

УТВЕРЖДАЮ



Проректор
по научной работе, к.ф.-м.н.

Баган Виталий
Анатольевич

5 «24» сентября 2026 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного автономного образовательного
учреждения высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»
(МФТИ, Физтех)

Диссертация «Методы активного обучения детекторов объектов в задачах видеоаналитики на основе масштабируемых представлений» выполнена на кафедре интеллектуальных систем федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

В период подготовки диссертации с 2023 г. по настоящее время соискатель **Соколов Василий Александрович** работал младшим специалистом по обучению нейронных сетей подразделения разработки алгоритмов цифрового зрения в обществе с ограниченной ответственностью «Норд Вижен Интелледженс Ресерч» (с 10 апреля 2023 г. по 22 мая 2024 г.), исследователем, затем ведущим исследователем департамента исследований в обществе с ограниченной ответственностью «ВиженЛабс» (с 23 мая 2024 г. по 1 августа 2025 г.). С 5 августа 2025 г. по настоящее время занимал должность старшего математика-разработчика в обществе с ограниченной ответственностью «Озон Технологии».

В 2023 г. Соколов В. А. окончил федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)» по направлению подготовки 16.04.01 «Техническая физика». В 2026 г. окончил МФТИ по программе подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре «Компьютерные науки и информатика».

Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана в 2026 г. федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)».

Научный руководитель – доктор технических наук Матвеев Иван Алексеевич. Основное место работы – Федеральное государственное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук», главный научный сотрудник.

По итогам обсуждения диссертации «Методы активного обучения детекторов объектов в задачах видеоаналитики на основе масштабируемых представлений» **принято следующее заключение.**

Актуальность темы. В современных условиях нейросетевая детекция объектов стала основным инструментом систем видеоаналитики и промышленного контроля, а также мониторинга инфраструктуры. Точность таких систем в значительной мере зависит от состава обучающей выборки. Расширение выборки требует разметки положения и класса каждого объекта; эта процедура существенно дороже классификации изображения в целом и ограничивает перенос детектора в новые условия. Поэтому при ограниченном бюджете разметки используется так называемое активное обучение: из неразмеченного набора выбираются изображения, добавление которых, как ожидается, обеспечит наибольший прирост качества модели. Состав очередного пакета задаёт критерий отбора.

Известные критерии отбора имеют существенные ограничения. Критерии неопределённости показывают неуверенность модели, но не позволяют установить, дополняет ли новый пример уже размеченные данные. Критерии разнообразия, опирающиеся на сходство изображений в целом, не различают отдельные объекты и визуальные подгруппы одного класса. PPAL, лучший известный из литературы критерий, сравнивает объекты, однако максимизирует взаимные отличия внутри пакета, а не новизну относительно разметки; признаки извлекаются из пространства вероятностей, а не со всех масштабов детектора, а попарное сравнение требует больших затрат. Это обуславливает необходимость критерия, который оценивает отдельные объекты, учитывает внутриклассовые визуальные различия, использует признаки со всех масштабов и измеряет новизну относительно размеченного множества.

В работе соискателя предлагается метод активного обучения детекторов, рассчитанный на отбор данных с небольшими вычислительными затратами и учитывающий признаки отдельных объектов, внутриклассовую вариативность и различия в масштабе.

Цели и задачи диссертации:

1. Провести анализ критериев активного обучения детекторов применительно к видеоаналитике и сформулировать требования к таким критериям; установить, в какой мере существующие подходы удовлетворяют этим требованиям.

2. Разработать критерий отбора на основе локальных представлений объектов. Исследовать метрические способы оценки полезности изображения и проверить влияние предложенного критерия на качество детекции при фиксированном объёме разметки.

3. Разработать способ получения двумерных вложенных эмбеддингов объектов, при котором вложенные подвекторы сохраняют признаки разных масштабов. Оценить влияние этого способа на качество детекции, а также на точность и скорость поиска ближайших соседей.

4. Разработать метод активного обучения с последовательным уточнением поиска по вложенным представлениям возрастающей размерности. Сопоставить его с критерием фиксированной размерности и с известными в литературе подходами по качеству детекции и полному времени подготовки данных к разметке.

Основные результаты диссертации:

1. Разработан метод активного обучения AREA. Он направлен на пополнение выборки изображениями, содержащими недостаточно представленные визуальные разновидности объектов одного класса. Предложен способ извлечения и объединения локальных эмбеддингов со всех масштабов детектора без округления координат областей интереса. Отбор определяется новизной найденных объектов относительно размеченного множества, а не сходством изображений в целом.

2. Предложен способ формирования вложенных пространственных представлений объектов. Полные и сокращённые представления обучаются совместно, а чередование признаков разных масштабов сохраняет эти признаки в векторах малой размерности. Показана возможность ускорить поиск ближайших соседей без увеличения числа параметров модели.

3. Разработан метод активного обучения MAREA. Вложенные представления извлекаются из промежуточных карт признаков, а сравнение объектов выполняется каскадно, с последовательным увеличением размерности. Показано преимущество MAREA над AREA и над PPAL – лучшим известным из литературы критерием активного обучения детекторов – по качеству детекции и скорости отбора.

Все результаты диссертации получены лично соискателем при научном руководстве доктора технических наук Матвеева И. А.

Научная новизна работы. Предложен критерий активного обучения, в котором полезность изображения оценивается по тому, как локальные представления новых объектов расположены относительно размеченного множества; описание объекта формируется путём объединения признаков соответствующих ему областей на картах разного пространственного разрешения. Впервые разработан способ обучения детектора, формирующий из карт активации семейство двумерных вложенных согласованных представлений объектов, пригодных для быстрого поиска ближайших соседей. Кроме того, предложен метод активного обучения, сочетающий чередование признаков уровней пирамиды с каскадным поиском ближайших соседей, что ускоряет отбор данных и повышает его качество.

Практическая ценность. Разработанный подход внедрён и используется в специализированном программном обеспечении для видеомониторинга на основе глубоких нейросетевых детекторов в компании общество с ограниченной ответственностью «ВК Интеллектуальные Транспортные Системы».

Обоснованность и достоверность результатов и выводов

Выводы диссертации подтверждены вычислительными экспериментами, выполненными с помощью разработанных алгоритмов и программ. Теоретическую и методологическую основу исследования составляют методы активного обучения, нейросетевой детекции объектов, обучения векторных представлений и поиска ближайших соседей. Обоснованность результатов обеспечивается корректным применением этих методов, использованием стандартных мер качества детекции и сопоставлением предложенных решений с известными критериями отбора на нескольких наборах данных. В экспериментах оценивались качество детекции и время подготовки данных к разметке. Для достоверности полученных результатов использовались методы статистической обработки данных, многократные повторения экспериментов с различными значениями случайной инициализации параметров алгоритма.

Материалы диссертации опубликованы соискателем достаточно полно в следующих работах:

1. Sokolov V. A., Matveev I. A., Teplyakov L. M. Extracting Embeddings for Active Learning Corresponding to Regions of Interest in an Image // Pattern Recognition and Image Analysis. – 2025. – Vol. 35, No. 3. – P. 417–426. – DOI: 10.1134/S1054661825600772.
2. Матвеев И. А., Соколов В. А. Модификация нейросетевого детектора для получения вложенных эмбеддингов объектов // Известия Российской академии наук. Теория и системы управления. – 2026. – № 4. – С.78–87. – DOI: 10.7868/S3034644426040076.
3. Соколов В. А., Матвеев И. А., Тепляков Л. М. Выделение эмбеддингов для активного обучения, соответствующих регионам интереса на изображении // Интеллектуализация обработки информации: тезисы докладов 15-й Международной конференции, 2024. – С. 45–46.
4. Соколов В. А., Матвеев И. А., Тепляков Л. М. Критерий активного обучения на основе анализа локальных эмбеддингов // 67-я Всероссийская научная конференция Московского физико-технического института: тезисы докладов. Прикладная математика и информатика. – 2025. – С. 127–129.
5. Соколов В. А., Матвеев И. А. Использование эмбеддингов-матрёшек в критерии отбора для активного обучения свёрточных сетей // Математические методы распознавания образов: тезисы докладов 22-й Всероссийской конференции. – 2025. – С. 83–85.

Личный вклад соискателя в работах с соавторами заключается в следующем:

[1-5]: постановка задачи, реализация методов, постановка численных экспериментов, анализ результатов, подготовка материалов к публикации

Основные результаты работы были представлены на следующих научных конференциях и семинарах:

1. 15-я Международная конференция «Интеллектуализация обработки информации» (ИОИ-2024), Гродно, Беларусь, 23–27 сентября 2024 г.

2. 67-я Всероссийская научная конференция Московского физико-технического института, Долгопрудный, Россия, 31 марта – 5 апреля 2025 г.

3. 22-я Всероссийская конференция «Математические методы распознавания образов», Муром, Россия, 22–26 сентября 2025 г.

4. 10-й Международный семинар «Image Mining. Theory and Applications» (ИМТАХ-2026) в рамках 28-й Международной конференции по распознаванию образов (ICPR-2026), Лион, Франция, 21 августа 2026 г.

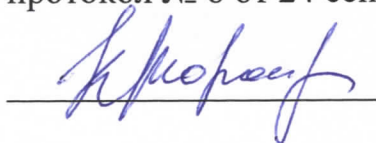
Содержание диссертации соответствует паспорту научной специальности 1.2.1. Искусственный интеллект и машинное обучение, в частности, пунктам:

- пункт 4 – «Разработка методов, алгоритмов и создание систем искусственного интеллекта и машинного обучения для обработки и анализа текстов на естественном языке, для изображений, речи, биомедицины и других специальных видов данных». В части: «обработки и анализа изображений»;
- пункт 13 – «Методы и средства формирования массивов данных и прецедентов, включая «большие данные», необходимых для решения задач искусственного интеллекта и машинного обучения. Проблемно-ориентированные коллекции данных для важных прикладных областей». В части: «формирования массивов данных и прецедентов, необходимых для решения задач искусственного интеллекта и машинного обучения»;
- пункт 16 – «Исследования в области специальных методов оптимизации, проблем сложность и элиминации перебора, снижения размерности». В части: «специальных методов оптимизации и снижения размерности»;
- пункт 17 – «Исследования в области многослойных алгоритмических конструкций, в том числе – многослойных нейросетей».

Диссертация соискателя Соколова Василия Александровича соответствует требованиям пунктов 9, 10 и 14 Положения о присуждении учёных степеней, утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842.

Диссертация «Методы активного обучения детекторов объектов в задачах видеоаналитики на основе масштабируемых представлений» **Соколова Василия Александровича** рекомендуется к защите на соискание учёной степени кандидата технических наук по научной специальности ***1.2.1. Искусственный интеллект и машинное обучение.***

Заключение принято на заседании кафедры интеллектуальных систем МФТИ, Физтех. Присутствовало на заседании 10 человек. Результаты голосования: «за» — 10 чел., «против» — 0 чел., «воздержались» — 0 чел., протокол № 8 от 24 сентября 2026 г.



Воронцов Константин Вячеславович,
доктор физико-математических наук,
профессор РАН,
заведующий кафедрой
интеллектуальных систем МФТИ