

ПРОТОКОЛ

заседания диссертационного совета 24.2.288.11

№ 17 от 06 февраля 2026 г.

Всего членов диссертационного совета – 16

Присутствовали на заседании: 14 членов диссертационного совета.

На заседании председательствует заместитель председателя:

д. т. н. Леденева Татьяна Михайловна

Присутствовали:

1. д. т. н. Сирота Александр Анатольевич, 1.2.1;
2. д. т. н. Леденева Татьяна Михайловна, 1.2.1;
3. к. ф.-м. н. Медведева Ольга Александровна, 2.3.8;
4. д. т. н. Абрамов Геннадий Владимирович, 2.3.8;
5. д. т. н. Азарнова Татьяна Васильевна, 2.3.8;
6. д. т. н. Астахова Ирина Федоровна, 1.2.1;
7. д. ф.-м. н. Головинский Павел Абрамович, 1.2.1;
8. д. т. н. Каширина Ирина Леонидовна, 1.2.1;
9. д. ф.-м. н. Кузнецов Александр Владимирович, 1.2.1;
10. д. т. н. Матвеев Михаил Григорьевич, 2.3.8;
11. д.ф.-м.н. Махортов Сергей Дмитриевич, 2.3.8;
12. д. т. н. Подвальный Семен Леонидович, 2.3.8;
13. д. т. н. Туровский Ярослав Александрович, 2.3.8;
14. д. т. н. Хацкевич Владимир Львович, 1.2.1.

Повестка дня:

Защита кандидатской диссертации Бережного Никиты Игоревича «Совершенствование механизмов внимания в глубоких нейронных сетях – трансформерах в задачах восстановления и аугментации изображений» по специальности 1.2.1. Искусственный интеллект и машинное обучение.

Слушали:

защиту диссертации Бережного Никиты Игоревича «Совершенствование механизмов внимания в глубоких нейронных сетях – трансформерах в задачах восстановления и аугментации изображений» по специальности 1.2.1. Искусственный интеллект и машинное обучение, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Официальные оппоненты по диссертации:

Приоров Андрей Леонидович, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова», кафедра цифровых технологий и машинного обучения, профессор – присутствует;

Шипко Владимир Вацлавович, доктор технических наук, федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», кафедра робототехнических комплексов и систем воздушного базирования, доцент – присутствует.

Ведущая организация:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет» (г. Белгород).

Вопросы задали: д. т. н. Подвальный С. Л., д. ф.-м. н. Головинский П. А., д. т. н. Каширина И. Л., д. т. н. Астаховой И. Ф., д. т. н. Леденева Т. М.

В дискуссии приняли участие: д. т. н. Матвеев М. Г., д. ф.-м. н. Головинский П. А., д. т. н. Каширина И. Л., д. т. н. Леденева Т. М.

Постановили:

1. На основании результатов тайного голосования присудить Бережнову Никите Игоревичу ученую степень кандидата технических наук.

Результаты тайного голосования:

"За" – 14 чел.

"Против" – нет.

Недействительных бюллетеней – нет.

Протокол счетной комиссии прилагается.

2. Принять заключение диссертационного совета по кандидатской диссертации Бережнова Никиты Игоревича. Стенограмма и заключение диссертационного совета прилагаются.

Заместитель председателя диссертационного
совета 24.2.288.11

Ученый секретарь диссертационного
совета 24.2.288.11



Леденева Т. М.

Медведева О. А.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.288.11,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК
аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 06.02.2026 г., протокол № 17

О присуждении Бережнову Никите Игоревичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Совершенствование механизмов внимания в глубоких нейронных сетях – трансформерах в задачах восстановления и аугментации изображений» по специальности 1.2.1. Искусственный интеллект и машинное обучение принята к защите 06.11.2025 г. (протокол заседания №16) диссертационным советом 24.2.288.11, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный университет» Министерство науки и высшего образования Российской Федерации (394018, г. Воронеж, Университетская пл., 1, приказ Минобрнауки РФ № 239/нк от 14 февраля 2023 г.).

Соискатель Бережнов Никита Игоревич, 19 мая 1998 года рождения, работает руководителем отдела программирования в компании ООО «Цифровые технологии» и ассистентом кафедры технологий обработки и защиты информации факультета компьютерных наук федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

В 2022 году окончил магистратуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный университет» по направлению подготовки 09.04.02 Информационные системы и технологии.

В 2025 году окончил очную аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный университет» по научной специальности 1.2.1. Искусственный интеллект и машинное обучение.

Диссертация выполнена на кафедре технологий обработки и защиты информации факультета компьютерных наук федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования

«Воронежский государственный университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Сирота Александр Анатольевич, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет», факультет компьютерных наук, кафедра технологий обработки и защиты информации, заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

Приоров Андрей Леонидович, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова», кафедра цифровых технологий и машинного обучения, профессор;

Шипко Владимир Вацлавович, доктор технических наук, федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», кафедра робототехнических комплексов и систем воздушного базирования, доцент

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет» (г. Белгород), в своем положительном отзыве, подписанном Жиляковым Евгением Георгиевичем, доктором технических наук, профессором, профессором кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий института инженерных и цифровых технологий, указала, что диссертационная работа Бережнова Никиты Игоревича является завершённой научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная задача совершенствования механизмов внимания в глубоких нейронных сетях трансформерного типа для повышения качества восстановления изображений и расширения объема обучающих данных. Диссертация подготовлена соискателем самостоятельно, обладает внутренним единством, логично выстроена и содержит новые научные результаты, полученные лично автором и имеющие значимость для науки и практики. Предложенные соискателем решения аргументированы и оценены по сравнению с известными подходами. Все основные научные результаты диссертации опубликованы в рецензируемых научных изданиях. Количество и качество публикаций автора соответствуют требованиям ВАК РФ. В диссертации имеются необходимые ссылки на источники заимствования материала; в

диссертации и автореферате указаны конкретные вклад соискателя в работы, выполненные в соавторстве. Диссертационная работа соответствует Паспорту заявленной специальности. Автореферат полностью отражает содержание диссертации. Работа соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 (в последней редакции), а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.2.1 Искусственный интеллект и машинное обучение.

Соискатель имеет 8 опубликованных научных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 8 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 4 работы; получено 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Опубликованные работы посвящены совершенствованию и обучению моделей глубоких нейронных сетей трансформерного типа для задач восстановления изображений при различных искажениях (шумах, артефактах, атмосферных помехах), разработке новых алгоритмов аугментации данных путем генерации условно-реалистичных изображений с модельными искажениями, программной реализации предложенных алгоритмов, а также применению полученных решений в системах компьютерного зрения.

В диссертации Н.И. Бережнова отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

Вклад автора – 80 %, объем 5,8 п. л.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Бережнов, Н. И. Регуляризация механизма самовнимания в блоках трансформеров и ее применение в задачах классификации и восстановления изображений / Н.И. Бережнов, А.А. Сирота // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2025. – №2. – С. 114-129.

2. Бережнов, Н. И. Совершенствование механизмов внимания для архитектуры трансформер в задачах повышения качества изображений / Н.И. Бережнов, А.А. Сирота // Компьютерная оптика. – 2024. – Т. 48. – №. 5. – С. 726-733.

3. Бережнов, Н. И. Универсальный алгоритм повышения качества изображений с использованием глубоких нейронных сетей / Н.И. Бережнов, А.А. Сирота // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2022. – № 2. – С. 81–92.

4. Бережнов, Н. И. Модели глубокого обучения для синтеза изображений с включением атмосферных осадков с целью решения задач компьютерного зрения в различных погодных условиях / Н.И. Бережнов,

А.А. Сирота // Вестник Воронежского гос. ун-та, Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2025. – № 2. – С. 89-104.

На диссертацию и автореферат поступили следующие отзывы:

1. Сбоева Александра Георгиевича, доктора физико-математических наук, профессора, главного научного сотрудника ФГБУ «НИЦ «Курчатовский институт», Курчатовский комплекс НБИКС-природоподобных технологий (замечания: не рассматривается совместное появление нескольких видов искажений изображения и их взаимное влияние на эффективность предлагаемых моделей и алгоритмов; из текста автореферата неясно не приводят ли предлагаемые методы к ухудшению качества при отсутствии существенных искажений в данных; в таблицах 2 и 3 автореферата не представлены оценки погрешностей расчётов; в формулировках пунктов 2 и 3 раздела «Научная новизна» используются термины «позитивное влияние» и «положительный эффект» без пояснения их конкретного смысла и применяемых критериев оценки).

2. Соколова Бориса Владимировича, доктора технических наук, профессора, руководителя лаборатории информационных технологий в системном анализе и моделировании – главного научного сотрудника ФГБУН «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр РАН», заслуженного деятеля науки РФ (замечания: в автореферате отсутствуют подробные сведения о сравнении эффективности разработанных моделей аугментации с альтернативными архитектурами при синтезе отдельных видов атмосферных осадков; не представлены результаты анализа устойчивости моделей к возможным артефактам и «галлюцинациям» генерации при различной сложности шаблонов; эффективность предложенных методов регуляризации внимания показана на примере их интеграции в известные модели восстановления изображений, однако не продемонстрировано их применение в собственной модели автора с канальным сжатием внимания).

3. Муравника Андрея Борисовича, доктора физико-математических наук, директора математического института имени академика С.М. Никольского факультета Физико-математических и естественных наук ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» (замечание: отсутствует сравнительный анализ модели WeatherTransformer с современными диффузионными моделями синтеза атмосферных эффектов).

4. Шахмаметовой Гюзели Радиковны, доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой вычислительной математики и кибернетики ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий» (замечания: в автореферате недостаточно раскрыты принципы выбора

параметров обучения моделей аугментации и критериев их совместного использования в программном комплексе, несмотря на их важность для общей схемы обработки изображений; не объяснено, почему в модели со сжатием канального внимания не применены совместно предложенные алгоритмы модификации пространственного внимания).

5. Барабанова Владимира Федоровича, доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой автоматизированных и вычислительных систем ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет» (замечания: не разъяснены отличия предложенной модификации механизма внимания (модуль CBSA в главе 3) от классической архитектуры self-attention; недостаточно исследовано влияние введённых модификаций (например, использование depthwise-свёрток) на итоговое качество результатов).

6. Сараева Павла Викторовича, доктора технических наук, доцента, профессора кафедры прикладной математики ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет» (замечания: не исследована применимость предложенных методов регуляризации внимания для существенно более глубоких моделей трансформеров; не вполне ясно, как выбирались параметры дисперсионной коррекции внимания и насколько устойчиво их влияние на различных датасетах).

7. Быковского Сергея Вячеславовича, кандидата технических наук, доцента ФГАОУ ВО «Университет ИТМО», факультет программной инженерии и компьютерной техники (замечания: в автореферате неясно, каким образом обосновывался выбор весовых коэффициентов в составной функции потерь (стр. 15); в экспериментальной части недостаточно рассмотрены вычислительная сложность и масштабируемость предложенных архитектур по сравнению с базовыми моделями; в таблице 1 отсутствуют явные оценки вычислительной сложности при различных значениях коэффициента сжатия, что не позволяет оценить влияние параметра L ; из описания таблицы 3 не вполне понятно, какие данные использовались в качестве эталонных при расчёте метрик качества синтезированных изображений).

8. Сергеева Михаила Борисовича, доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой вычислительных систем и сетей ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения» (замечания: не приведено сравнение разработанной модели WeatherTransformer с диффузионными моделями и современными GAN-архитектурами, что позволило бы усилить экспериментальную часть; не обсуждаются возможные ограничения применимости предложенных алгоритмов регуляризации внимания в более глубоких многослойных трансформерах).

9. Руденко Марины Анатольевны, кандидата технических наук, доцента кафедры компьютерной инженерии и моделирования, директора Центра искусственного интеллекта и анализа больших данных ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского» (замечания: в автореферате для более полного контекста целесообразно расширить сравнение предложенных архитектур с другими современными и легковесными моделями восстановления изображений; в недостаточной степени раскрыта практическая польза изображений, синтезированных с помощью модели WeatherTransformer, при использовании их в качестве аугментации данных для downstream-задач (классификация, сегментация, детекция) на реальных датасетах по сравнению с базовыми методами аугментации).

Все отзывы положительные, содержат рекомендации по присуждению Н. И. Бережнову ученой степени кандидата технических наук.

Выбор официальных оппонентов обосновывается их компетентностью в соответствующей отрасли науки, наличием у них публикаций по тематике диссертации, а также их согласием выступить в качестве оппонентов.

Выбор ведущей организации обосновывается ее достижениями в соответствующей области исследований и возможностью квалифицированно определить научную и практическую ценность результатов диссертации, что также подтверждается публикационной активностью указанной организации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны и теоретически обоснованы новые подходы к регуляризации механизма внимания и процесса обучения нейронных сетей трансформерного типа, отличающиеся включением стохастических аддитивных и мультипликативных составляющих при вычислении весов внимания и введением обучаемой матрицы масштабных коэффициентов, что позволяет сглаживать распределение весов и предотвращать их неконтролируемый рост, а также оказывать положительное с точки зрения достигаемых показателей качества обработки изображений влияние на работу механизма внимания в режиме насыщения функции активации;

разработаны модели и алгоритмы аугментации изображений, включая новую архитектуру глубокой нейронной сети, объединяющую сверточный энкодер-декодер и механизм перекрестного внимания для генерации изображений в условиях атмосферных осадков при сохранении структурной целостности сцены;

введена составная функция потерь, используемая для обучения моделей аугментации изображений и учитывающая различные аспекты

качества синтезируемых изображений в условиях атмосферных помех различных типов;

предложены усовершенствованные каналные и пространственные механизмы внимания в моделях-трансформерах, для чего применено сжатие признаков в канальном внимании и реализованы адаптивные механизмы регуляризации пространственного внимания; полученные решения позволили повысить качество восстановления изображений при одновременном снижении вычислительной сложности моделей и легли в основу новых архитектур нейросетей трансформерного типа, эффективность которых подтверждена экспериментально;

предложена методика совместного применения алгоритмов восстановления и аугментации изображений, основанная на объединении улучшенных архитектур трансформеров с механизмами внимания и специализированных моделей генерации искажений; создан реализующий методику программный комплекс и экспериментально подтверждена эффективность использования синтезированных (сгенерированных) на его основе изображений в качестве дополнительного обучающего материала для повышения точности решений задач восстановления, классификации и сегментации при дефиците реальных данных.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана теорема и ряд сопутствующих утверждений о регуляризации обучения весов внимания при внесении стохастических составляющих в матрицу скалярных произведений внимания, что обеспечивает возможность повышения эффективности и устойчивости работы глубоких нейронных сетей в системах компьютерного зрения и расширяет существующие представления о методах улучшения качества изображений;

изучены возможности повышения качества восстановления изображений на основе предложенных модификаций пространственного и канального внимания при их включении в современные базовые архитектуры нейронных сетей трансформерного типа;

раскрыты ограничения традиционных механизмов самовнимания и продемонстрированы пути их преодоления посредством разработанных методов регуляризации и модификаций архитектур трансформеров;

применительно к проблематике диссертации результативно использованы методы математического анализа, теории вероятностей, методы машинного обучения в глубоких нейронных сетях, включая трансформерные архитектуры, генеративные модели и алгоритмы аугментации данных.

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

разработанные алгоритмы и созданный программный комплекс могут быть внедрены в прикладные системы компьютерного зрения, включая системы автоматического видеонаблюдения в сложных погодных условиях, средства аэрокосмического мониторинга, методы улучшения качества медицинских томографических изображений, а также системы обработки фотографий в мобильных устройствах;

определены перспективы совместного применения разработанных моделей и алгоритмов восстановления и аугментации изображений в интересах повышения эффективности решения комплекса задач компьютерного зрения (классификации, семантической сегментации, детекции объектов) при обработке изображений в условиях помех и искажений различных типов;

результаты **внедрены** в образовательный процесс ФГБОУ ВО «ВГУ» и используются при чтении лекций и проведении практических занятий, а также при выполнении выпускных квалификационных работ;

практическая значимость результатов диссертации также подтверждается их реализацией в рамках научно-исследовательских работ с внешним финансированием от квалифицированного заказчика, выполненных ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», в которых соискатель принимал непосредственное участие в качестве исполнителя.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ все представленные результаты получены на реальных и моделированных данных, воспроизводимость результатов и выводов подтверждена повторными испытаниями на независимых наборах изображений;

теоретические положения диссертации опираются на общепринятые методы теории вероятностей и машинного обучения и подтверждаются результатами серии вычислительных экспериментов;

идея базируется на применении модифицированных механизмов внимания и предложенных алгоритмов аугментации обучающих данных для повышения качества восстановления изображений в условиях различного рода искажений аппликативного характера;

полученные автором результаты сопоставлены с данными современной научной литературы и демонстрируют согласование с известными закономерностями, в отдельных случаях показывая совпадение с ранее опубликованными решениями;

при проведении исследований использованы распространенные открытые наборы данных, стандартные методики обучения и тестирования нейронных сетей, общепринятые метрики оценки качества восстановления

изображений, что гарантирует обоснованность и надежность полученных выводов.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии на всех этапах исследования, включая разработку и теоретическое обоснование новых алгоритмов, архитектур нейронных сетей и методов обработки изображений, программную реализацию созданных моделей, постановку и проведение экспериментальных исследований, сбор и предобработку данных, анализ и интерпретацию результатов. Все ключевые решения диссертации (новые механизмы внимания, алгоритмы аугментации, архитектуры нейросетей и программные модули) разработаны и реализованы лично соискателем. Автор принял основное участие в подготовке публикаций по теме диссертации, включая статьи в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, и в получении свидетельства о регистрации программы для ЭВМ.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было. Были высказаны следующие замечания и заданы вопросы:

1. Сверточных нейронных сетей существует множество разновидностей, и в презентации доклада, автореферате не было представлено сравнение с ними в задачах восстановления изображений.

2. На странице 4 автореферата при описании архитектуры Transformer перечислены авторы работ, а не сами работы. Ссылки на работы следует оформлять как ссылки на работы, а не как перечисление авторов. Также целесообразно было бы пожертвовать сверхплотным набиванием информации в автореферате в пользу его большей читаемости, в том числе добавить актуальную литературу.

Заданы следующие вопросы:

1. Чем предложенный подход отличается от свёрточных нейронных сетей? Лучше или хуже?

2. Все примеры рассмотрены для некогерентного (естественного) света? Не в лазерном поле?

3. Дайте определение запросов, ключей и значений. Что представляют собой матричные элементы для матриц Q , K , V ? В чём смысл?

4. Применимы ли ваши алгоритмы в системах реального времени? Замерялось ли время инференса?

5. Предлагаются модификации механизмов внимания, регуляризация, архитектурные изменения — насколько они универсальны? Применимы ли в других задачах, помимо восстановления изображений?

6. Что здесь понимается под тензором? Как определяется тензор?

7. Существует ли аксиоматика для коэффициентов внимания? Какие их свойства? Могут ли они быть отрицательными? В каком диапазоне изменяются?

8. Поясните смысл своей теоремы.

9. Может ли стохастическая составляющая быть аддитивной? Или всегда мультипликативная?

С замечаниями соискатель согласился и дал на них следующие ответы и привел собственную аргументацию:

1. В диссертации проведено сравнение различных методов восстановления изображений, включая Transformer-архитектуры с модифицированным механизмом внимания и сверточные нейронные сети (MIRNet, REDNet). Показано, что Transformer-архитектуры имеют метрики выше, чем сверточные. Результаты сравнения представлены только в тексте диссертации.

Соискатель Н. И. Бережнов ответил на все заданные ему в ходе заседания вопросы:

1. Transformer-архитектуры с модифицированным механизмом внимания учитывают как глобальные, так и локальные взаимосвязи между признаками изображения. В работе проведено сравнение различных методов восстановления, включая MIRNet и REDNet. Показано, что Transformer-архитектуры имеют метрики выше, чем сверточные.

2. Да, большинство примеров рассмотрены в естественном свете. Отдельно исследовалась помеха в виде искусственной засветки. Предложенные методы также могут быть применены в других областях, например в медицинской томографии для восстановления рентгеновских снимков.

3. Тензоры Q , K , V получаются из входного изображения путём прохождения через сверточные слои и слои линейного погружения, далее перемножаются между собой. Это определённая абстракция – по аналогии с базами данных: к базе данных применяются запросы, по ключам выбираются значения.

4. Сам инференс не исследовался, но сравнивалось количество весовых параметров. При канальном сжатии отслеживалось уменьшение числа параметров. Задача реального времени (видеопоток, ≤ 200 мс) выходит за рамки диссертации, но подобные исследования возможны в дальнейшем.

5. Модификации рассматривались в первую очередь для задач восстановления изображений. Однако задача регуляризации является более фундаментальной – сглаживание доминирующих весов предотвращает переобучение модели, поэтому подобные механизмы можно использовать и в других задачах.

6. Одно изображение – это тензор третьей размерности (ширина \times высота \times канал). После сверточных слоёв количество каналов изменяется. При обработке батчами добавляется первое измерение – количество изображений в батче. По сути это многомерная матрица.

7. Все коэффициенты положительные, от 0 до 1. Функция Softmax нормирует их так, что сумма каждой строки матрицы внимания равна 1. Отрицательными становятся не сами коэффициенты внимания, а дополнительные коэффициенты при добавлении случайной величины h . Доказано, что если изначально $a_T > a_S$, то результирующие s_T и s_S получают обратное соотношение, что создает эффект регуляризации – сглаживание неравномерных весов.

8. Смысл теоремы: можно внести случайную составляющую (добавку или коэффициент), которая на практике позволяет осуществлять регуляризацию механизма внимания – сглаживать доминирующие веса.

9. Да, составляющая может быть аддитивной. Softmax использует возведение экспоненты в степень, поэтому задача аддитивного добавления сводится к мультипликативному.

На заседании 6 февраля 2026 года диссертационный совет принял решение: за решение научной задачи совершенствования механизмов внимания в глубоких нейронных сетях трансформерного типа, а также разработку новых моделей аугментации изображений в системах компьютерного зрения, имеющей важное значение в области искусственного интеллекта и машинного обучения, присудить Бережнову Н. И. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 16 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 14, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Заместитель председателя
диссертационного совета 24.2.288.11



Леденева Татьяна
Михайловна

Ученый секретарь
диссертационного совета 24.2.288.11

Медведева Ольга
Александровна

6 февраля 2026 г.