ОТЗЫВ

официального оппонента, кандидата технических наук,
доцента кафедры информационных технологий в экономике и управлении филиала ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет (Московский энергетический институт)» в г. Смоленске, **Пучкова Андрея Юрьевича** на диссертационную работу 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).

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ ДИССЕРТАЦИИ. Создание интеллектуальной системы распознавания малоразмерных изображений подвижных объектов на устройствах с ограниченным вычислительным ресурсом, обеспечивающей необходимое качество распознавания, скорость обработки данных и потребляемую мощность вычислительного устройства представляет собой важную научную-техническую задачу, потому что имеет существенное значение для развития области «Технологии создания высокоскоростных транспортных средств и интеллектуальных систем управления новыми видами транспорта» из Перечня критических технологий Российской Федерации и разработок в сфере искусственного интеллекта и машинного обучения.

В диссертации задача состоит в разработке интеллектуальной системы распознавания малоразмерных изображений объектов на устройствах с ограниченным вычислительным ресурсом посредством минимизации объёма требуемой памяти, вычислительной сложности, габаритов, стоимости оборудования распознающей системы. Автор решает ряд выявленных проблем, связанных неудовлетворительным качеством распознавания, высокой стоимостью разработки процедуры распознавания, большой временной задержкой обработки данных и сложностью выбора необходимого вычислительного устройства.

Целью диссертационной работы является повышение качества распознавания малоразмерных изображений объектов сверточными нейронными сетями на устройствах с ограниченным вычислительным ресурсом, за счет расширения исходного признакового пространства новыми независимыми признаками движения. При этом для расширения признакового пространства используются характеристики движения для различных

моментов времени. Указанные аспекты делают тему диссертационной работы актуальной.

СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ДИССЕРТАЦИИ. Диссертационная работа выполнена в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Южный федеральный университет». Рецензируемая работа состоит из введения, четырех тематических глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы, включающего 139 наименований, 3 приложения и изложена на 162 страницах.

ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ДИССЕРТАЦИИ. Диссертационная работа направлена на разработку интеллектуальной системы распознавания малоразмерных изображений объектов на устройствах с ограниченным вычислительным ресурсом. Автор корректно выполнил анализ, постановку и декомпозицию задачи исследования, последовательно излагая результаты по каждой задаче.

Полученные научные результаты соответствуют п. 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.», п. 14 «Методы и средства формирования массивов условно-реальных данных и прецедентов, необходимых для решения задач искусственного интеллекта и машинного обучения.» необходимых для решения задач искусственного интеллекта и машинного обучения.

Диссертация оформлена в соответствии с требованиями национального стандарта Российской Федерации ГОСТ Р 7.0.11-2011 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Диссертация и автореферат диссертация. Структура и правила оформления» (утв. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 13 декабря 2011 г. № 811-ст).

Положения, выносимые на защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора диссертации в развитие научного направления, определяемого рамками научной специальности «Искусственный интеллект и машинное обучение».

Также основные материалы изложены в 13 работах, 6 из которых опубликованы в журналах, рекомендованных ВАК РФ, 7 статей в источниках, индексированных в РИНЦ.

СООТВЕТСТВИЕ АВТОРЕФЕРАТА ОСНОВНОМУ СОДЕРЖАНИЮ ДИССЕРТАЦИИ. Содержание автореферата диссертационной работы Ковалева Владислава Владимировича соответствует всем требованиям, предъявляемым ВАК при Минобрнауки РФ, и в полной

мере отражает основное содержание диссертации, ее ключевые положения и выводы.

НАУЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ. Полученные в рамках диссертационного исследования результаты отличаются высокой степенью оригинальности:

1. Разработан метод расширения признакового пространства, повышающий информативность системы признаков, что позволило снизить частоту ошибок распознавания малоразмерных изображений объектов на 11.5 – 14.5 %.

2. Разработан алгоритм предварительной обработки изображений, который учитывает больше признаков движения, что позволило повысить вероятность распознавания малоразмерных изображений объектов свёрточными нейронными сетями на 14.9 – 20.1 %.

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 нейронном ускорителе, что позволило сократить время выполнения алгоритма в 1.3 – 3.2 раза.

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.

ЦЕННОСТЬ ДЛЯ НАУКИ И ПРАКТИКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ. Теоретическая значимость результатов исследования заключается в предложенных методах и алгоритмах распознавания малоразмерных изображений подвижных объектов на устройствах с ограниченным вычислительным ресурсом за счет расширения исходного признакового пространства.

Практическая ценность работы состоит в возможности использования разработанных алгоритмических и программных решений для создания интеллектуальных систем распознавания малоразмерных изображений объектов на устройствах с ограниченным вычислительным ресурсом, удовлетворяющих заданным характеристикам в качестве распознавания, скорости обработки данных и допустимой потребляемой мощности

СТЕПЕНЬ ОБОСНОВАННОСТИ НАУЧНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ, ВЫВОДОВ И РЕКОМЕНДАЦИЙ, СФОРМИРОВАННЫХ В ДИССЕРТАЦИИ. Высокая степень обоснованности научных положений и

выводов работы обусловлена апробацией докладами на 3-х Всероссийских научно-практических конференциях, Международном научно-техническом конгрессе, публикацией 13 научных работ, которые достаточно полно излагают ключевые результаты диссертации, а также внедрением результатов исследований в научно-исследовательской работе «Гепард-Деталь-НКБ ВСБЦВМ-ЭИИ», выполненной в АО НКБ ВС и учебный процесс кафедры вычислительной техники ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет».

ДОСТОВЕРНОСТЬ НАУЧНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ, НАУЧНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ, ВЫВОДОВ И РЕКОМЕНДАЦИЙ, СФОРМУЛИРОВАННЫХ В ДИССЕРТАЦИИ. Оценка достоверности результатов выявила, что теоретические положения и практическая реализация опирается на проверенные и известные данные. Достоверность научных выводов и рекомендаций подтверждается апробацией полученных результатов с помощью проведенных вычислительных экспериментов, которые опираются на корректные данные и репрезентабельные критерии.

Анализ содержания представленной диссертации и опубликованных работ показал, что все научные положения, выносимые на защиту, принадлежат диссертанту.

ЗАМЕЧАНИЯ.

1. На стр. 23 критерий малоразмерности объекта на изображении определяется в абсолютных величинах (8 – 14 пикселей), но не указана зависимость «малоразмерности» от разрешения камеры или от площади всего изображения, что более обоснованно.
2. В п/разделе 2.3 «Метод расширения признакового пространства…» сам метод представлен описательно, нет математической формализации получения расширенного набора признаков из входных изображений.
3. На структурных схемах алгоритмов (рис. 2.14, 3.1, 3.2 и др.) нет начала и конца, что нарушает одно из свойств алгоритма – конечность. Поэтому, представленные схемы больше соответствуют структуре или этапам преобразования данных.
4. При изображении структурных схем алгоритмов не используются стандартные блоки «условие или решение», что затрудняет понимание алгоритма.
5. В таблицах характеристик обучения тестовых моделей для описания вычислительной сложности алгоритма используется внесистемная единица измерения производительности компьютеров FLOPs, вместо принятых функции зависимости объёма работы O(n), выполняемой алгоритмом, от размера входных данных n.
6. В п/разделе 4.1.5 «Оценка качества распознавания малоразмерных изображений объектов свёрточных нейронных сетей» представлены, по сути,

результаты применения известных моделей YOLO к малоразмерным изображениям, но отсутствует анализ влияния характеристик «малоразмерности» на качество распознавания что представляло бы интерес в рамках данного исследования.

7. В п/п 4.2 «Вычислительный эксперимент с целью исследования разработанного алгоритма предварительной обработки изображений на нейронном ускорителе» не представлены результаты эксперимента, отражающие время всего цикла распознавания, что является критичным, для снижения которого и применяются нейронные ускорители.

СООТВЕТСТВИЕ ДИССЕРТАЦИИ ТРЕБОВАНИЯМ «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 (ред. от 16.10.2024).

В соответствии с п. 9 «Положения…» диссертация Ковалева Владислава Владимировича является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований изложены новые научно обоснованные технические решения, направленные на повышение качества распознавания малоразмерных изображений объектов на устройствах с ограниченным вычислительным ресурсом за счет расширения исходного признакового пространства новыми признаками движения.

В соответствии с п. 10 диссертация подготовлена в виде рукописи, написана автором самостоятельно, структурирована и обладает внутренним единством. Работа содержит научные результаты, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствует о личном вкладе автора диссертации в научные исследования.

В работе имеются сведения о внедрении результатов в научно-исследовательской работе «Гепард-Деталь-НКБ ВСБЦВМ-ЭИИ», выполненной в АО НКБ ВС и учебный процесс кафедры вычислительной техники ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет».

В соответствии с п. 11, 13 основные научные результаты диссертации достаточно полно отражены в 13 научных работах, 6 из которых опубликованы в журналах, рекомендованных ВАК РФ, 7 статей в источниках, индексированных в РИНЦ.

В соответствии с п. 14 диссертационная работа содержит ссылки на источники использованных материалов и на работы других авторов.

ВЫВОД. Диссертационная работа Ковалева Владислава Владимировича «Метод и алгоритмы распознавания малоразмерных изображений подвижных объектов на устройствах с ограниченным вычислительным ресурсом» является самостоятельно выполненной и

законченной научно-квалификационной работой, имеющей научную и практическую ценность.

Работа соответствует требованиям п. 9-11, 13. 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 (ред. от 16.10.2024), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.2.1. Искусственный интеллект и машинное обучение.

Отмеченные замечания не влияют на положительную оценку работы.

Официальный оппонент

Кандидат технических наук, 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (технические наука), доцент кафедры информационных технологий в экономике и управлении ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ»

«01» сентября 2025 г. Пучков Андрей Юрьевич

214013, Россия, г. Смоленск, Энергетический проезд, д. 1

Тел. +7 (4812) 65-14-61

Я, Пучков Андрей Юрьевич, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

_____ А.Ю. Пучков