



Государственный научный центр Российской Федерации
Федеральное автономное учреждение

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ
(ФАУ «ГосНИИАС»)**

Юридический адрес: Викторенко ул., д.7, корп.2, г. Москва, 125319
Для почтовых отправлений: 125319, г. Москва, а/я 55
Тел.: (499) 157-70-47, факс: (499) 943-86-05, e-mail: info@gosniias.ru;
<http://www.gosniias.ru>

ОКПО: 51610303, ОГРН: 1227700109295, ИНН/КПП: 7714482225/771401001

26.09.2025 № 3000/7147

На № _____ от _____

О направлении отзыва
ведущей организации

Председателю диссертационного
совета 99.2.107.02, на базе
ФГАОУ ВО ЮФУ и
ФГБОУ ВПО ЮРГПУ (НПИ)

д.т.н., доценту
Г.Е. Веселову

Чехова ул., д.2,
г. Таганрог, 347922

Уважаемый Геннадий Евгеньевич!

Направляю Вам отзыв на диссертацию Ковалева Владислава Владимировича «Метод и алгоритмы распознавания малоразмерных изображений подвижных объектов на устройствах с ограниченным вычислительным ресурсом», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.2.1. Искусственный интеллект и машинное обучение (технические науки).

Приложение:

1. Отзыв на диссертацию на 7 л в 2 экз.

Генеральный директор

С.В. Хохлов

УТВЕРЖДАЮ



Генеральный директор
ФГУП «ВНИИ СИ»

 С.В. Хохлов

 2025 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию **Ковалева Владислава Владимировича** «Метод и алгоритмы распознавания малоразмерных изображений подвижных объектов на устройствах с ограниченным вычислительным ресурсом», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.2.1. Искусственный интеллект и машинное обучение (технические науки)

1. Актуальность темы исследования

В настоящее время в мире активно развиваются системы обнаружения и распознавания объектов на изображениях, находящие широкое практическое применение в целом спектре приложений – от систем видеоаналитики и видеонаблюдения до беспилотных автомобилей. Одной из сложных задач при проектировании подобных систем является распознавание малоразмерных изображений объектов на устройствах с ограниченным вычислительным ресурсом. К разрабатываемым системам цифровой обработки изображений предъявляются высокие требования сразу по нескольким параметрам: скорости обработки данных, потребляемой мощности вычислительного устройства, а также качеству обнаружения и распознавания объектов. В связи с этим тема диссертационной работы Ковалева В. В., посвященной разработке метода и алгоритмов распознавания малоразмерных изображений подвижных объектов на устройствах с ограниченным вычислительным ресурсом, позволяющих улучшить характеристики распознающей системы, является **актуальной**.

2. Достоверность и научная новизна результатов работы

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, полученных автором, обусловлена корректным применением методов машинного обучения и подтверждается результатами численных экспериментов

на основе синтетических данных, приближенных к реальным. Она также подтверждается как апробацией основных положений диссертационной работы на конференциях всероссийского и международного уровня, так и практическим внедрением результатов работы.

Научная новизна диссертационной работы определяется тем, что в ней получены следующие новые научные результаты:

1. Разработан метод расширения признакового пространства, повышающий информативность системы признаков, что позволило снизить частоту ошибок распознавания малоразмерных изображений объектов.

2. Разработан алгоритм предварительной обработки изображений, который учитывает больше признаков движения, что позволило повысить вероятность распознавания малоразмерных изображений.

3. Разработан алгоритм формирования условно-реальных данных, отличающийся возможностью генерировать аннотированные разномодальные изображения, позволяющий заменить ручной процесс разметки данных автоматическим.

4. Разработан алгоритм предварительной обработки изображений с целью комплексирования признаков движения на нейרוускорителе, что позволило сократить время выполнения алгоритма.

5. Создана интеллектуальная система распознавания малоразмерных изображений целевых объектов, которая обеспечивает требуемые характеристики в качестве распознавания, скорости обработки данных и допустимой потребляемой мощности вычислительного устройства.

3. Наиболее существенные результаты исследований и ценность для практического использования полученных соискателем результатов

Наиболее существенными и значимыми для науки и практики являются следующие результаты, полученные в диссертации:

1. Метод расширения исходного признакового пространства, который позволяет повысить информативность системы признаков за счёт добавления признаков движения.
2. Алгоритм предварительной обработки изображений с целью комплексирования признаков движения на центральном процессоре, который позволяет повысить качество распознавания малоразмерных изображений свёрточными нейронными сетями.
3. Алгоритм формирования условно-реальных данных, который позволяет генерировать в автоматическом режиме аннотированные разномодальные изображения.
4. Алгоритм предварительной обработки изображений с целью

комплексирования признаков движения на нейроускорителе, который позволяет повысить скорость обработки данных.

5. Алгоритм построения интеллектуальной системы распознавания малоразмерных изображений объектов на устройствах с ограниченным вычислительным ресурсом, которая удовлетворяет требуемым характеристикам.

Практическая ценность диссертационной работы заключается в создании программных средств алгоритмического обеспечения предварительной обработки изображений на центральном процессоре и нейроускорителе, а также формирования условно-реальных данных разномодальных изображений. Применение разработанных программных средств позволяет снизить стоимость разработки и улучшение качества работы распознающей системы.

4. Соответствие требованиям по выполнению, оформлению и апробации диссертационной работы

Представленная диссертационная работа изложена на 162 страницах, содержит введение, четыре раздела, заключение, список сокращений и условных обозначений, 17 таблиц, 55 рисунков, список литературы из 139 наименований и 3 приложения.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации и степень ее разработанности, определены объект и предмет, цель и задачи, методология и методы исследования, описаны научная новизна, теоретическая и практическая значимость, приведены положения, выносимые на защиту. Представлены сведения об апробации результатов, внедрении, публикациях автора, а также объеме и структуре работы.

В первой главе диссертационной работы описываются проблемы построения интеллектуальной системы распознавания малоразмерных изображений объектов. К числу таких проблем относится: неинформативная система признаков, из чего вытекает неудовлетворительное качество распознавания, высокая стоимость разработки процедуры распознавания малоразмерных изображений, неприемлемая временная задержка обработки данных и сложность построения распознающей системы, удовлетворяющей необходимым характеристикам в скорости обработки данных, качестве распознавания и потребляемой мощности вычислительного устройства.

Во второй главе представлены предлагаемые решения первых трех проблем. Предложен метод расширения признакового пространства, повышающий информативность системы признаков за счет комплексирования признаков движения для различных моментов времени. Для решения проблемы

неудовлетворительного качества распознавания малоразмерных изображений сверточными нейронными сетями предложен алгоритм предварительной обработки изображений с целью комплексирования признаков движения, который формирует комплексированное изображение с большим количеством различительных признаков. Для снижения стоимости разработки распознающей системы разработан алгоритм автоматического формирования условно-реальных аннотированных разномодальных изображений, что позволяет уменьшить стоимость разметки изображений, а также количество ошибок в аннотациях, свойственных ручной разметке.

В третьей главе предложено решение проблемы высокой временной задержки алгоритма предварительной обработки изображений на устройствах с ограниченным вычислительным ресурсом, которое позволяет объединить алгоритм предварительной обработки изображений с экстрактором признаков сверточной нейронной сети и перенести обработку на вычислительные мощности нейронного ускорителя. Также разработан алгоритм построения интеллектуальной системы распознавания малоразмерных изображений объектов, на основе которого можно создать систему, удовлетворяющую требуемому качеству распознавания, скорости обработки данных и допустимой потребляемой мощности вычислительного устройства.

В четвертой главе описаны проведенные вычислительные эксперименты, результаты которых подтверждают эффективность предложенных метода и алгоритмов. Также описана разработанная интеллектуальная система распознавания малоразмерных изображений объектов, которая обеспечивает требуемые характеристики в качестве распознавания, скорости обработки данных и не превышает допустимую потребляемую мощность вычислительного устройства.

В заключении представлены основные результаты работы, приводятся итоговые выводы и рекомендации.

В приложениях приведены листинги программ, результаты вычислительного эксперимента, акты о внедрении результатов работы.

Основные результаты работы отражены в 13 публикациях, среди них – 6 статей в журналах, рекомендованных ВАК РФ, 7 статей в источниках, индексируемых в РИНЦ. Основные положения диссертационного исследования докладывались и обсуждались на 3 всероссийских научных конференциях и международном научно-техническом конгрессе. Имеется 2 акта о внедрении основных результатов диссертационной работы.

Содержание диссертации представлено в последовательной, хорошо структурированной форме. Стиль изложения, в целом, ясный. Диссертация оформлена в соответствии с требованиями ВАК. Автореферат в полной мере

отражает содержание диссертации.

5. Рекомендации по использованию результатов диссертационной работы

Теоретические и практические результаты диссертации Ковалева В. В. целесообразно использовать в научных и проектных организациях, деятельность которых связана с разработкой встраиваемых бортовых систем технического зрения для летательных аппаратов, наземных роботизированных систем, систем беспилотного транспорта: АО «НКБ ВС», ЗАО «МНИТИ», ФАУ «ГосНИИАС», ООО «СТЦ», АО «КТ-Беспилотные Системы» и других.

6. Замечания и недостатки

По содержанию работы имеются следующие замечания.

1. В работе исследуются свойства предложенного алгоритма на основе добавленных разностных каналов, однако не рассматривается сравнение данного подхода с другими возможными схемами комплексирования информации от различных кадров видеопоследовательности в задачах обнаружения объектов. Между тем, начиная с 2016-17 гг., в мире было предложено большое количество различных схем такого комплексирования – как на ранних, так и на поздних этапах обработки информации. Обзор этих методов можно найти, например, в таких работах как *Yuheng Shi et. al, Practical Video Object Detection via Feature Selection and Aggregation*, arXiv:2407.19650v1 [cs.CV] 29 Jul 2024; *Guanxiong Sun et. al, Efficient One-stage Video Object Detection by Exploiting Temporal Consistency*, arXiv:2402.09241v1 [cs.CV] 14 Feb 2024; *Yitong Quan et. al, Lightweight Multi-Frame Integration for Robust YOLO Object Detection in Videos*, arXiv:2506.20550v1 [cs.CV] 25 Jun 2025. Желательно было бы такое сравнение провести – как в теоретическом, так и в экспериментальном плане. Это позволило бы более точно определить место предложенного алгоритма в ряду других известных подходов.

2. Использование предложенного алгоритма предварительной обработки возможно только для статичного положения камеры и идеальной работы всего видеотракта, что ограничивает применимость данного метода в ситуациях с подвижной камерой, а также в случае влияния таких факторов как тряска (вибрация) камеры, пропуск кадров видеопоследовательности или наличие артефактов, связанных с помехами в каналах передачи данных. Для решения этих проблем могут использоваться различные алгоритмы стабилизации и фильтрации изображений, однако влияние точности работы таких алгоритмов на качество работы предложенного метода в работе не исследовано.

3. В вычислительных экспериментах используются версии нейросетевых детекторов объектов типа YOLO, предложенные несколько лет назад. В настоящее время существуют более современные архитектуры того же

семейства, такие как YOLOv8, YOLOv11 и YOLOv12 (версия YOLOv13 появилась совсем недавно, и ее пока можно не рассматривать). Желательно было провести исследование предложенного подхода также и для этих более современных детекторов.

4. В работе не приводится сравнение оценок времени выполнения и качества распознавания для случаев обработки обычных одноканальных и предложенных трехканальных изображений. Желательно было бы результаты такого сравнения привести.

Указанные замечания не снижают общей положительной оценки работы.

7. Выводы

Диссертационная работа Ковалева Владислава Владимировича на тему «Метод и алгоритмы распознавания малоразмерных изображений подвижных объектов на устройствах с ограниченным вычислительным ресурсом», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.2.1. Искусственный интеллект и машинное обучение, является самостоятельной завершенной научно-квалификационной работой, обладающей научной новизной и имеющей теоретическую и практическую значимость. Новые научные результаты, полученные в диссертации, важны, в частности, для развития области «Технологии создания высокоскоростных транспортных средств и интеллектуальных систем управления новыми видами транспорта» из Перечня критических технологий Российской Федерации. Основные положения диссертации представлены в рецензируемых научных изданиях из Перечня ВАК, а также апробированы на всероссийских научных конференциях и международном научно-техническом конгрессе. Диссертационная работа соответствует пунктам 4 и 14 паспорта научной специальности 1.2.1. Искусственный интеллект и машинное обучение.

Несмотря на отмеченные замечания, работа Ковалева В. В. по своей актуальности, научной новизне, объему выполненных исследований и практической значимости полученных результатов полностью соответствует требованиям пп. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 "О порядке присуждения ученых степеней" (с изменениями и дополнениями) в редакции от 16 октября 2024 г., предъявляемым ВАК РФ к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор, Ковалев Владислав Владимирович, достоин присуждения ему ученой степени кандидата

технических наук по специальности 1.2.1. Искусственный интеллект и машинное обучение.

Отзыв обсуждён и одобрен на заседании секции научно-технического совета подразделения 3000 ФАУ «ГосНИИАС» протокол №7 от 17.09.2025 г.

Начальник подразделения 3000
ФАУ «ГосНИИАС»,
д.ф.-м.н., профессор РАН



Визильтер Юрий Валентинович

Начальник лаборатории 3030
ФАУ «ГосНИИАС», к.ф.-м.н.



Горбачев Вадим Александрович

Почтовый адрес: 125319, г. Москва, ул. Викторенко, 7, к.2

Телефон: +7 (499) 157-70-47,

Адрес электронной почты: info@gosniias.ru

Организация: Федеральное автономное учреждение «Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем», подразделение Системы технического зрения

Web-сайт организации: <https://gosniias.ru/>