

УТВЕРЖДАЮ

Директор Самарского филиала
Федерального государственного
бюджетного учреждения науки
Физического института
им. П.Н. Лебедева Российской
академии наук, д.ф.-м.н., доцент



В.Н. Азязов

«19» марта 2020 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Самарского филиала Федерального государственного бюджетного
учреждения науки Физического института им. П.Н. Лебедева
Российской академии наук (СФ ФИАН)

Диссертация «Анализ контурных изображений с использованием формализма оптики спиральных пучков», представленная на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», выполнена Кишкиным Сергеем Александровичем в Самарском филиале ФГБУН Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук (СФ ФИАН).

Кишкин Сергей Александрович, 1992 года рождения, в 2015 году закончил очный специалитет Самарского государственного университета по направлению 090102.65 – «Компьютерная безопасность». В период с 2011 по 2015 год являлся инженером СФ ФИАН. С 2016 года по настоящее время проходит военную службу в должности инженера 22 кафедры 2 факультета Краснодарского высшего военного училища.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник Самарского филиала ФИАН Волостников Владимир Геннадьевич. Тема диссертационной работы и научный руководитель утверждены решением ученого совета СФ ФИАН, протокол № 6 от 21.08.2019 г.

По результатам рассмотрения диссертационной работы Кишкина С.А. на тему «Анализ контурных изображений с использованием формализма оптики спиральных пучков» по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» на заседании Ученого совета СФ ФИАН (протокол №5/20 от 18 марта 2020 года) принято

следующее заключение.

1. Оценка выполненной соискателем работы

Диссертационная работа является *завершенной*.

Тема диссертационной работы является *актуальной*, так как она направлена на разработку нового метода анализа контурных изображений с использованием формализма оптики спиральных пучков. Данное направление представляет интерес с точки развития контурного анализа, являющегося составной частью теории распознавания образов, которая несмотря на свою более чем полувековую историю далека от завершения и содержит значительное число нерешенных научных проблем.

2. Достоверность проведенного исследования обеспечивается выбором математического аппарата для решения задачи распознавания изображений и последующим его корректным применением; строго формализованными доказательствами работоспособности предлагаемого метода; данными, полученными в ходе разработки и применения программно-аппаратного комплекса распознавания контурных изображений, а также сравнением с аналогичными результатами, полученными другими авторами.

3. Диссертация соответствует п. 1 «Разработка новых математических методов моделирования объектов и явлений», п. 3 «Разработка, обоснование и тестирование эффективных вычислительных методов с применением современных компьютерных технологий» и п. 4 «Реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента» – паспорта специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ». В работе преобладают математические методы в качестве аппарата исследований и получены результаты в виде новых математических методов, вычислительных алгоритмов и новых закономерностей, характеризующих изучаемые объекты.

4. В рамках диссертационной работы получены результаты, обладающие научной новизной и выносимые на защиту:

- математическая модель процедуры сравнения контуров, позволяющая определять их меру схожести с использованием формализма оптики спиральных пучков света;

- численные методы, позволяющие реализовать процедуру сравнения контуров с использованием существующих средств вычислительной

техники;

– разработанный программный комплекс распознавания контурных изображений, демонстрирующий работоспособность предлагаемого метода распознавания на модельных задачах и возможность его реализации в существующих системах машинного зрения.

Все выносимые на защиту результаты диссертации Кишкина С.А. получены лично автором либо при его непосредственном участии. Из работ в соавторстве на защиту выносятся результаты, в получении которых автор принимал непосредственное участие.

5. Полнота изложения результатов работы в публикациях

По теме диссертации опубликовано 9 работ (5 статей и 4 тезиса) в рецензируемых изданиях, из которых 1 работа попадает в перечень журналов, рекомендованных ВАК Минобрнауки России, 8 индексируется в Scopus, из них 4 – в Web of Science.

Опубликованные работы достаточно полно отражают содержащиеся в диссертации научные результаты, а также основные аспекты их практического применения. Список работ приведен ниже:

№ п/п	Научные публикации	Основные результаты диссертации
1.	К.Н. Афанасьев, С.А. Кишкин. Формирование спиральных пучков при помощи фазовых голограмм // Известия Самарского научного центра РАН, 2012. – Том 14 номер 4 С. 184-188.	Положено начало разработки программного комплекса в части подсчета комплексных амплитуд спиральных пучков на средствах вычислительной техники. Установлена возможность формирования спиральных пучков с заданным распределением интенсивности.
2.	В.Г. Волостников, С.А. Кишкин, С.П. Котова. Новый метод обработки контурных изображений на основе формализма спиральных пучков света // Квантовая электроника, 43, №7. – С. 646-650. (V.G. Volostnikov, S.A. Kishkin, S.P. Kotova, "New method of contour image processing based on the formalism of spiral light beams", QUANTUM ELECTRON, 2013, 43 (7), P. 646–650).	Описана математическая модель процесса сравнения двух плоских контуров при отсутствии шумов на изображении. Сформулирован критерий совпадения двух контуров с точностью до сдвига в плоскости распознавания, выбора начальной точки, взаимного масштаба и поворота при отсутствии шумов на основании сравнения коэффициентов разложения комплексных амплитуд соответствующих спиральных пучков. Приведены результаты численного моделирования для простейших объектов: геометрических фигур.
3.	Volostnikov V., Kishkin S., Kotova S. Spiral beams: New Results and Application // Proceedings of Conference on Advanced Optoelectronics and Lasers	Дан краткий обзор теории спиральных пучков и, в том числе, одного из ее прикладных аспектов – возможности обработки контуров. Отмечен факт независимости частичных сумм ряда разложения комплексной амплитуды

	(CAOL'2013), 8-14 September, 2013, Sudak Ukraine. – P.263-264.	спирального пучка от выбора начальной точки на контуре.
4.	В.Г. Волостников, С.А. Кишкин, С.П. Котова. Контурный анализ и современная оптика гауссовых пучков // Компьютерная оптика. – 2014. – Т.38, №3. – С. 476-481.	Произведено совершенствование математической модели процесса сравнения двух контуров путем введения в рассмотрение шумов на изображении. Отмечено, что коэффициенты разложения спиральных пучков являются локальной характеристикой контура, поэтому для сравнения может быть использована функция перекрытия комплексных амплитуд спиральных пучков. Приведены результаты численного моделирования для более сложного случая: контура границы самолета.
5.	Volostnikov V., Kotova S. and Kishkin S. Spiral light beams: characteristics and applications // J. Phys.: Conf. Ser. – 2014. – V.536. – 012001	Дан краткий обзор теории спиральных пучков и, в том числе, одного из ее прикладных аспектов – возможности обработки контуров. Отмечен факт независимости Представлен способ получения угла взаимного поворота контуров на основании коэффициентов разложения соответствующих им спиральных пучков.
6.	Sergey A. Kishkin, Svetlana P. Kotova, Vladimir G. Volostnikov Spiral Light Beams and Contour Image Processing // Physics Procedia 86C (2017) pp. 131-135.	Произведен переход от комплексных амплитуд спиральных пучков к их частичным суммам, показана корректность такой процедуры. Сформулирован алгоритм сравнения двух контуров (как без учета, так и с учетом шумов) на основании конечных наборов коэффициентов разложения спиральных пучков по базису Лагерра-Гаусса.
7.	В.Г. Волостников, С.А. Кишкин, С.П. Котова. Анализ контурных изображений с помощью оптики спиральных пучков // Квантовая электроника, Т. 48, №3 (2018), С. 268–274. (V.G. Volostnikov, S.A. Kishkin, S.P. Kotova, "Analysis of contour images using optics of spiral beams", QUANTUM ELECTRON, 2018, 48 (3), P. 268–274)	Введено в рассмотрение понятие детализации спирального пучка на основе условия квантования спиральных пучков, показано, что низкая степень детализации может быть использована для борьбы с шумами и определения класса объекта, а высокая степень детализации – для точного выделения небольших по величине информационно-значимых участков контура. Представлены элементы теории приятия решений на основе введенной в пространстве спиральных пучков метрики. Предъявлен и доказан способ вычисления коэффициентов разложения спирального пучка минуя вычисление его комплексной амплитуды, что позволяет в значительной степени упростить процесс вычислений на средствах вычислительной техники. Приведены результаты численного моделирования для выборки как простых геометрических объектов, так и достаточно сложных контуров самолетов. Произведено краткое сравнение (на качественном уровне) с

		уже существующим методом контурного анализа на основе корреляционных функций.
8.	В.Г. Волостников, С.А. Кишкин, С.П. Котова, М.С. Русакова. «Исследование возможности применения математического формализма спиральных пучков света для анализа кардиограмм» // Квант. электроника, 2019, 49 (1), С. 83-88. (V.G. Volostnikov, S.A. Kishkin, S.P. Kotova, M.S. Rusakova, "On the feasibility of using the spiral beam formalism for analysis of cardiograms", QUANTUM ELECTRON, 2019, 49 (1), P. 83-88)	Исследована возможность использования разработанного метода применительно к прикладной задаче классификации электрокардиограмм. Установлено, что периодический сигнал кардиограммы может быть формализован как плоский контур, к которому применим разработанный метод. Показано, что предложенный формализм анализа с использованием спиральных пучков способен решать прикладную задачу анализа кардиограмм на модельной выборке пациентов с различными локализациями инфаркта. Посчитана чувствительность и специфичность метода.
9.	23. K.V. Efimova, S.A. Kishkin, S.P. Kotova, N.N. Losevsky, D.V. Prokopova, S.A. Samagin Two techniques for experimental generation of spiral light beams //Proceedings Volume 11141, Optical Manipulation and Structured Materials Conference; 1114101 (2019)	По результатам доклада в тезисах нашел отражение краткий обзор разработанного программно-аппаратного комплекса построения спиральных пучков и распознавания контурных изображений.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации. Результаты работы нашли достаточное отражение в публикациях.

6. Апробация работы проводилась на следующих научных конференциях и семинарах:

- I - III, VI Международные конференции по фотонике и информационной оптике: Научно-исследовательский ядерный университет «МИФИ» (2012-2014, 2017 гг.);
- X - XVI Всероссийские молодежные Самарские конкурсы-конференции научных работ по оптике и лазерной физике: Самарский филиал Физического института им. П.Н. Лебедева РАН (2012-2018 гг.);
- XIV, XV Школы молодых ученых «Актуальные проблемы физики»: Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН (2012, 2014 гг.);
- V, VI Всероссийские молодежные конференции по фундаментальным и инновационным вопросам современной физики: Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН (2013, 2015 гг.);
- 2013 International Conference on Advanced Optoelectronics and Lasers:

Sudak, Ukraine (2013 г.);

– 20th International Conference on Applied Physics of Condensed Matter: Slovak Republic (2014 г.);

– 10th International Conference on Photonics of Nano- and Bio-Structures: Vladivostok, Russia (2015 г.);

– XV Всероссийская школа-семинар «Волны-2015» им. А.П. Сухорукова: Московский государственный университет (2015 г.);

– V Международная конференция и молодежная школа «Информационные технологии и нанотехнологии»: Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева (2019 г.);

– Optics and Photonics International Congress: Yokohama, Japan (2019 г.)

7. Теоретическая и практическая ценность. В результате проведенного исследования были получены следующие результаты:

– Построена математическая модель процесса распознавания контура границы объекта на основе формализма оптики спиральных пучков света, где значительная часть удалена определению понятия меры схожести двух объектов. Поставлена и решена задача определения меры схожести двух контуров с точностью до сдвига/масштаба/поворота в плоскости распознавания, выбора начальной точки, в том числе, при наличии шумового воздействия на изображении.

– Разработаны численные методы, позволившие реализовать достаточно требовательную к вычислительным ресурсам предложенную математическую модель на средствах вычислительной техники.

– Разработан программный комплекс распознавания контурных изображений, реализовавший на практике предложенные численные методы. Результаты численного моделирования подтвердили предположение о возможности использования формализма оптики спиральных пучков света для решения задачи распознавания изображений с использованием сегмента персональных ЭВМ, в том числе носимых и мобильных.

– На качественном уровне произведен сравнительный анализ с существующими методами контурного анализа, определены относительные достоинства и недостатки предложенного в работе метода распознавания изображений.

Результаты работы реализованы в виде программно-аппаратного комплекса распознавания контурных изображений на базе портативной персональной ЭВМ, на что получено свидетельство о государственной регистрации

программы для ЭВМ (№ 2018661537).

Диссертация имеет четкую структуру, написана понятным и грамотным языком, хорошо оформлена. Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой представлено решение научных задач, имеющих существенное значение для развития теории распознавания образов, а именно представлен новый метод контурного анализа.

По научной новизне, практической значимости и объему результатов диссертационная работа Кишкина С.А. удовлетворяет требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 (ред. от 01.10.2018), предъявляемым к кандидатским диссертациям.

В диссертации отсутствует заимствованный материал без ссылки на автора и (или) источник заимствования, результаты научных работ, выполненных соискателем ученой степени в соавторстве, без ссылок на соавторов.

Диссертация «Анализ контурных изображений с использованием формализма оптики спиральных пучков» Кишкина Сергея Александровича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Заключение принято на заседании Ученого совета Самарского филиала ФГБУН Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук.

Присутствовало на заседании 10 членов Ученого совета СФ ФИАН. Результаты голосования: «за» – 10 чел., «против» – 0 чел., «воздержались» – 0 чел., протокол №5/20 от 18 марта 2020 г.

Ученый секретарь СФ ФИАН, д.т.н.

С.И. Яресько