

## ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на диссертационную работу Достоваловой Анастасии Михайловны «Вероятностно-информированные нейросетевые модели анализа изображений при ограниченных обучающих данных», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.1. – «Искусственный интеллект и машинное обучение»

**Целью** диссертационного исследования А.М. Достоваловой является развитие фундаментальных основ методов вероятностного информирования глубоких нейронных сетей для задач обработки изображений в случае ограниченности обучающих наборов. Под данным термином в диссертации объединены малые, существенно неоднородные и несбалансированные обучающие датасеты. Этот случай весьма распространен в разнообразных приложениях, но в диссертации делается А.М. Достоваловой акцент на весьма важную область, связанную с обработкой сигналов, получаемых со спутников, радиолокаторов и беспилотных систем. Современные нейросетевые решения, использующие, например, методы переноса обучения, часто демонстрируют результаты неудовлетворительной точности при работе с такими специализированными данными. При этом обоснование эффективности развиваемых подходов должно иметь качественный аналитический базис, а не основываться сугубо на вычислении метрик на наборе бенчмарков. Все это свидетельствует о высокой **актуальности** проведенных А.М. Достоваловой исследований и полученных результатов.

Особенностью области обработки изображений является отсутствие математических моделей для объектов на них. Это существенно ограничивает возможность ставшего весьма востребованным в последние годы подхода физического информирования нейронных сетей. Несмотря на отсутствие явных моделей, для многомерных сигналов, которыми являются изображения, возможно построение вероятностных аппроксимаций, моделирующих их изменчивость и искажения различными, в том числе случайными, помехами. Подход информирования нейронных сетей вероятностными моделями исследуемых данных открывает новые возможности для обработки ограниченных наборов. Это подробно исследуется в диссертации А.М. Достоваловой.

**Научная значимость диссертационного исследования** А.М. Достоваловой заключается в создании эффективных подходов вероятностного информирования нейросетевых архитектур для решения задач классификации и сегментации изображений в условиях ограниченных наборов. Автором разработаны вероятностно-информированные нейросетевые модели для анализа разных типов ограничений на обучающие наборы изображений, которые встречаются в таких прикладных задачах, как анализ сильно зашумленных спутниковых снимков, отслеживание малых объектов, или классификация снимков редких объектов. Важным результатом диссертации являются аналитические обоснования выбора конкретного типа информирования (архитектурное, на уровне признаков или комбинированное) на основе доказательства свойств внедряемых вероятностных моделей. Кроме того, теоретически продемонстрирована возможность более вычислительно эффективного обучения предложенных в диссертации архитектур, что подтверждается и в экспериментах с открытыми датасетами. Разработанные методы

вероятностного информирования обладают высокой степенью новизны и практической применимости, что подтверждается их апробацией на международных и всероссийских научных конференциях, публикацией в ведущих отечественных и зарубежных рецензируемых изданиях, в том числе относящихся к первому и второму уровням в Web of Science, Scopus и/или «Белом списке».

Диссертация А.М. Достоваловой удачно структурирована. В каждой из трех глав представлены методы преодоления ограничений в достаточности по своим постановкам задач обработки изображений, которые при этом учитывают те или иные особенности обучающих наборов, рассматриваемые в диссертации. Так, в главе 1 исследуются методы преодоления небольшого объема сложно-структурированных обучающих данных за счет информирования математической моделью факторного анализатора. Вторая глава ориентирована на способы информирования в задачах с существенно неоднородными данными – здесь используются конечные смеси распределений и квадродерева. Третья глава ориентирована на преодоления сильного дисбаланса классов за счет информирования графовых нейросетевых моделей мультикомпонентными полями Маркова. В каждой из глав рассмотрены аналитические обоснования для построения соответствующей архитектуры, изучены ее свойства, например, связанные с вычислительной эффективностью, скоростью обучения, а также проведено аккуратное эмпирическое тестирование на открытых датасетах с использованием принятых в искусственном интеллекте подходов, например, кросс-валидации и сопоставления с различными известными для данной задачи архитектурами.

В диссертации разработаны и применены подходы вероятностного информирования глубоких нейронных сетей для решения разнообразных задач обработки изображений. **Научная новизна работы** заключается в получении А.М. Достоваловой следующих результатов:

1. Предложен метод архитектурного информирования моделью Марковского случайного поля нейронных сетей и доказаны теоремы о более быстром убывании функции потерь.
2. Разработан метод архитектурного информирования моделью факторного анализатора с импульсно-аддитивным шумом в блоке слияния признаков и доказаны теоремы о его аналитических свойствах и вычислительной сложности.
3. Предложен метод комбинированного информирования на уровне признаков и архитектуры сети композицией моделей конечной смеси вероятностных распределений и случайного поля Маркова и доказана теорема о повышении точности обработки неоднородных наборов данных.
4. Установлен ряд аналитических свойств модели случайного поля Маркова в виде квадродерева, в том числе доказана теорема о связи с графовыми нейронными сетями.

Полученные в диссертации результаты могут быть применены при решении разнообразных задач обработки ограниченных наборов изображений, в том числе специальных, например, аэрокосмических снимков земной поверхности или изображений с беспилотных летательных устройств.

Результаты диссертационного исследования А.М. Достоваловой опубликованы в 13 печатных работах, причем девять являются статьями в рецензируемых изданиях из перечня ВАК и учитываемых наравне с ним международных наукометрических баз Scopus и WoS; четыре из них соответствуют уровню первого и второго квартилей. Результаты диссертации представлялись на научных семинарах, российских и международных научных конференциях, включая Международную конференцию по искусственному интеллекту AI Journey (Москва 2024 и 2025 гг.).

В процессе выполнения диссертационной работы А.М. Достовалова продемонстрировала высокий уровень фундаментальной математической подготовки, способность к самостоятельному решению сложных научных задач, владение современными подходами в области нейронных сетей, а также навыки работы с классическими методами вычислительной статистики и численных методов.

Диссертационная работа Достоваловой Анастасии Михайловны «Вероятностно-информированные нейросетевые модели анализа изображений при ограниченных обучающих данных». является завершенной самостоятельной научно-квалификационной работой, содержащей новые научные результаты. Диссертация соответствует всем требованиям, предъявляемым ВАК к диссертациям на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.1 «Искусственный интеллект и машинное обучение», а ее автор заслуживает присуждения указанной ученой степени.

Научный руководитель,  
главный научный сотрудник отдела № 64  
Федерального исследовательского центра  
«Информатика и управление» Российской академии наук,  
доктор физико-математических наук, доцент

Горшенин А.К.

17.03.2026

