИ 27.05.2011, № 254-B2011.

37. Охотников С.А. Обработка изображений в системе информационной поддержки при проведении трансуретальной резекции предстательной железы / С.А. Охотников, Р.Г. Хафизов, Ю.Е. Третьякова // Сборник научных статей «Медицинские приборы и технологии». – 2009. – С. 60-64.

38. Охотников С.А. Методика объективного контроля за действиями хирурга / С.А. Охотников, Ю.Е. Гарипова, А.В. Казаринов // Сборник материалов XIV международной научно-технической конференции «Оптико-электронные приборы и устройства в системах

распознавания образов, обработки изображений и символьной информации» (Распознавание - 2019). – Курск, 2019. – С. 129-131.

39. Охотников С.А. Алгоритм предварительной обработки эндоскопических изображений желудочно-кишечного тракта / С.А. Охотников, А.В. Казаринов, Д.М. Батухтин // Сборник материалов XIV международной научно-технической конференции «Оптико-электронные приборы и устройства в системах распознавания образов, обработки изображений и символьной информации» (Распознавание - 2018). – Курск, 2018. – С. 131-133.

40. Охотников С.А. Алгоритм классификации тканей на томографических изображениях органов брюшной полости / С.А. Охотников, А.В. Казаринов, Ю.Е. Гарипова // Сборник материалов XIV международной научно-технической конференции «Оптико-электронные приборы и устройства в системах распознавания образов, обработки изображений и символьной информации» (Распознавание - 2018). – Курск, 2018. – С. 134-136.

41. Охотников С.А. Система информационной поддержки хирурга на базе классификации тканей по их травмоопасности / С.А. Охотников, Ю.Е. Гарипова, А.В. Казаринов // Сборник материалов XIV международной научно-технической конференции «Оптико-электронные приборы и устройства в системах распознавания образов, обработки изображений и символьной информации» (Распознавание - 2018). – Курск, 2018. – С. 84-86.

42. Охотников, С.А. Аппаратно-программный комплекс для решения задач дефектоскопии пиломатериалов на основе контурного анализа / С.А. Охотников // Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Информационные технологии в профессиональной деятельности и научной работе». – Йошкар-Ола: Марийский государственный технический университет: в 2 ч. Ч.1. – 2011. – С. 102-107.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что главные результаты диссертационного исследования в полной мере представлены в работах, опубликованных соискателем в журналах из перечня российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук.

Основные теоретические положения и научные результаты диссертационной работы докладывались, обсуждались и получили положительную оценку на международных и Всероссийских конференциях: 8<sup>th</sup>, 10<sup>th</sup> International Conference "Pattern Recognition and Image Analysis: New Information Technologies" (Yoshkar-Ola, 2007, St. Petersburg, 2010); Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Информационные технологии в профессиональной деятельности и научной работе» (Йошкар-Ола, 2011); XXIII Всероссийской научно-технической конференции «Биотехнические, медицинские и экологические системы и комплексы» (Рязань, 2010); Международной молодежной научной конференции «Туполевские чтения - XVII» (Казань, 2009); X, XI, XIII, XIV, XV и XVI международной научно-технической конференции «Оптико-электронные приборы и устройства в системах распознавания образов, обработки изображений и символьной информации» (Курск, 2012, 2013, 2017, 2018, 2019, 2021); XXIII международной научно-технической конференции «Медико-экологические информационные технологии» (Курс, 2020); XIII и XIV международной научно-технической конференции «Перспективные технологии в средствах передачи информации» (Владимир, 2019, 2021); тринадцатой Международной научно-технической конференции студентов и аспирантов «Радиоэлектроника, электротехника и энергетика», (Москва, 2007); на ежегодных научных конференциях по итогам НИР ПГТУ и научных семинарах кафедры радиотехнических и медико-биологических систем.

### Выводы

Диссертационная работа Охотникова С.А. «Модели и методы обработки комплекснозначных контуров изображений в системах технического зрения», является законченным научным исследованием, выполнена на высоком научном уровне, имеет большую практическую ценность и удовлетворяет требованиям, предъявляемым ВАК Минобрнауки России к докторским диссертациям.

Диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, свидетельствующие о личном вкладе автора диссертации в науку. В диссертации не использован заимствованный материал без ссылки на автора и (или) источник заимствования, а также результаты научных работ, выполненных соискателем ученой степени в соавторстве, без ссылок на соавторов. У соискателя ученой степени отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных им работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

Представленная диссертация является научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно-обоснованные технические решения и разработки, имеющие существенное значение и являющихся основой для построения систем технического зрения, применяемых в робототехнике, микроэлектронике, медицинской, радиолокации и других областях. Предложенные автором диссертации методы аргументированы и оценены по сравнению с другими известными решениями. Научная обоснованность и практическая ценность результатов, апробация и публикация основных результатов позволяют сделать заключение о соответствии диссертации требованиям, предъявляемым к работам на соискание ученой степени доктора технических наук. Диссертация соответствует специальности 2.2.13 «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения» (пункты 2, 3 и 5 паспорта специальности).

Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Диссертация «Модели и методы обработки комплекснозначных контуров изображений в системах технического зрения» Охотникова Сергея Аркадьевича рекомендуется к защите на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.13 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения в диссертационном совете Д 24.2.281.01 при Владимирском государственном университете имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых.

Заключение принято на расширенном заседании кафедры радиотехнических систем, ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет».

Присутствовало на заседании 17 чел. Результаты голосования: «за» – 17 чел.,

«против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел., протокол №8 от «29» апреля 2026 г.

Зав. кафедрой радиотехнических систем  
ФГБОУ ВО «Поволжский государственный  
технологический университет»  
д.т.н., профессор

Хафизов Ринат Гафиятуллович