УТВЕРЖДАЮ
Заместитель начальника
Ярославского высшего военного училища
противовоздушной обороны
имени Маршала Советского Союза Л.А. Говорова
по учебной и научной работе
полковник

С.Климанов

21 05 2026 года

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации ТАРАСОВОЙ Валентины Юрьевны на тему: «Метод совмещения разнородных изображений подстилающей поверхности с использованием нейросетевых технологий», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.8. «Информатика и информационные процессы»

Актуальность темы исследования: В настоящее время существует большое количество сервисов, которые предоставляют доступ к базам данных изображений подстилающей поверхности, снятых с помощью различных устройств, отличающихся временем проведения съемки, углами ориентации устройств фиксации изображений, высотой точки съемки сенсора. Совмещение таких разнородных изображений позволяет решить ряд задач, связанных с использованием беспилотной воздушной техники в различных сферах функционирования общества, таких как сельское хозяйство, органы охраны и надзора, мониторинг чрезвычайных ситуаций, системы автономной доставки грузов, поиск пропавших людей. Использование данных технологий приводит к существенному увеличению объемов обрабатываемой информации, которая в большинстве затрагиваемых областей представлена цифровыми базами данных разнородных изображений районов её использования. Совмещение разнородных изображений может служить основой для систем определения положения беспилотной воздушной техники, что является актуальной задачей в условиях отсутствия или вызванного помехами искажения сигнала глобальных систем навигации. Определение положения воздушной беспилотной техники возможно с помощью совмещения разнородных изображений, полученных с бортовых сенсоров и с заранее сформированной базы данных цифровых спутниковых изображений района её использования. Одним из наиболее перспективных направлений в данной области является визуальная навигация, основанная на сравнении данных бортовых сенсоров со спутниковыми изображениями, что позволяет использовать недорогое оборудование. Её частным случаем является определение положения

беспилотной воздушной техники на основе совмещения разнородных изображений подстилающей поверхности.

В работе рассмотрено определение местоположения объекта на основе совмещения разнородных изображений подстилающей поверхности. Ключевым подходом к решению данной задачи является поиск изображений по заданному сюжету. В настоящее время существует научная задача определения и сопоставления аэрокосмических и спутниковых снимков в условиях отсутствия сигналов глобальных навигационных систем. При этом также остаётся актуальной задача привязки получаемых локальных координат к глобальным координатам.

В связи с этим, **целью исследования** Тарасовой В.Ю., является разработка метода совмещения текущего изображения подстилающей поверхности со спутниковыми изображениями района полета и алгоритмов, его реализующих.

Для достижения поставленной цели в работе решается **научная задача**, заключающаяся в определении положения ЛА при отсутствии сигналов глобальных навигационных систем на основе совмещения разнородных изображений подстилающей поверхности для заданного района полёта.

Таким образом, **тема работы** «Метод совмещения разнородных изображений подстилающей поверхности с использованием нейросетевых технологий» является **актуальной**.

Объект исследования: процесс автоматического совмещения разнородных изображений подстилающей поверхности.

Предмет исследования: методы и алгоритмы цифровой обработки и нейросетевого анализа разнородных изображений для определения местоположения ЛА. Предмет исследования определен предметной областью пунктов 4, 13 паспорта специальности 2.3.8. «Информатика и информационные процессы»:

- разработка методов и технологий цифровой обработки аудиовизуальной информации с целью обнаружения закономерностей в данных, включая обработку текстовых и иных изображений, видеоконтента. Разработка методов и моделей распознавания, понимания и синтеза речи, принципов и методов извлечения требуемой информации из текстов (п.4);

- разработка и применение методов распознавания образов, кластерного анализа, нейросетевых и нечетких технологий, решающих правил, мягких вычислений при анализе разнородной информации в базах данных (п.13).

В ходе решения задачи исследования **автором лично получены** следующие **научные результаты**:

разработан метод совмещения разнородных изображений подстилающей поверхности на базе сверточных нейронных сетей, позволяющий осуществлять первичное позиционирование ЛА в условиях отсутствия сигналов ГНСС, обеспечивающий существенное уменьшение объема хранимой информации об эталонных фрагментах в 80 раз (до 256 байт на фрагмент) и определяющий потенциальное положение ЛА с точностью до 300 пикселей.

разработан способ предварительной обработки изображений подстилающей поверхности на основе фильтрации низкочастотных секвент в пространстве Уолша, обеспечивающий повышение точности сходимости сверточной нейронной сети на 7,8 % за счет снижения влияния изменяющихся условий проведения съемки.

разработан Алгоритм уточнения положения текущего изображения относительно спутникового изображения методом сопоставления ключевых точек, позволяющий компенсировать взаимные искажения и сократить конечную область совмещения до 20 пикселей (что соответствует 20 метрам на местности при высоте полета 300 м).

Научная новизна результатов исследований заключается в разработке:

1. Метода совмещения разнородных изображений подстилающей поверхности, и алгоритмов, его реализующих, отличающихся от известных подходов следующим:

1.1) алгоритм обучения свёрточной нейронной сети отличается применением последующей декомпозиции ее архитектуры;

1.2) алгоритм формирования вектора-признаков отличается способом извлечения признаков, обеспечивающим степень сжатия визуальной информации фрагмента изображений с 20 килобайт до 256 байт при сохранении семантического содержания;

1.3) алгоритм поиска спутникового изображения впервые адаптирован для сопоставления текущего кадра с сенсора ЛА с эталонным изображением из цифровой базы данных, что позволяет обеспечить первичное позиционирование ЛА с точностью до 300 пикселей.

2. Способа предварительной обработки изображений подстилающей поверхности, отличающегося применением фильтрации низкочастотных секвент в спектральном пространстве Уолша совместно с нормализацией и аугментацией, что обеспечивает рост точности сходимости сети на 7,8 %.

3. Алгоритма определения положения текущего изображения относительно спутникового изображения, отличающегося механизмом использования ключевых точек, сужающим радиус точного совмещения до 20 пикселей.

Теоретическая значимость результатов исследования заключается: в развитии теории распознавания образов и цифровой обработки изображений путем применения спектральных преобразований Уолша в задачах подготовки данных для метрического обучения сиамских сверточных нейронных сетей.

Практическая значимость исследований заключается в том, что разработанный программно-алгоритмический комплекс, внедрённый в ООО «Квантрон Групп», обеспечивает определение местоположения ЛА с точностью 10–20 м в режиме реального времени (время обработки ≤207 мс) в условиях недоступности сигналов ГНСС на основе разнородных изображений подстилающей поверхности.

Обоснованность результатов исследований подтверждается: экспериментальными результатами, которые были получены при решении

поставленных задач, а также их согласованностью с результатами работ, представленных в данной области.

Апробация: Основные результаты работы докладывались и обсуждались на международных и всероссийских научных и научно-технических конференциях, конгрессах и формах.

По материалам диссертации опубликовано 15 статей (из них 5 в изданиях, включенных в перечень ВАК, 5 в изданиях, индексируемых в международных наукометрических базах Scopus и Web of Sciences), получено 5 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ и один патент на изобретение.

Основные результаты диссертации внедрены:

1. В компанию ООО «Квантрон Групп» в виде программного модуля, предназначенного для определения местоположения аэрофотосъемки.

2. В учебный процесс в курсе «Системы технического зрения», который изучается в рамках направления 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника» (программа магистратуры) Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный радиотехнический университет имени В. Ф. Уткина», и в электронный образовательный ресурс дистанционного учебного курса «Теоретические основы информатики» для направления 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника» № 24967, дата регистрации 24.03.2022.

Работа соответствует пунктам 4 и 13 паспорта научной специальности 2.3.8. «Информатика и информационные процессы».

Несмотря на достаточный научный и практический уровень работы, имеются следующие **замечания**:

1. Недостаточно подробно проработаны вопросы применимости метода при изменениях в визуальной картине одной и той же местности в различные времена года и суток, устойчивости к различному виду помех.

2. Не раскрыты критерии завершения обучения нейронной сети.

3. Не в полной мере отражены перспективы дальнейшего развития предложенного метода.

Отмеченные **замечания** не снижают качество работы и **не оказывают** решающего влияния на её общую положительную оценку.

Выводы:

Выполненная Тарасовой В.Ю. диссертация является завершенной научно-квалификационной работой, в которой получены новые научные результаты и решена актуальная научная задача, заключающаяся в определении положения ЛА при отсутствии сигналов глобальных навигационных систем на основе совмещения разнородных изображений подстилающей поверхности для заданного района полёта.

По актуальности темы диссертации, степени обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в автореферате диссертации, их достоверности и новизне диссертация Тарасовой В.Ю.

удовлетворяет требованиям установленным «Положением о порядке присуждения ученых степеней» в редакции постановления Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 (ред. от 16.10.2024, п.9, абзац 2, п. 10, 11, 13, 14), а ее **автор** Тарасова Валентина Юрьевна **заслуживает** присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.8. «Информатика и информационные процессы».

Отзыв на автореферат диссертации рассмотрен и одобрен на заседании кафедры автоматики (и вычислительных средств) 21 мая 2026 года, протокол №17.

Отзыв составил:
Погребной Сергей Валерьевич,
кандидат технических наук, доцент
150001, г. Ярославль, Московский проспект, 28.
тел: +7(910)-975-3557, e-mail: svp1506@mail.ru

Доцент кафедры автоматики (и вычислительных средств)
Ярославского высшего военного училища противовоздушной обороны
имени Маршала Советского Союза Л.А. Говорова
кандидат технических наук, доцент
С.В. Погребной

21 мая 2026 года

Подпись Погребного С.В. заверяю:
Начальник отдела кадров
Ярославского высшего военного училища противовоздушной обороны
имени Маршала Советского Союза Л.А. Говорова
подполковник
А.В. Шмелев

21 мая 2026 года