

Официального оппонента д.т.н., профессора Л.А. Демидовой
на диссертационную работу **Лопатиной Вероники Вячеславовны** на тему

**"Разработка алгоритмического аппарата
высокоточного определения положения объектов
относительно стационарной базы
методами компьютерного зрения"**

представленную на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальности

1.2.1 – Искусственный интеллект и машинное обучение

Актуальность темы обусловлена большим количеством исследований, посвящённых определению пространственных характеристик объекта по данным оптических наблюдений. Большинство технологий решают либо задачу получения и анализа объёмного изображения объекта, требующую применения дорогостоящих вычислительных комплексов, либо задачу получения информации о движении объекта на изображении в видеопотоке, где информация о дистанции до объекта отсутствует. Для современных автономных систем управления подвижными объектами, применяющимися в промышленности и на транспорте, необходимо недорогое и надежное техническое решение, реализуемое при существующем уровне техники, позволяющее определять положение объекта в трехмерном пространстве в режиме реального времени. Использование в совокупности методов компьютерного зрения и машинного обучения в составе комплекса для оптических измерений является именно таким решением.

Научная новизна заключается в оригинальном подходе к созданию программно-аппаратного комплекса на базе оптических измерителей для высокоточного определения положения объектов относительно стационарной базы, который позволяет в дополнение к поперечному смещению одновременно измерять продольное и вертикальное смещения объекта методами компьютерного зрения, что дает возможность осуществлять мониторинг перемещения крупногабаритного объекта в трёхмерном пространстве. Разработан новый метод определения движения в кадре и идентификации крупногабаритного площадного объекта, применимый в условиях автономной работы оптических измерителей в режиме реального времени. Разработаны новые методы выбора объектов отслеживания, отслеживания крупногабаритного площадного объекта по его наблюдаемому фрагменту. Предложена методика мониторинга движения крупногаба-

ритного площадного объекта, позволяющая осуществлять мониторинг крупногабаритных площадных объектов с учётом характера их движения.

Достоверность и обоснованность результатов подтверждена корректно примененным математическим аппаратом, лежащим в основе разработанных методов, экспериментальной проверкой результатов предлагаемых методов на тестовых выборках данных из публичных репозиториях данных и тестовых выборках данных, сформированных автором работы, результатами стендовых и натурных испытаний действующих макетов оптических измерителей, входящих в состав макета программно-аппаратного комплекса высокоточного определения положения объектов относительно стационарной базы.

Основные положения диссертации обсуждались на международных научных конференциях. Содержание диссертационной работы изложено в 5 работах, опубликованных в изданиях ВАК, в 5 работах, опубликованных в журналах, индексируемых Scopus, а также в публикациях в других рецензируемых научных журналах.

Теоретическая значимость. Полученные новые методы компьютерного зрения и машинного обучения, позволяют выполнять сегментацию изображений, обнаружение объектов, сопровождение объектов, восстановление и дополнение изображений, обнаружение движения. Разработанный метод определения движения в кадре и идентификации крупногабаритного площадного объекта, в отличие от известных методов, позволяет определять области изображения с постоянным движением и исключать случайно попавшие в кадр подвижные объекты. Разработанный метод выбора объектов отслеживания позволяет повысить качество отслеживания объектов частотными методами за счёт определения характеристик объектов (участков изображения), которые прослеживаются в амплитудно-частотном спектре. Разработанный метод отслеживания крупногабаритного площадного объекта по его наблюдаемому фрагменту, в отличие от аналогов, применительно к задаче отслеживания крупногабаритного площадного объекта по его наблюдаемому фрагменту, устойчив к частичному перекрытию объекта (сохраняет качество отслеживания), выходу объекта за границы изображения, повороту и изменению масштаба объекта.

Практическая ценность: отдельные методы, представленные в работе, могут иметь широкое применение в различных отраслях для задач мониторинга положения объектов сложной формы методами компьютерного зрения. Результаты работы могут быть использованы: в транспортной отрасли, в процессе мониторинга и анализа окружающей обстановки с борта судна, отслеживания ори-

ентации судна относительно причала во время швартовки и стоянки (водный транспорт), при позиционировании железнодорожных цистерн на сливно-наливной эстакаде, при позиционировании железнодорожного вагона для взвешивания на весах с расцепкой и без расцепки железнодорожного состава (железнодорожный транспорт), при позиционировании корпусов воздушных судов на местах стоянки в ангарах, при стыковке с телескопическим трапом (воздушный транспорт), при позиционировании грузового автомобиля относительно пакгауза в процессе загрузки и выгрузки груза (автодорожный транспорт). Результаты работы внедрены и используются в технических решениях ООО «СМАРТТЕХНОЛОГИЯ».

Диссертационная работа состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка литературы и приложения.

Введение содержит обоснование актуальности темы исследования, научной новизны и практической значимости результатов, полученных в работе, выносимые на защиту научные положения, обзор актуальных исследований по теме работы.

В первой главе представлена структура измерительного комплекса, построенного на базе оптических измерителей. Приведены требования к характеристикам компонентов измерителей: лазерных дальномеров, камер компьютерного зрения и компьютера. Описаны порядок взаимодействия камеры и лазерного дальномера, порядок использования измерительного комплекса и режим его работы. Приведены особенности юстировки элементов измерительного комплекса, условия эксплуатации и примеры возможного использования измерительного комплекса в транспортной отрасли для решения задач эксплуатации водного, железнодорожного, воздушного и автодорожного транспорта в автономном режиме.

Во второй главе представлен метод определения движения в кадре и идентификации крупногабаритного площадного объекта, позволяющий определять области изображения с постоянным движением и исключать случайно попавшие в кадр подвижные объекты, что делает его применимым в условиях автономной работы оптических измерителей в режиме реального времени. Кроме того, в этой главе представлен метод выбора объектов отслеживания, позволяющий повысить качество отслеживания объектов частотными методами за счёт определения характеристик объектов, которые прослеживаются в амплитудно-частотном спектре.

В третьей главе представлен метод отслеживания крупногабаритного площадного объекта по его наблюдаемому фрагменту, отличающийся устойчивостью к частичному перекрытию объекта, выходу объекта за границы изображения, повороту и изменению масштаба объекта. Кроме того, в этой главе приведены результаты сравнительного анализа авторских методов отслеживания объектов с уже известными.

В четвёртой главе представлена методика мониторинга движения крупногабаритного площадного объекта, позволяющая осуществлять мониторинг крупногабаритных площадных объектов с учётом характера их движения. При этом в методике определены порядок фильтрации данных для задачи мониторинга движения крупногабаритного площадного объекта, физическая модель измеряемого крупногабаритного площадного объекта, метод расчёта ошибки измерений, порядок классификации движения объектов в кадре методом машинного обучения в соответствии с заданными классами движения. Кроме того, в этой главе приведены результаты сравнительного анализа авторского и известных методов определения продольного и вертикального смещения.

В заключении представлены основные результаты работы.

В приложениях А и Б представлены методики соответственно стендовых и натурных испытаний измерительного комплекса на базе оптических измерителей, включающие общие положения, требования к условиям, обеспечению и проведению испытаний, описание определяемых показателей и методов испытаний.

Замечания:

1. Главу 1 целесообразно было бы дополнить информацией о предельно допустимой скорости движения объекта, при которой предложенная конфигурация оборудования способна корректно отслеживать его перемещение.
2. Главу 2 целесообразно было бы дополнить оценкой границ неопределённости в условиях съёмки.
3. Главу 3 целесообразно было бы дополнить результатами анализа изображений объектов отслеживания в инфракрасном спектральном диапазоне для оценки возможности его применения с целью отслеживания объектов в ночное время.
4. В главе 4 стоило бы уточнить, какие именно характеристики рабочей среды измерителей должны быть учтены при мониторинге движения

для различных видов транспорта или в случае применения в промышленности.

5. Целесообразно было бы дополнить положения, выносимые защиту, числовыми оценками (например, в процентах), подтверждающими превосходство предлагаемых методов и методики над уже известными аналогами.
6. Целесообразно было бы привести в диссертационной работе результаты исследований по выбору оптимальных значений различных параметров, например, в табличном виде.
7. Наличие некоторых грамматических и стилистических ошибок, а также использования некоторых переменных в разных смыслах, что ухудшает восприятие материалов диссертационной работы.

Общее заключение: Диссертационная работа Лопатиной В.В. является законченным научно-квалификационным исследованием, содержащим решение актуальных задач, объединённых общим подходом. Приведенные замечания не снижают общую положительную оценку выполненной автором работы. Структура и содержание диссертационной работы соответствуют целям и задачам исследования. Основные результаты изложены в 11 публикациях.

Диссертационная работа Лопатиной В. В. «Разработка алгоритмического аппарата высокоточного определения положения объектов относительно стационарной базы методами компьютерного зрения» соответствует пп. 9-14 «Положения о присуждении учёных степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.2.1 «Искусственный интеллект и машинное обучение», а её автор, Лопатина В.В., заслуживает присуждения ей учёной степени кандидата технических наук по данной специальности.

Официальный оппонент

доктор технических наук,

профессор ФГБОУ ВО «МИРЭА — Российский

технологический университет»

Адрес: 119454, г. Москва, проспект Вернадского, 78

07.04.2025 г.

Подпись руки

УДОСТОВЕРЯЮЩАЯ

Начальник Управления кадров



/ Л.А. Демидова