

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор Федерального
государственного бюджетного
учреждения науки «Институт
системного программирования им.
В.П. Иванникова» Российской
академии наук»,
академик РАН



А.И. Аветисян

« 14 » 05 2026 г.

МП

ОТЗЫВ

ведущей организации – Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт системного программирования им. В.П. Иванникова» Российской академии наук – на диссертационную работу Достоваловой Анастасии Михайловны на тему «Вероятностно-информированные нейросетевые модели анализа изображений при ограниченных обучающих данных», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.1 – «Искусственный интеллект и машинное обучение»

Актуальность темы

В последние годы наблюдается активное внедрение нейросетевых моделей в критически важные области, включая решение задач методами компьютерного зрения. Обучающие данные во многих прикладных областях имеют существенную специфику, что не позволяет использовать открытые датасеты и существенным образом сказывается на обобщающей способности нейросетевых алгоритмов.

В диссертационной работе А.М. Достоваловой предложен новый подход для преодоления указанных сложностей для повышения точности обработки ограниченных наборов изображений в задачах компьютерного зрения. Под ограниченными в диссертации понимаются малые, сильно неоднородные или несбалансированные датасеты. Суть подхода А.М. Достоваловой заключается в адаптации концепции нейросетевого информирования для анализа изображений, для которых неизвестны явные физические модели, но при этом возможно построение вероятностных аппроксимаций. Предложенный подход позволяет более эффективно учитывать скрытые закономерности данных на основе разнообразных вероятностных моделей и использовать их в ходе обучения нейронных сетей. Это открывает возможности к повышению точности предсказаний без необходимости усложнения обучающих наборов, например, за счет дополнительных наблюдений.

Таким образом, тема диссертационной работы Достоваловой А.М. является актуальной.

Характеристика содержания диссертационной работы

Диссертация имеет общий объём 160 страниц и состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы из 231 источников.

Во введении обосновывается актуальность проблемы, формулируются цель и задачи диссертационной работы, указана научная новизна результатов исследования, раскрыта их теоретическая и практическая значимость и приводятся основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе представлен подход информирования нейросетевых архитектур моделью факторного анализатора с импульсно-аддитивным шумом для более точной классификации малых наборов изображений. Анализируются статистические свойства модели факторного анализатора с импульсно-аддитивным шумом и оценок ее параметров. Устойчивость оценок к систематическим искажениям обосновывает использование модели при обработке малых наборов. Информирование моделью реализовано на уровне архитектуры сети. Аналитически доказано, что число выполняемых операций в информированной архитектуре может быть ниже, чем у неинформированных аналогов. Результат подтверждается экспериментально при тестировании на ряде открытых наборов изображений.

Во второй главе описан метод информирования композицией вероятностных моделей для сегментации неоднородных наборов изображений, обладающих ярко выраженными внутриклассовыми различиями. Модель смеси вероятностных распределений, описывающая яркостные свойства пикселей, используется для информирования нейронной сети на уровне входных признаков, что обосновывается теоретическим результатом – доказанной теоремой о порядке ошибки аппроксимации с помощью информированной смеси сети дифференцируемой функции в сравнении с неинформированными аналогами. Информирование полем Маркова в виде квадродерева, описывающим пространственные связи между пикселями, реализуется в отдельном архитектурном блоке, согласно доказанной в диссертации теореме о связи с графово-сверточными нейросетями. Результаты тестирования предложенного подхода информирования композицией моделей демонстрирует высокую эффективность при обработке реальных радиолокационных снимков Земной поверхности.

В третьей главе представлен метод информирования нейросетевых архитектур моделью поля Маркова в виде квадродерева для сегментации несбалансированных наборов. Доказанное во второй главе свойство эргодичности обосновывает использование подобной модели для информирования в данной задаче. Доказано, что информированная квадродеревом сеть способна обучаться быстрее, чем ее неинформированные аналоги. Экспериментальная оценка на открытых наборах аэрокосмических изображений демонстрирует значимое преимущество информированной архитектуры по сравнению с известными сверточными и трансформерными сегментаторами.

В заключении сформулированы основные результаты диссертации.

Новизна и достоверность полученных результатов

Основные научные результаты, полученные в диссертационной работе, являются новыми и заключаются в следующем:

1. Разработан метод архитектурного информирования моделью Марковского случайного поля нейронных сетей с доказательством теорем о более быстром убывании функции потерь.

2. Разработан метод архитектурного информирования моделью факторного анализатора с импульсно-аддитивным шумом в блоке слияния признаков с доказательством теорем о его аналитических свойствах и оценке вычислительной сложности.

3. Разработан метод комбинированного информирования на уровне признаков и архитектуры сети композицией моделей конечной смеси вероятностных распределений и случайного поля Маркова с доказательством теоремы о повышении точности обработки неоднородных наборов данных.

4. Доказаны аналитические свойства модели Марковского случайного поля в виде квадродерева, в том числе теорема о связи с графовыми нейронными сетями.

Достоверность результатов диссертации подтверждается строгими математическими доказательствами теорем (о свойствах моделей смеси распределений, факторного анализатора и поля Маркова в виде квадродерева и строящихся на их основе нейросетевых архитектур), экспериментальной оценкой точности предложенных методов на наборах данных из открытых репозиториях, а также сравнительным анализом с существующими подходами, включая трансформерные архитектуры для сегментации и классификации изображений.

Теоретическая значимость и практическая ценность

Теоретическая значимость результатов диссертации заключается в развитии подходов вероятностного информирования нейросетевых моделей для решения задач обработки малых, сильно несбалансированных и неоднородных наборов изображений. Сформулированные и доказанные теоремы обосновывают выбор модели для информирования в зависимости от решаемой задачи, а также определяют способ его реализации – на уровне входных признаков или архитектуры нейронной сети. Полученные результаты создают основу для построения математически строгой теории в области методов информирования нейросетевых моделей.

Практическая значимость полученных результатов заключается в том, что предложенные методы информирования могут применяться для обработки специфичных научных или технических данных. Эффективность разработанных методов подтверждается при решении задач анализа аэрокосмических данных, таких как сегментация поверхностей, а также выделение на снимках малоразмерных объектов для мониторинга городского трафика или судов в акватории.

Замечания по работе

Имеются следующие замечания по тексту диссертации:

1. Отсутствует сравнение с методами аугментации и полуавтоматического обучения. Заявленная в диссертации актуальность работы связана с проблемой ограниченных обучающих данных. Тем не менее в экспериментальных разделах не проводится сравнение предложенных методов информирования с современными подходами аугментации данных (в том числе с использованием генеративных моделей) и методами полуавтоматического обучения (semi-supervised learning), которые также активно применяются для решения аналогичных задач. Такое сравнение позволило бы более полно позиционировать вклад диссертации в контексте широкого спектра методов работы с ограниченными данными.

2. В разделах 1.4.2, 2.5.2 и 3.4.2 при описании гиперпараметров обучения отсутствует информация о стратегии выбора начального значения генератора случайных чисел (random seed), количестве независимых запусков и дисперсии получаемых результатов. Учитывая, что работа направлена на повышение точности обработки ограниченных наборов данных, где результаты могут существенно варьироваться от запуска к запуску, представление только средних значений метрик без доверительных интервалов или стандартных отклонений снижает строгость экспериментальной части.

3. На с. 12 диссертации цель исследования сформулирована с повторением слова «развитие» («...является развитие развитие теоретически обоснованных...»), что свидетельствует о недостаточно аккуратной редакционной проработке текста, хотя это обстоятельство не оказывает значительного влияния на восприятие содержательной составляющей исследования.

Указанные недостатки не снижают общей положительной оценки диссертационной работы А.М. Достоваловой.

Рекомендации по использованию результатов

Результаты диссертационной работы Достоваловой А.М. могут быть использованы в целом ряде прикладных областей:

– В задачах мониторинга положения судов в акватории или автомобилей на дорогах по аэрокосмическим снимкам поверхности Земли – непосредственно на основе предложенных в диссертации моделей.

– В задачах ускорения нанесения разметки при формировании датасетов для сегментации изображений. Методы для работы с малыми наборами, развитые в диссертации А.М. Достоваловой, могут быть применены для нанесения предварительной разметки с последующим уточнением вручную оператором.

– В задачах поиска людей на изображениях, получаемых с помощью беспилотных летательных аппаратов, при проведении спасательных операций, так как предложенные в работе методы информирования для борьбы с дисбалансом классов продемонстрировали высокую точность выделения на снимках малоразмерных объектов.

– В современной медицинской диагностике для выявления патологий, например, на томографических изображениях. Разработанные А.М. Достоваловой методы сегментации могут стать основой для инструментов обнаружения пораженных участков, определения положения, формы и размеров образований.

Заключение по работе

Диссертация Достоваловой А.М. является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная задача создания вероятностно-информированных нейросетевых моделей для анализа изображений при ограниченных обучающих данных.

Диссертация соответствует паспорту научной специальности 1.2.1 – «Искусственный интеллект и машинное обучение», а именно пунктам 15 и 5 в части развития математических основ современного искусственного интеллекта, п.4 в части разработки методов и алгоритмов искусственного интеллекта для обработки изображений и п.17 в части исследования многослойных нейросетей.

Результаты диссертации в полной мере отражены в 13 публикациях автора, из которых 9 – статьи в рецензируемых научных изданиях из перечня ВАК и приравненных к ним международных наукометрических баз (из них 4 – в журналах первого-второго квартилей Web of Science или Scopus), и апробированы на крупных тематических отечественных и международных научных конференциях. Автореферат содержит в краткой форме все основные полученные соискателем результаты и корректно отражает содержание диссертации.

Диссертационная работа Достоваловой А.М. полностью соответствует всем требованиям ВАК РФ (пп. 9-14 «Положения о присуждении учёных степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842), предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук, а ее автор, Достовалова Анастасия Михайловна, заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.1 – «Искусственный интеллект и машинное обучение».

Настоящий отзыв обсуждался и был одобрен на заседании отдела «Информационные системы» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института системного программирования им. В.П. Иванникова Российской академии наук «28» апреля 2026 г., протокол № 3. Присутствовало на заседании 14 человек. Результаты голосования: принято единогласно.

К ф.–м. н.,
научный сотрудник отдела
«Информационные системы» ИСП РАН

Дробышевский Михаил Дмитриевич

Сведения о составителе отзыва:

Фамилия, имя, отчество: *Дробышевский Михаил Дмитриевич*

Ученая степень: *кандидат физико-математических наук*

Наименование отрасли наук, научных специальностей, по которым составителем защищена диссертация: *05.13.11 – Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей*

Должность: *научный сотрудник*

Контактный телефон: +7(495) 912-56-59 (доб. 461)

e-mail: *drobyshevsky@ispras.ru*

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт системного программирования им. В.П. Иванникова» Российской академии наук (ИСП РАН)

Адрес: 109004, Россия, г. Москва, ул. А. Солженицына, дом 25

Сайт: <https://www.ispras.ru>

Телефон: (495) 912-44-25

E-mail: info-isp@ispras.ru