

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 55.2.002.01
НА БАЗЕ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ СВЯЗИ И
ИНФОРМАТИКИ» (подведомственного Министерству цифрового
развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации)
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК**

аттестационное дело N _____

Решение диссертационного совета от 13.06.2024 г. N 123 о присуждении гражданину(ке) **Зиядинову Вадиму Валерьевичу** ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Оптимизация помехоустойчивости и точности нейросетевого распознавания изображений» по специальности 2.2.13 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения принята к защите «9» апреля 2024 г., протокол №120 диссертационным советом 55.2.002.01 на базе ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики» (далее МТУСИ), Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации, 111024, г. Москва, ул. Авиамоторная, 8а, Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации № 244/нк от 03 марта 2016 г., изменения в составе утверждены Приказами Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 37/нк от 30.01.2019, № 599/нк от 15.10.2020, №804/нк от 16.12.2020 г., № 331/нк от 12.04.2021г., № 679/нк от 24.06.2022г., № 1215/нк от 12.10.2022г.

Соискатель Зиядинов Вадим Валерьевич «12» июля 1996 года рождения, в 2020 году с отличием окончил Московский технический

университет связи и информатики, факультет РиТ по направлению подготовки 11.04.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» с присвоением квалификации «магистр». Кандидатские экзамены сданы в 2022 году (имеется справка о сдаче экзаменов). Работает младшим научным сотрудником в НИЛ-4902 МТУСИ.

Диссертация выполнена в МТУСИ в НИЛ-4902.

Научный руководитель – доктор технических наук, доцент Терешонок Максим Валерьевич, начальник НИО-49 МТУСИ.

Научный консультант – доктор технических наук, доцент Гладышев Анатолий Иванович, профессор РосНОУ.

Официальные оппоненты:

1. Соловьев Игорь Игоревич – доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник отдела фундаментальных исследований Научно-инжинирингового центра специальной радиосвязи и радиомониторинга Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет» (ФГБОУ ВО «РТУ МИРЭА»).

2. Доленко Сергей Анатольевич – кандидат физико-математических наук, заведующий лабораторией адаптивных методов обработки данных научно-исследовательского института ядерной физики имени Д. В. Скобельцына Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова» (МГУ).

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Акционерное общество «Научно-исследовательский институт точных приборов» (далее АО «НИИ ТП»), г. Москва в своем положительном заключении, подписанном Алтуховым Евгением Витальевичем, доктором технических наук, заместителем главного конструктора по наземной инфраструктуре, а также Петром Николаевичем Наумовым, доктором технических наук, профессором, главным научным

сотрудником отдела 4042, утверждённом Василием Фёдоровичем Кострюковым, доктором технических наук, доктором военных наук, профессором, научным руководителем АО «НИИ ТП», указала, что диссертация имеет значение для развития систем автоматического распознавания изображений, инновационных технологий, для обеспечения их безопасной и эффективной работы, являются важными и перспективными для обработки изображений, получаемых современными и перспективными системами дистанционного зондирования Земли.

Соискатель имеет 19 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 19 работ, из них 9 - работы, опубликованные в рецензируемых научных изданиях, рекомендуемых ВАК, 6 работ, индексируемых в международной базе SCOPUS и WoS, 1 прочих работ, 9 свидетельств об официальной регистрации программы для ЭВМ. Также результаты прошли апробацию и были доложены на международных конференциях.

Основные публикации:

1. **Ziyadinov, V.** Noise Immunity and Robustness Study of Image Recognition Using a Convolutional Neural Network / **V. Ziyadinov**, M. Tereshonok // Sensors. – 2022. – Vol. 22, No. 3. – DOI 10.3390/s22031241. (16 стр., Личный вклад автора – 80%).
2. **Ziyadinov, V.** Low-Pass Image Filtering to Achieve Adversarial Robustness / **V. Ziyadinov**, M. Tereshonok // Sensors. – 2023. – Vol. 23, No. 22. – P. 9032. – DOI 10.3390/s23229032. (16 стр. Личный вклад автора – 85%).
3. **Ziyadinov, V. V.** Neural Network Image Recognition Robustness with Different Augmentation Methods / **V. V. Ziyadinov**, M. V. Tereshonok // Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications. – 2022. – Vol. 5, No. 1. – P. 441-444. – DOI 10.1109/SYNCHROINFO55067.2022.9840987. (4 стр. Личный вклад автора – 85%).
4. **Зиядинов, В. В.** Математические модели и методы распознавания взаимного расположения мобильных абонентов / **В. В.**

Зиядинов, М. В. Терешонок // Технологии информационного общества : Сборник трудов XIV Международной отраслевой научно-технической конференции, Москва, 18–19 марта 2020 года. – Москва: ООО "Издательский дом Медиа публишер", 2020. – С. 157-159. (3 стр. Личный вклад автора – 90%).

5. **Ziyadinov, V. V.** Mathematical models and recognition methods for mobile subscribers mutual placement / **V. V. Ziyadinov, M. V. Tereshonok** // T-Comm. – 2021. – Vol. 15, No. 4. – P. 49-56. – DOI 10.36724/2072-8735-2021-15-4-49-56. (8 стр. Личный вклад автора – 80%).

6. **Зиядинов, В. В.** Оптимизация обучения сверточных нейронных сетей при распознавании изображений с низкой плотностью точек / **В. В. Зиядинов, П. С. Курочкин, М. В. Терешонок** // Радиотехника и электроника. – 2021. – Т. 66, № 12. – С. 1207-1215. – DOI 10.31857/S0033849421120202. (9 стр. Личный вклад автора – 85%).

7. **Ziyadinov, V. V.** Convolutional Neural Network Training Optimization for Low Point Density Image Recognition / **V. V. Ziyadinov, P. S. Kurochkin, M. V. Tereshonok** // Journal of Communications Technology and Electronics. – 2021. – Vol. 66, No. 12. – P. 1363-1369. – DOI 10.1134/S1064226921120202. (7 стр. Личный вклад автора – 90%).

8. A Survey on Symmetrical Neural Network Architectures and Applications / **O. Ilina, V. Ziyadinov, N. Klenov, M. Tereshonok** // Symmetry. – 2022. – Vol. 14, No. 7. – P. 1391. – DOI 10.3390/sym14071391. (32 стр. Личный вклад автора – 35%).

9. **Ziyadinov, V. V.** Analytical Survey on MANET and VANET Clusterisation Algorithms / **V. V. Ziyadinov, M. V. Tereshonok** // 2020 Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications, SYNCHROINFO 2020, Svetlogorsk, 01–03 июля 2020 года. – Svetlogorsk, 2020. – P. 9166120. – DOI 10.1109/SYNCHROINFO49631.2020.9166120. (5 стр. Личный вклад автора – 90%).

10. **Зиядинов, В. В.** Обнаружение автомобильных заторов с использованием кластерного анализа данных геолокации / В. В. Зиядинов, А. Б. Талалаев, М. В. Терешонок // Труды Научно-исследовательского института радио. – 2022. – № 2. – С. 28-39. – DOI 10.34832/NIR.2022.9.2.003. (12 стр. Личный вклад автора – 90%).

11. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022660463 Российская Федерация. Программа сравнительного анализа и визуализации результатов работы свёрточных нейронных сетей : № 2022619579 : заявл. 23.05.2022 : опубл. 03.06.2022 / **В. В. Зиядинов**, О. В. Ильина, М. В. Терешонок ; заявитель и правообладатель Ордена Трудового Красного Знамени Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский технический университет связи и информатики» (МТУСИ). (Личный вклад автора – 60%).

12. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020660537 Российская Федерация. Моделирование типов взаимного расположения абонентов сетей мобильной связи : № 2020619728 : заявл. 27.08.2020 : опубл. 04.09.2020 / **В. В. Зиядинов**, С. С. Аджемов ; заявитель и правообладатель МТУСИ. (Личный вклад автора – 80%).

13. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022660552 Российская Федерация. Программа моделирования шума в реальных изображениях и генерации обучающих выборок для систем распознавания : № 2022619577 : заявл. 23.05.2022 : опубл. 06.06.2022 / **В. В. Зиядинов**, О. В. Ильина ; заявитель и правообладатель МТУСИ. (Личный вклад автора – 60%).

14. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022660553 Российская Федерация. Программа оценки результативности работы алгоритмов кластеризации : № 2022619578 : заявл. 23.05.2022 : опубл. 06.06.2022 / **В. В. Зиядинов** ; заявитель и правообладатель МТУСИ. (Личный вклад автора – 100%).

15. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022660554 Российская Федерация. Программа визуализации характеристик обучения свёрточных нейронных сетей для определения оптимальных параметров обучающих выборок при требуемой минимальной точности классификации: № 2022619580: заявл. 23.05.2022: опубл. 06.06.2022 / **В. В. Зиядинов**, М. В. Терешонок; заявитель и правообладатель МГУСИ. (Личный вклад автора – 75%).

16. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021619356 Российская Федерация. Программа для оптимизации работы свёрточных нейронных сетей: № 2021618615: заявл. 02.06.2021: опубл. 08.06.2021 / **В. В. Зиядинов**, В. И. Иванов, М. В. Терешонок; заявитель и правообладатель МГУСИ. (Личный вклад автора – 50%).

17. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024611339 Российская Федерация. Программный комплекс расчета внешних характеристик точности и устойчивости свёрточной нейронной сети к высокочастотным искажениям и оптимизации параметров предварительной обработки изображений: № 2023689369: заявл. 27.12.2023: опубл. 19.01.2024 / **В. В. Зиядинов**, О. В. Ильина, М. В. Терешонок; заявитель и правообладатель МГУСИ. (Личный вклад автора – 35%).

18. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024612396 Российская Федерация. Программный комплекс для демонстрации работы свёрточной нейронной сети, решающей задачу распознавания состязательных изображений: № 2023689454: заявл. 27.12.2023: опубл. 31.01.2024 / О. В. Ильина, М. В. Терешонок, **В. В. Зиядинов**; заявитель и правообладатель МГУСИ. (Личный вклад автора – 33%).

19. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021619626 Российская Федерация. Программа генерации обучающих выборок для систем распознавания изображений с низкой плотностью точек: № 2021618601: заявл. 02.06.2021: опубл. 15.06.2021 / **В.**

В. Зиядинов, Е. В. Алтухов ; заявитель и правообладатель МГУСИ. (Личный вклад автора – 90%).

Недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации, отсутствуют.

На диссертацию и автореферат поступило 7 положительных отзывов от официальных оппонентов Соловьева Игоря Игоревича и Доленко Сергея Анатольевича, ведущей организации Акционерного общества «Научно-исследовательский институт точных приборов» (АО «НИИ ТП»), ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет», ФГБУ «Ордена Трудового Красного Знамени Российский научно-исследовательский институт радио имени М. И. Кривошеева», АО «Научно-производственное объединение дальней радиолокации», ФГБОУ ВО «МГУ имени М. В. Ломоносова».

Были отмечены следующие недостатки:

1. Автор иногда смешивает понятия высокочастотной атаки и состязательной атаки, что затрудняет понимание соотношения этих понятий.
2. Ступенчатый характер отдельных кривых помехоустойчивости, полученных автором (например, на рисунке 4.5), свидетельствует об ограниченном количестве некоторых проведённых экспериментов.
3. Автор недостаточно подробно обосновывал выбор конкретных нейросетевых архитектур для своего исследования.
4. В перечисленных в конце автореферата 9 основных трудах автора в работах, выполненных в соавторстве, не показан личный вклад соискателя, что затрудняет оценку его роли в написании совместных работ.
5. В разделе 4.2 диссертации автор не обосновывает выбор пропорций между искажёнными и неискажёнными изображениями в пределах каждого способа аугментации.

6. Из методов проведения состязательных атак автором рассмотрен только FGSM, что может ограничить общность результатов и выводов диссертации.

7. Не обоснован выбор именно гауссова фильтра нижних частот, не рассмотрены альтернативные реализации фильтра (скользящее среднее, корень из приподнятого косинуса и т. д.).

8. Рисунок 3.5 включает в себя всю информацию, представленную на Рисунке 3.4; Рисунок 3.4 при этом является излишним. В тексте автореферата приведённая на аналогичном рисунке (Рис. 4 автореферата) тенденция изменения интегральной точности классификации в зависимости от неопределённости в обучающих данных не описана и не объяснена.

9. Хорошо известно, что алгоритмические и программные решения, основанные на глубоких (в том числе свёрточных) нейронных сетях, обладает высокой вычислительной стоимостью. К сожалению, в диссертации не приведено никакой информации ни о программных средствах, ни о вычислительных ресурсах, использованных в ходе выполнения работы, ни о времени вычислений; какие-либо оценки зависимости вычислительной стоимости предлагаемых решений от параметров алгоритмов также отсутствуют.

10. В диссертации отсутствует ссылка на репозиторий с кодами разработанных алгоритмов. Это не является обязательным, однако становится всё более общепринятым и могло бы дополнительно повысить воспроизводимость и практическую ценность полученных в работе результатов.

11. В разделе 5 автором рассмотрены только методы противостояния высокочастотным искажениям (состязательная атака FGSM), при этом не принято во внимание влияние низкочастотных искажений, таких как искажения цветового пространства, яркости и контраста изображения.

12. Подписи к рисункам 1, 2 и 3 автореферата оформлены неверно – после рисунка следует оставлять одну строку отступа.

13. Из автореферата не ясно, рассматривает ли автор типы нейронных сетей, отличные от свёрточных.

14. На рисунке 4, возможно, присутствует ошибка в величинах неопределённости в обучающих данных. В данном случае UTR, судя по предыдущим заключениям, должен быть меньше на порядок. Например, после рисунка следует текст « $Q_{\max} = 0,62$ получено при $UTR = 0,068$ », что соответствует правильным величинам.

15. На рисунке 6 обозначения части рисунка приведены на латинице (a, b, c, d и т. д.), при этом подписи к рисункам – на кириллице.

16. В разделе 5 автореферата не приведены расшифровки и переводы англоязычных аббревиатур (DR, LPF и FGSM).

17. Немонотонный характер графика на рисунке 2 автореферата может свидетельствовать об ограниченности статистики вычислительных экспериментов.

18. Обозначения, приведенные на рисунке 5 (θ , y , x , x') автореферата, не описаны в тексте или подписи к рисункам.

19. Отсутствуют пояснения о продолжительности и вычислительной сложности выполненных экспериментов, а также по используемому автором программному и аппаратному обеспечению.

20. При описании результатов, полученных в главах 2, 3 и 4, не приведены значения общего количества обучающих и тестовых данных в отдельных экспериментах.

21. В автореферате отсутствует описание метода оптимальной аугментации обучающих изображений, а приводятся результаты его моделирования.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что официальные оппоненты и представители ведущей организации имеют значительное количество публикаций, близких к теме диссертационного исследования.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– показано, что существует оптимальное значение неопределённости в обучающих изображениях, позволяющее достичь максимальной интегральной точности распознавания тестовых изображений с различными искажениями;

– показано, что оптимальное значение неопределённости в обучающих изображениях может быть оценено методом статистического моделирования. Использование обучающего набора данных с оптимальным значением неопределённости позволяет снизить вероятность ошибки распознавания в среднем в 20 раз по сравнению с использованием исходного набора изображений без дополнительных искажений;

– показано, что существует оптимальный способ аугментации обучающих изображений, позволяющий повысить интегральную точность распознавания тестовых изображений с различными искажениями при заданном пороге минимальной точности распознавания, без увеличения объёма обучающей выборки. Использование оптимального способа аугментации позволяет снизить вероятность ошибки распознавания в среднем на 60 % по сравнению с использованием исходного набора изображений без дополнительных искажений;

– показано, что низкочастотная фильтрация изображений в совокупности с предварительным обучением нейронной сети размытыми изображениями позволяет в среднем в 8,8 раз снизить вероятность ошибки распознавания изображений, подвергнутых состязательным атакам, по сравнению с использованием исходного набора изображений без дополнительных искажений.

Теоретическая значимость исследования обоснована вкладом в развитие исследований робастности и устойчивости методов искусственного интеллекта к внешним воздействиям, в том числе:

- 1) разработкой метода нахождения оптимума количества искажений в обучающих данных;
- 2) разработкой метода противостояния высокочастотным искажениям;
- 3) доказательством методом статистического моделирования существования оптимального значения неопределённости в обучающих изображениях, позволяющего достичь максимальной интегральной точности распознавания тестовых изображений с различными искажениями при заданном пороге минимальной точности распознавания;
- 4) разработкой подхода к повышению точности распознавания изображений на основе низкочастотной фильтрации изображений.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что предложенный метод аугментации обучающих изображений позволяет повысить точность распознавания тестовых изображений, что может быть использовано в различных практических приложениях, в том числе в системах обработки изображений, получаемых современными и перспективными системами дистанционного зондирования Земли.

Достоверность результатов диссертационной работы обеспечивается непротиворечивостью и аргументированностью использованных методов и полученных выводов, воспроизводимостью полученных результатов, корректным использованием статистического и численного моделирования, а также признанием работ автора специалистами в области теории машинного обучения.

Личный вклад соискателя состоит в том, что все основные научные положения, а также промежуточные выводы, представленные в диссертации, получены автором лично. Из публикаций, написанных в соавторстве, в диссертации использованы только части, подготовленные автором лично.

Диссертация Зиядинов Вадима Валерьевича является научно-квалификационной работой, содержащей решение актуальной научной

задачи – разработке метода оптимальной аугментации обучающих изображений, обеспечивающего повышение точности распознавания тестовых изображений при наличии в них искажений различной природы

По новизне, уровню научной проработки и практической значимости полученных результатов работа отвечает требованиям пунктов 9 и 10 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. N 842 (ред. от 25.01.2024), а ее автор Зиядинов Вадим Валерьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

На заседании «13» июня 2024 г. диссертационный совет принял решение присудить Зиядинову Вадиму Валерьевичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 8 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 16, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель
диссертационного совета



А.С. Аджемов

Ученый секретарь
диссертационного совета

М.В. Терешонок

Заключение совета составлено «13» июня 2024 г.