

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.379.08,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С. П. КОРОЛЕВА»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 24 декабря 2024 г. № 5
о присуждении Евдокимовой Виктории Витальевне, гражданину
Российской Федерации, учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация «Метод крупношагового метаобучения в сквозной нейросетевой реконструкции одного класса изображений» по специальности 1.2.1. Искусственный интеллект и машинное обучение принята к защите 18 октября 2024 г. (протокол заседания № 3) диссертационным советом 24.2.379.08, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» Министерства образования и науки Российской Федерации (443086, г. Самара, Московское шоссе, 34), приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 26.01.2023 №70/нк, с изменениями, внесенными приказом Минобрнауки России от 22.06.2023 №1326/нк, от 15.04.2024 №377/нк.

Соискатель Евдокимова Виктория Витальевна, 04.05.1994 года рождения, в 2017 году освоила программу магистратуры в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королева» по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика. В 2021 году соискатель освоила программу подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королева» по направлению подготовки 09.06.01 Информатика и вычислительная техника. В настоящее время работает младшим научным сотрудником лаборатории интеллектуального анализа видеоданных отделения «Институт систем обработки изображений – Самара» Курчатовского комплекса кристаллографии и фотоники федерального государственного бюджетного учреждения "Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт» (основное

место работы) и по совместительству старшим лаборантом в научно-исследовательской лаборатории автоматизированных систем научных исследований (НИЛ-35) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королева» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре суперкомпьютеров и общей информатики федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королева» и в лаборатории интеллектуального анализа видеоданных отделения «Институт систем обработки изображений – Самара» Курчатовского комплекса кристаллографии и фотоники федерального государственного бюджетного учреждения "Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт».

Научный руководитель – доктор технических наук Никоноров Артем Владимирович, Отделение «Институт систем обработки изображений – Самара» Курчатовского комплекса кристаллографии и фотоники федерального государственного бюджетного учреждения "Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», ведущий научный сотрудник лаборатории интеллектуального анализа видеоданных (основное место работы), федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королева», кафедра суперкомпьютеров и общей информатики, профессор кафедры (по совместительству).

Официальные оппоненты:

Николаев Дмитрий Петрович, доктор технических наук, доцент, федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук, руководитель отдела 95 «Зрительных систем»;

Конушин Антон Сергеевич, кандидат физико-математических наук, автономная некоммерческая организация «Институт искусственного интеллекта», старший научный сотрудник, руководитель группы, – **дали положительные отзывы** на диссертацию.

Ведущая организация – автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Сколковский институт науки и технологий», г. Москва, **в своем положительном заключении**, подписанном директором центра прикладного искусственного интеллекта, доктором физико-математических наук Бурнаевым Евгением Владимировичем, утвержденном

вице-президентом по науке и академическому сотрудничеству Кабатянским Григорием Анатольевичем, указала, что диссертационная работа Евдокимовой Виктории Витальевны по своей актуальности, новизне, теоретической и практической значимости, характеру изложения и оформления полученных результатов соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.2.1. Искусственный интеллект и машинное обучение.

Соискатель имеет 16 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 16 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 12 работ. Суммарный объём опубликованных работ составляет 17,44 п.л., из них на личную долю соискателя приходится 5,47 п.л. Из материалов совместных публикаций лично соискателю принадлежат: алгоритмы сквозной нейросетевой реконструкции изображений, сформированных в изображающих дифракционно-оптических системах; теоретическое обоснование метода крупношагового метаобучения; критерий оценки уровня ложных контуров; алгоритмы аугментации данных с учетом особенностей видеоинформационного тракта, приводящих к артефактам реконструкции.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем учёной степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации. Наиболее значимые работы:

1. Evdokimova, V. et al. Hybrid Refractive-Diffractive Lens with Reduced Chromatic and Geometric Aberrations and Learned Image Reconstruction / V. Evdokimova, V. Podlipnov, N. Ivliev, M. Petrov, S. Ganchevskaya, V. Fursov, Y. Yuzifovich, S. Stepanenko, N. Kazanskiy, A. Nikonorov, R. Skidanov // Sensors. – 2023. – V. 23. – P. 415. (научная статья 2,31/1,16 п.л.)
2. Ivliev, N. et al. First Earth-Imaging CubeSat with Harmonic Diffractive Lens / N. Ivliev, V. Evdokimova, V. Podlipnov, M. Petrov, S. Ganchevskaya, I. Tkachenko, D. Abrameshin, Y. Yuzifovich, A. Nikonorov, R. Skidanov // Remote Sensing. – 2022. – V. 14. – P. 2230. (научная статья 2,19/0,58 п.л.)
3. Nikonorov, A. Deep learning-based imaging using single-lens and multi-aperture diffractive optical systems / A. Nikonorov, V. Evdokimova, M. Petrov, P. Yakimov, S. Bibikov, Y. Yuzifovich, R. Skidanov, N. Kazanskiy // International Conference on Computer Vision Workshop (ICCVW 2019). – 2019. – V. 9022384. – P. 3969–3977. (научная статья 1,04/0,35 п.л.)
4. Степаненко С.О. Получение цветных изображений системой на основе трех дифракционных линз / С.О. Степаненко, В.В. Евдокимова, М.В.

Петров, Р.В. Скиданов, А.В. Никоноров // Компьютерная оптика. – 2023. – Т. 47, № 5. – С. 716-724. (научная статья 1,16/0,35 п.л.)

На диссертацию и автореферат поступило 3 отзыва от организаций:

1. ФГБОУ ВО «Адыгейский государственный университет», г. Майкоп, подписан доцентом кафедры прикладной математики, информационных технологий и информационной безопасности факультета математики и компьютерных наук, к.т.н. Панеш А.Х. Замечание: в автореферате присутствует только формула крупношагового метаобучения без теоретического обоснования, которое заявлено во втором пункте научной новизны.

2. ФГБУН «Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича» Российской академии наук (ИППИ РАН), г. Москва, подписан старшим научным сотрудником, к. ф.-м. н. Николаевым И. П. Замечание: в автореферате приведены результаты реконструкции реальных изображений для случая использования критерия ранней остановки обучения на основе FEL в комбинации с аугментацией обучающей выборки, но не приведены результаты исследования данных подходов по отдельности.

3. ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)», г. Санкт-Петербург, подписан заведующей кафедрой телевидения и видеотехники, д. т. н., Обуховой Н.А. Замечания: 1) К основному замечанию, исходя из текста автореферата, следует отнести слабый анализ и сравнение предложенных автором решений с конкурентами мирового уровня. Восстановления изображений – это востребованное и очень популярное направление исследований. В ней существует значимое количество решений от регуляризации Тихонова до нейросетевых подходов, которые, к сожалению, никак автором не рассматриваются. 2) Анализируя нейросетевые решения, изложенные в автореферате, следует указать, что они опираются на решения 2017-2019 гг и относительно этих уже довольно старых на сегодня моделей определяется научная новизна. Глубокое обучение – стремительно развивающаяся область, поэтому, модификации архитектур u-Net, pix2pix (2019 года), предложенные автором представляются недостаточно актуальными. По крайней мере в рамках их изложения в автореферате. Сейчас трендами глубокого обучения являются механизмы внимания, диффузионные нейросети, а также встройка необучаемых аналитических блоков. 3) Предложенный автором критерий FEL является некоторой модификацией меры Розенфельда-Троя, описанной У. Прэттом в 1982 году (У. Прэтт Цифровая обработка изображений Москва Издательство МИР 1982 год).

Ссылка и сравнение с ним в автореферате отсутствуют. Кроме того, использование абсолютных значений для порогов (0 и 70) в алгоритме Канни при расчете критерия также вызывает вопросы.

Все отзывы положительные. В отзывах отмечено, что указанные недостатки не снижают научную и практическую значимость работы и не влияют на общую положительную оценку диссертации. Во всех отзывах отмечено, что диссертация соответствует требованиям ВАК Минобрнауки России, предъявляемым к кандидатским диссертациям, и сделано заключение о возможности присуждения Евдокимовой В.В. ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.2.1. Искусственный интеллект и машинное обучение.

Выбор Николаева Д.П. в качестве официального оппонента по диссертации обосновывается тем, что он является известным специалистом, имеет значимые научные результаты и прикладные разработки в области цифровой обработки сигналов и изображений.

Выбор Конушина А.С. в качестве официального оппонента по диссертации обосновывается тем, что он является крупным специалистом, в область научных интересов которого входят методы обработки изображений, методы машинного обучения и глубокое обучение.

Выбор в качестве ведущей организации автономной некоммерческой образовательной организации высшего образования «Сколковский институт науки и технологий» обоснован тем, что исследования сотрудников сосредоточены на разработке новых алгоритмов машинного обучения и искусственного интеллекта, в том числе нейросетевых алгоритмов реконструкции изображений.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований

разработаны алгоритмы сквозной нейросетевой реконструкции, обеспечивающие повышение качества изображений в ИДОС, на основе полнокадровой и локальной нейросетевой обработки;

предложен и обоснован метод крупношагового метаобучения, позволяющий провести адаптацию нейросетевых моделей реконструкции по нулевой выборке под различные условия формирования изображений;

впервые предложен критерий оценки уровня ложных контуров (FEL), позволяющий учитывать реальные данные в процессе обучения сети с целью уменьшения артефактов нейросетевой реконструкции;

разработаны новые алгоритмы аугментации данных с учетом

особенностей видеоинформационного тракта, приводящих к артефактам реконструкции.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что

приведено теоретическое обоснование метода крупношагового метаобучения, который позволяет реализовать независимое последовательное обучение нейросетевых моделей в новых прикладных доменах, в отличие от мелкошагового метода, в котором при появлении нового домена требуется обучение всех нейросетевых моделей во всех доменах;

разработан критерий оценки уровня ложных контуров (FEL), который позволяет оценивать количество артефактов реконструкции в реальных условиях формирования изображений при отсутствии эталона и доказана целесообразность его использования в качестве критерия ранней остановки обучения.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены алгоритмы сквозной нейросетевой реконструкции в изображающих дифракционно-оптических системах, которые обеспечивают на 7 дБ больший прирост среднего значения PSNR по сравнению с подходом на основе обратной свертки; алгоритмы аугментации данных, которые позволяют уменьшить уровень артефактов реконструкции на изображениях реальных сцен по сравнению с подходом без аугментации данных; алгоритм адаптации на основе метода крупношагового метаобучения позволяет адаптировать модель под различные условия формирования изображений по одному изображению реальной сцены и обеспечивает меньший уровень артефактов реконструкции по сравнению с алгоритмом без крупношагового метаобучения;

работы по теме диссертации **выполнялись в рамках** гранта РФФИ 18-07-01390 «Разработка многообъективных систем технического зрения на основе изображающей дифракционной оптики и методов глубокого обучения» (Самарский университет), гранта РФФИ 19-29-09054 «Разработка и исследование архитектуры мультимодальной цифровой платформы видеосенсорики на основе дифракционно-оптических систем видимого, инфракрасного и гиперспектрального режимов съемки» (ФНИЦ "Кристаллография и фотоника" РАН), гранта РНФ 22-19-00364 «Разработка прикладных систем технического зрения видимого, инфракрасного и гиперспектрального режима съемки на основе одно- и мультиапертурных дифракционно-оптических систем и методов глубокого обучения» (ФНИЦ

"Кристаллография и фотоника" РАН), проекта программы РАН 0022-2019-0001 «Создание цифровой платформы сенсорики на основе дифракционно-оптических систем и глубокого обучения» (ФНИЦ "Кристаллография и фотоника" РАН);

результаты работы были **внедрены** в ООО «Локус» и использованы в рамках научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по теме «Конструктор системы дистанционного зондирования Земли для космического аппарата типа Кубсат с дифракционной оптикой и обучающими методиками для формирования инженерных знаний, навыков и ключевых компетенций в сфере дистанционного зондирования Земли, машинного зрения и искусственного интеллекта».

Достоверность полученных результатов подтверждена посредством воспроизводимых вычислительных экспериментов на больших наборах изображений, сформированных с использованием различных изображающих дифракционно-оптических систем на основе многоуровневых дифракционных линз с разной высотой микрорельефа. Часть собранных наборов изображений и разработанных нейросетевых моделей выложена в общий доступ. Описания предложенных алгоритмов допускают их воспроизводимость и опубликованы в ведущих научных журналах и трудах конференций по машинному зрению и обработке изображений.

Личный вклад соискателя состоит в выполнении всех этапов исследований, его определяющем участии в разработке алгоритмов сквозной нейросетевой реконструкции изображений, разработке процедуры оценки количества артефактов реконструкции на изображениях реальных сцен, разработке алгоритмов формирования обучающих выборок и обучения нейросетевых моделей реконструкции, разработке метода и алгоритмов адаптации предложенных нейросетевых моделей реконструкции для различных оптических схем и условий формирования изображений, проведении экспериментальных исследований, интерпретации результатов исследований и подготовке публикаций по выполненной работе.

Рекомендации по использованию результатов исследования. Разработанные алгоритмы сквозной нейросетевой реконструкции, а также алгоритм адаптации нейросетевых моделей под различные условия формирования изображений на основе метода крупношагового метаобучения, критерий оценки уровня ложных контуров и алгоритмы аугментации обучающих данных с учетом особенностей видеoinформационного тракта могут быть использованы для реконструкции изображений, сформированных с

помощью многоуровневой дифракционной линзы на сверхкомпактных беспилотных летательных аппаратах и наноспутниках.

В ходе защиты диссертационной работы не были высказаны критические замечания. Соискатель Евдокимова В.В. ответила на все задаваемые ей в ходе заседания вопросы.

На заседании 24 декабря 2024 г. диссертационный совет за решение научной задачи, имеющей значение для развития соответствующей отрасли знаний, принял решение присудить Евдокимовой В.В. учёную степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящего в состав совета, проголосовали: за – 18, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель

диссертационного совета 24.2.379.08

академик РАН, д.т.н., профессор

В. А. Сойфер

Ученый секретарь

диссертационного совета 24.2.379.08

д.ф.-м.н., доцент

А. В. Дорошин

24.12.2024

