

УТВЕРЖДАЮ

И.о. проректора по научной работе и инновациям

Игорь Борисович Немченко



И.Б. Немченко

23.04.2025 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Университет «Дубна»
на диссертационную работу **Лопатиной Вероники Вячеславовны**
«Разработка алгоритмического аппарата высокоточного определения
положения объектов относительно стационарной базы методами
компьютерного зрения», представленную на соискание учёной степени
кандидата технических наук по специальности
1.2.1 – Искусственный интеллект и машинное обучение

Актуальность темы диссертации

Актуальность темы обеспечения автономного функционирования транспортных и промышленных технических комплексов обусловлена ее растущей популярностью среди коммерческих компаний и государств, стремящихся к повышению эффективности как конкурентному преимуществу. Автономные технические системы позволяют не только снизить затраты на ручной труд, уменьшить аварийность за счет исключения человеческого фактора, но и повысить безопасность, исключив человека из опасных транспортных и промышленных зон. С увеличением объемов производства и мировой торговли повышается интенсивность перемещения крупногабаритных объектов и транспортных средств, в том числе в ограниченных наземных, воздушных и водных пространствах, что создает опасность для человека, окружающей среды и целостности грузов и технической инфраструктуры. Методы и технологии, основанные на машинном обучении и компьютерном зрении, способны в реальном времени с высокой точностью определять положение объектов в пространстве. Эти решения обеспечивают высокую скорость, безопасность и точность выполнения операций с крупногабаритными объектами, что особенно важно для автономных технических систем и комплексов.

Использование таких методов в транспортной отрасли, например в системах автономной швартовки, позволяет существенно повысить пропускную способность транспортных узлов и портов, обеспечивая при этом

необходимый уровень безопасности. Использование способов высокоточного позиционирования в промышленности, позволяет повысить качество и производительность производственных и ремонтных комплексов, сохраняя при этом безопасность для человека.

Диссертационное исследование Лопатиной В. В. посвящено разработке методов высокоточного позиционирования объектов относительно стационарной базы с применением технологий машинного обучения и компьютерного зрения. В результате данной работы разработано техническое решение, которое является ключевым элементом комплекса для автономной швартовки крупнотоннажных морских судов.

Структура и содержание диссертации

Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка литературы и приложения. **Во введении** обоснованы актуальность темы исследования, научная новизна и практическая значимость результатов, полученных в работе, представлены выносимые на защиту научные положения, приведен обзор актуальных исследований в области. **В первой главе** представлена структура измерительного комплекса, построенного на базе оптических измерителей и являющегося средой исполнения разработанных алгоритмов. Приведены требования к характеристикам компонентов измерителей: лазерных дальномеров, камер компьютерного зрения и компьютера. Также описаны порядок взаимодействия камеры и лазерного дальномера, порядок использования и штатный режим работы, особенности юстировки элементов измерительного комплекса, условия эксплуатации и примеры возможного использования измерительного комплекса в морской, железнодорожной, воздушной и автодорожной транспортной отрасли. **Во второй главе** представлен метод определения движения в кадре и идентификации крупногабаритного площадного объекта, а также метод выбора объектов отслеживания. **В третьей главе** представлен метод отслеживания крупногабаритного площадного объекта по его наблюдаемому фрагменту, а также приведён сравнительный анализ методов отслеживания объектов. **В четвёртой главе** представлена методика мониторинга движения крупногабаритного площадного объекта, приведены результаты сравнения методов определения продольного и вертикального смещения. **В заключении** представлены основные результаты работы. **В приложении А** представлена методика стендовых испытаний измерительного комплекса на базе оптических измерителей. В методике содержатся общие положения, требования к условиям, обеспечению и проведению испытаний, определяемые показатели и методы испытаний. **В приложении Б** представлена методика натурных испытаний измерительного комплекса на базе оптических измерителей. В методике содержатся общие положения, требования к условиям, обеспечению и проведению испытаний, определяемые показатели и методы испытаний.

Основные результаты диссертации и их научная новизна

1) Представлена структура программно-аппаратного комплекса на основе оптических измерителей для высокоточного определения пространственного положения объектов относительно стационарной базы. В отличие от существующих решений, использующих лазерные дальномеры для измерения только поперечного смещения объектов, разработанный комплекс предоставляет возможность одновременного определения продольного и вертикального смещений с применением методов компьютерного зрения. Это позволяет осуществлять мониторинг перемещения крупногабаритных объектов в трёхмерном пространстве.

2) Разработаны новые методы компьютерного зрения и машинного обучения, формирующие алгоритмическую основу оптических измерителей. Эти методы воспроизводят некоторые функции зрительной системы человека, включая сегментацию изображений, обнаружение и сопровождение объектов, восстановление и дополнение изображений, а также обнаружение движения.

3) Предложен метод определения движения в кадре и идентификации крупногабаритных площадных объектов. В отличие от существующих, данный метод позволяет идентифицировать области изображения с постоянным движением и исключать случайно попавшие подвижные объекты, что обеспечивает его применимость в условиях автономной работы оптических измерителей в реальном времени.

4) Разработан новый метод выбора объектов для отслеживания, который за счёт определения участков изображения, прослеживаемых в амплитудно-частотном спектре, повышает качество отслеживания объектов частотными методами.

5) Представлен метод отслеживания крупногабаритных площадных объектов по их наблюдаемым фрагментам. В отличие от существующих аналогов, данный метод устойчив к частичному перекрытию объекта, выходу объекта за границы изображения, повороту и изменению масштаба, что обеспечивает сохранение качества отслеживания.

6) Разработана оригинальная методика мониторинга движения крупногабаритных площадных объектов, учитывающая характер их движения. В рамках методики определены порядок фильтрации данных для задачи мониторинга, физическая модель измеряемого объекта, метод расчёта ошибки измерений и порядок классификации движения объектов в кадре методом машинного обучения в соответствии с заданными классами движения.

Соответствие паспорту научной специальности

Область исследования и содержание диссертации соответствуют паспорту специальности 1.2.1 «Искусственный интеллект и машинное обучение» по следующим направлениям:

Пункт 4: Разработка методов, алгоритмов и создание систем искусственного интеллекта и машинного обучения для обработки и анализа

текстов на естественном языке, для изображений, речи, биомедицины и других специальных видов данных.

Пункт 6: Формализация и постановка задач управления и (поддержки) принятия решений на основе систем искусственного интеллекта и машинного обучения. Разработка систем управления с использованием систем искусственного интеллекта и методов машинного обучения в том числе – управления роботами, автомобилями, БПЛА и т.п.

Пункт 7: Разработка специализированного математического, алгоритмического и программного обеспечения систем искусственного интеллекта и машинного обучения. Методы и средства взаимодействия систем искусственного интеллекта с другими системами и человеком-оператором.

Достоверность полученных результатов

Достоверность результатов диссертационного исследования подтверждается тестированием предлагаемых методов на авторских и публичных датасетах, а также экспериментальной проверкой при проведении стендовых и натурных испытаний действующих макетов оптических измерителей, которые входят в состав макета программно-аппаратного комплекса для высокоточного определения положения объектов относительно стационарной базы. Результаты этих испытаний представлены научному сообществу публикациями в рецензируемых журналах и докладами на профильных конференциях по ИИ и машинному обучению.

Значимость полученных результатов

Результаты, полученные в диссертации Лопатиной В. В. имеют научную и практическую значимость.

Теоретическая значимость состоит в разработке новых методов компьютерного зрения и машинного обучения, обеспечивающих автономную работу оптических измерительных систем в режиме реального времени.

Практическая значимость результатов исследований состоит в преимуществах, которые могут быть получены при их внедрении, а именно: повышение точности измерений, уменьшение зависимости от человеческого фактора, возможность работы в сложных условиях.

Разработанные методы внедрены в производственные решения ООО "СМАРТТЕХНОЛОГИЯ", что подтверждает их успешную апробацию на реальных данных.

Рекомендации по использованию результатов

Результаты работы могут быть использованы:

- при создании автономных систем, в том числе, когда система анализирует окружающую обстановку, принимает решение и выполняет действие без контроля человека или с его минимальным участием;

- в промышленности, когда необходимо с высокой точностью позиционировать крупногабаритный объект;
- в транспортной отрасли, в процессе мониторинга и анализа окружающей обстановки с борта судна (морской и речной транспорт), при позиционировании железнодорожных цистерн на сливо-наливной эстакаде (железнодорожный транспорт), при позиционировании корпусов воздушных судов на местах стоянки в ангарах (воздушный транспорт), при позиционировании грузового автомобиля относительно пакгауза в процессе загрузки и выгрузки (автодорожный транспорт).

Результаты работы могут быть использованы при создании контуров оптической обратной связи автоматических систем управления процессами в различных отраслях, в системах автономного управления движением для оперативного получения и анализа информации о текущей обстановке. Например, в автономных транспортных системах для определения положения транспортного средства в пространстве, наличия других транспортных средств или крупногабаритных объектов поблизости. Отдельные методы, представленные в работе, могут иметь широкое применение в различных отраслях для задач мониторинга положения объектов сложной формы методами компьютерного зрения.

Замечания

1. Во введении в разделе проработанности темы приведена история развития подходов к решаемой проблеме, приведены недостатки существующих подходов, но не проведено сопоставление преимуществ каждого подхода.
2. Представленное в главе 1 конструктивное описание измерительного комплекса было бы полезно дополнить предложениями по реализации коммуникационного протокола прикладного уровня.
3. В главе 2 в иллюстративном примере для метода идентификации крупногабаритного объекта было бы полезно привести примеры руководящих документов, определяющих предельные численные значения дистанции до идентифицируемых объектов.
4. В главе 3 в сравнительном анализе результатов работы программных реализаций методов отслеживания объектов не рассматривается фактическое потребление памяти при работе каждого из рассматриваемых алгоритмов.

Заключительная оценка

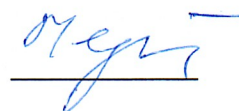
Отмеченные недостатки не оказывают влияния на положительную оценку диссертационной работы в целом. Результаты диссертации изложены в пяти публикациях в изданиях, рекомендованных ВАК. Пять публикаций проиндексированы в международной наукометрической базе Scopus. Кроме того, результаты работы были представлены на российских национальных и международных конференциях. Опубликованные работы достаточно полно

отражают содержание диссертации. В диссертации приведены все необходимые ссылки на цитируемые источники.

Диссертационная работа Лопатиной В. В. «Разработка алгоритмического аппарата высокоточного определения положения объектов относительно стационарной базы методами компьютерного зрения» является научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения и разработки, обеспечивающие автономную работу оптических измерительных систем в режиме реального времени, что имеет существенное значение для развития страны в транспортной отрасли и промышленности с помощью разработки и внедрения автоматических систем управления процессами и систем автономного управления движением сложных крупногабаритных объектов. Диссертация соответствует требованиям пп. 9-14 Положения о присуждении учёных степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а её автор, Лопатина Вероника Вячеславовна заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.2.1 «Искусственный интеллект и машинное обучение».

Диссертационная работа, автореферат и отзыв на работу рассмотрены на совместном заседании кафедры САУ и научно-исследовательского центра искусственного интеллекта, протокол № 11 от 18.04.2025 г.

Зав. кафедрой
системного анализа и управления
доктор технических наук, профессор



Е. Н. Черемисина

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Университет «Дубна»

Сайт: <https://www.uni-dubna.ru/>

Почтовый адрес: 141982, Россия, Московская обл., г. Дубна,
ул. Университетская, д. 19