



Ученому секретарю
Диссертационного совета
24.2.327.03
д.т.н., доценту Старкову А. В.

Волоколамское шоссе, д. 4, г. Москва, 125993
Отдел подготовки кадров высшей квалификации
МАИ

20.11.2025 № 848-0-СП/13827

На № _____

Отзыв ведущей организации

Уважаемый Александр Владимирович!

Направляем вам отзыв ведущей организации ПАО «Московский институт электромеханики и автоматики» на диссертацию Гиренко Дмитрия Сергеевича на тему «Повышение эффективности алгоритмов визуальной навигации за счет использования семантического описания сцен», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.3.1. – «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки)»

Приложение – Сведения о ведущей организации, оригинал на 6 листах, 2 экз.

Генеральный директор,
к. т. н., доцент



П.Е. Данилин



«УТВЕРЖДАЮ»

Генеральный директор

ЦАО «МИЭА»

к.т.н., доцент

П.Е. Данилин

» ноября 2025 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию

Гиренко Дмитрия Сергеевича

«Повышение эффективности алгоритмов визуальной навигации
за счет использования семантического описания сцен»,
представленной на соискание степени кандидата технических наук по
специальности 2.3.1 «Системный анализ, управление и обработка
информации, статистика (технические науки)»

Актуальность. Практически важной задачей является оценка собственных координат беспилотными летательными аппаратами (БЛА) методами визуальной навигации в случае отсутствия сигналов спутниковой навигации.

Создание алгоритмов и программ, обеспечивающих оценку координат БЛА на основе обработки изображений, связано с решением ряда сложных научно-технических задач. Основной проблемой являются большие объемы информации, формирующие изображения. Поэтому для обработки и анализа принимаемой видовой информации (последовательности изображений) в реальном времени требуется привлечение значительных вычислительных ресурсов. К факторам, затрудняющим обработку изображений, следует также отнести нестабильность освещенности наблюдаемой сцены, малую информативность изображений отдельных участков поверхности, влияние помех и т. д. Разработка технологий, позволяющих повысить вычислительную производительность систем визуальной навигации, является актуальной и практически значимой.

Целью работы является повышение эффективности алгоритмов визуальной навигации с точки зрения помехоустойчивости и

вычислительной производительности за счет использования семантических описаний наблюдаемых сцен.

Основные результаты, полученные в работе

1. Показано, что для повышения производительности и помехоустойчивости алгоритмов визуальной навигации необходимо перейти от растровых описаний к семантическим.
2. Разработана методика формирования семантических описаний наблюдаемых сцен на ЭИ и ТИ.
3. Разработан алгоритм поиска фрагмента ЭИ, идентичного принятому ТИ, на основе сравнения семантических описаний наблюдаемых сцен.
4. Предложен и разработан алгоритм выбора информативного маршрута полета для повышения точности определения координат БЛА.
5. Результаты исследований помехоустойчивости разработанного алгоритма показали, что алгоритм обеспечивает устойчивое формирование семантических описаний при воздействии гауссовских шумов с СКО, соответствующих $\beta \geq 5$, и изменении МО и СКО пикселей изображения в пределах $\pm 50\%$, а также при воздействии гамма-коррекции в пределах от $\gamma = 0,5$ до $\gamma = 1,5$.
6. Проведено сравнение вычислительной производительности разработанного алгоритма с корреляционным алгоритмом. Результаты показали, что предложенный алгоритм позволяет сократить объем требуемых вычислений в среднем более чем в 10 раз.
7. Представленные результаты модельных экспериментов подтвердили работоспособность предложенного алгоритма навигации по семантическому описанию сцен.

Содержание работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы.

Во введении обосновывается актуальность темы, цель работы, проводится анализ литературы, дается общая характеристика работы.

Первая глава диссертации посвящена рассмотрению алгоритмов обработки видовой информации и решению задачи оценки координат БЛА методами визуальной навигации. Определены основные требования, предъявляемые к решению задачи визуальной навигации. Рассмотрены проблемы реализации корреляционных алгоритмов визуальной навигации БЛА, к которым относятся изменяемые условия

наблюдения, искажающие принимаемые текущее изображение (ТИ) относительно эталонного изображения (ЭИ), и высокая трудоемкость вычислений, связанных с необходимостью обработки объемных растровых изображений.

Показано, что возможным направлением решения указанных проблем является применение нейросетевых технологий. Выделение обученными нейросетями классов объектов, присутствующих на наблюдаемых сценах, позволяет перейти от анализа растровых изображений к содержанию наблюдаемых сцен, описываемому семантическими описаниями. Для реализации процессов визуальной навигации с помощью семантических описаний необходимо разработать: методику формирования семантических описаний, алгоритмы поиска и идентификации фрагмента ЭИ, идентичного принятому ТИ, на основе использования их семантических описаний.

Вторая глава диссертации посвящена разработке методики формирования семантических описаний наблюдаемых сцен на ЭИ и ТИ.

Под семантическим описанием наблюдаемых сцен понимается перечисление классов присутствующих на изображении объектов, описание их атрибутов и пространственных отношений между ними в словесном или кодированном виде.

Формирования семантических описаний наблюдаемых сцен включает: определение классов объектов, выделяемых на наблюдаемых сценах, с помощью обученных нейросетей; формирование словарей признаков наблюдаемой сцены; семантическую сегментацию изображений, определяющая классы объектов, их количество и расположение на наблюдаемой сцене; выделение атрибутов объектов и отношений между объектами.

В третьей главе рассматриваются вопросы поиска фрагмента ЭИ, идентичного ТИ, на основе их семантических описаний. Оценка сходства семантических описаний производится по оценке сходства соответствующих признаков из рабочего словаря признаков.

Рассмотрены вопросы выбора метрики оценки сходства наблюдаемых сцен, в качестве которой используется парная критериальная функция Джекарда. Данная функция позволяет оценивать сходство наблюдаемых сцен не только по сравнению классов присутствующих объектов, но и по их атрибутам и отношениям.

На базе модифицированной функции Джекарда реализован иерархический алгоритм поиска. Идея предлагаемого алгоритма состоит в последовательном сокращении области поиска за счет использования рабочего словаря признаков, расширяемого на каждом цикле поиска. Поиск искомого фрагмента ЭИ продолжается, пока не будет достигнута требуемая точность сходства. Подобный подход позволяет подбирать словарь признаков в соответствии с наблюдаемой сценой и увеличивает вычислительную производительность алгоритма поиска.

В четвертой главе рассматривается возможность использования предложенных алгоритмов оценки координат БЛА. Приведены результаты моделирования работы предлагаемых подходов. Подтверждены работоспособность и эффективность методик и алгоритмов формирования семантического описания наблюдаемой сцены. Показано, что точность работы алгоритмов, использующих семантические описания ТИ и ЭИ, сопоставима с точностью корреляционных алгоритмов.

В заключении автор приводит основные выводы и результаты диссертационной работы.

Содержание автореферата соответствует содержанию диссертационной работы.

Научная новизна. Новыми научными результатами, полученными в работы, являются следующие:

1. Формализация и постановка задачи визуальной навигации по семантическому описанию сцены.
2. Методика формирования и кодирования семантических описаний наблюдаемых сцен, позволяющая впоследствии осуществлять идентификацию.
3. Алгоритм визуальной навигации на основе сравнения сходства семантических описаний изображений.
4. Иерархический алгоритм сопоставления сцен на основе анализа и сравнения семантических описаний.
5. Подход к повышению точности решения задачи визуальной навигации при полете над малоинформативной местностью за счет оценки информативности семантических описаний подстилающей поверхности.

6. Результаты проведенных экспериментов, показывающие эффективность в плане вычислительной производительности и помехоустойчивости предлагаемых алгоритмов по сравнению с корреляционно-экстремальными алгоритмами, основанными на обработке растровых изображений.

Достоверность результатов подтверждается корректным применением математического аппарата и их экспериментальной проверкой с использованием снимков полученных с летательных аппаратов и спутников.

Практическая значимость работы заключается в возможности использования предлагаемых методик и алгоритмов, позволяющих повысить вычислительную производительность и помехоустойчивость процессов визуальной навигации малых беспилотных летательных аппаратов.

Результаты получены автором лично и опубликованы в виде 13 работ, в том числе в 3 статьях в журналах из Перечня рецензируемых научных журналов ВАК. Имеется апробация на 8 международных конференциях. Результаты исследования также используются в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования России, номер темы FSFF-2024-0001.

Замечания. В качестве недостатков работы можно отметить следующие:

1. В работе не рассмотрены вопросы оценки координат БЛА на основе анализа семантических описаний видеопоследовательностей;

2. Проведенные исследования алгоритма поиска не позволяют сделать однозначный вывод о возможности использования предлагаемого метода при наличии малоинформативного навигационного поля;

3. Недостаточно проработаны вопросы оценки отношений между объектами.

Указанные недостатки не снижают общей ценности представленной работы.

Отзыв обсужден и одобрен на заседании научно-технического совета ПАО «МИЭА» (протокол №40 от 13.11.2025 г.).

Основные результаты диссертационной работы могут быть рекомендованы к расширенному применению в организациях,

разрабатывающих программно-математическое обеспечение для систем обработки изображений, обзорно-сравнительные методы навигации, навигационные системы БЛА.

Заключение. В целом диссертационная работа представляет собой законченное научное исследование на актуальную тему, выполненное на высоком научном уровне, содержит в себе решение сложной научно-технической задачи, решение прикладных задач, ряд обоснованных научных положений, выводов и рекомендаций, полностью соответствует требованиям ВАК России, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Автор работы Гиренко Дмитрий Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки)».

Главный научный сотрудник,
д.т.н., профессор



Н.А. Зайцева

Главный специалист,
к.т.н., доцент



В.Т. Стрелков

Данилин Павел Евгеньевич, научная специальность 05.07.09 - Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов.

E-mail p.danilin@aomiea.ru

Зайцева Наталия Александровна, научная специальность 05.13.01 - Системный анализ, управление и обработка информации (техническая), профессор по специальности 05.11.03 - Приборы навигации.

E-mail n.zaytceva@aomiea.ru

Стрелков Владимир Тихонович, научная специальность 05.13.01 - Системный анализ, управление и обработка информации (техническая).

E-mail v.strelkov@aomiea.ru

Публичное акционерное общество «Московский институт электромеханики и автоматики»

Адрес: 125167, Россия, г. Москва, пер. Авиационный, д. 5

Телефон +7 495 223-27-08

С ОТЗЫВОМ ОЗНАКОМЛЕН

24.11.2025

ГирДир