

УТВЕРЖДАЮ
Вице-президент по науке и
академическому сотрудничеству



Кабатянский Г.А.

« 29 » ноября 2024 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Автономной некоммерческой образовательной организации высшего образования «Сколковский институт науки и технологий» на диссертационную работу Евдокимовой Виктории Витальевны «Метод крупношагового метаобучения в сквозной нейросетевой реконструкции одного класса изображений», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.2.1 – Искусственный интеллект и машинное обучение

Диссертационная работа Евдокимовой В.В. посвящена разработке алгоритмов сквозной нейросетевой реконструкции изображений, полученных в изображающих дифракционно-оптических системах, с возможностью адаптации модели под различные оптические схемы и условия формирования изображений.

Актуальность темы диссертации

Актуальность темы диссертационной работы Евдокимовой В.В. обусловлена возросшей необходимостью реконструкции изображений, сформированных изображающими оптическими системами на основе дифракционной оптики. Использование дифракционно-оптических элементов в системах формирования изображений нацелено на сокращение веса и стоимости системы при массовом производстве, но недостатком таких систем являются сильные искажения формируемых изображений. Нейросетевые алгоритмы реконструкции, разработанные в диссертационной работе, обеспечивают лучшее качество реконструкции по сравнению с более ранним подходом на основе обратной свертки. Кроме того, алгоритмы адаптации нейросетевой модели к новым условиям формирования изображений, разработанные в диссертационной работе, открывают возможность использования таких систем, например, на атмосферных спутниках, где изображения сформированы на больших расстояниях, в небольшом количестве и нет возможности формирования репрезентативной выборки большого объема для обучения нейронных сетей. Выбранная тема диссертационной работы является **актуальной**.

Входящий № 106-9306
Дата 06 ДЕК 2024
Самарский университет

Структура и содержание диссертационной работы

Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, заключения и 5 приложений. Объём диссертации составляет 147 страниц, включая 79 изображений и 8 таблиц. Список литературы содержит 110 наименований.

Во введении сформулирована цель и задачи диссертационной работы, обоснована актуальность темы работы, четко обозначены пункты научной новизны, на которые претендует автор, а также приведены основные положения, выносимые на защиту. Во введении указаны сведения об апробации основных результатов работы. По результатам диссертации опубликовано 16 работ, из которых 3 работы опубликованы в научных изданиях, рекомендованных ВАК, 9 работ опубликованы в изданиях, входящих в базы данных WoS и Scopus, и 4 работы опубликованы в виде тезисов международных конференций.

В первой главе приведен обзор изображающих дифракционно-оптических систем (ИДОС) на основе многоуровневой дифракционной линзы с разной высотой микрорельефа. В первой главе описана модель искажений для ИДОС, которая была представлена в ранних работах, но используется в разработке нейросетевых алгоритмов реконструкции. В первой главе приведены критерии оценки качества реконструкции изображений, а также описана процедура формирования обучающей выборки.

Вторая глава посвящена разработке нейросетевых алгоритмов реконструкции изображений. Представлена двухэтапная схема сквозной нейросетевой реконструкции, которая заключается в последовательной обработке изображения двумя нейронными сетями: полнокадровой и локальной. В качестве полнокадровой сети используются U-Net-подобные архитектуры, рецептивное поле которых составляет больше 200×200 пикселей. Такое ограничение на рецептивное поле полнокадровой сети обосновывается диаметром цветовой засветки, которая в ИДОС составляет больше 200 пикселей. В качестве локальной сети используются классические для задачи сверхразрешения архитектуры сетей. Предлагаемые алгоритмы реконструкции обеспечивают компенсацию искажений, характерных для ИДОС.

В третьей главе приведено описание нового критерия оценки количества артефактов реконструкции на изображениях реальных сцен, критерия ранней остановки обучения, алгоритмов аугментации обучающих данных, которые позволяют уменьшить количество артефактов реконструкции на изображениях реальных сцен. Также в третьей главе представлено теоретическое обоснование модификации метода мелкошагового метаобучения – крупношагового метаобучения, который позволяет адаптировать нейросетевую модель к новым условиям формирования изображений.

В четвертой главе представлены результаты экспериментальных исследований алгоритмов сквозной нейросетевой реконструкции изображений, критерия оценки уровня ложных контуров, аугментации обучающего набора данных и алгоритма адаптации нейросетевой модели реконструкции на основе метода крупношагового метаобучения.

В заключении изложены основные результаты работы. В приложении приведен акт о внедрении результатов работы.

Научная новизна полученных результатов

1. Разработаны алгоритмы сквозной нейросетевой реконструкции, обеспечивающие повышение качества изображений в ИДОС, на основе полнокадровой и локальной нейросетевой обработки.

2. Теоретически обоснован метод крупношагового метаобучения, позволяющий провести адаптацию нейросетевых моделей реконструкции по нулевой выборке под различные условия формирования изображений.

3. Впервые предложен критерий оценки уровня ложных контуров (FEL), позволяющий учитывать реальные данные в процессе обучения сети с целью уменьшения артефактов нейросетевой реконструкции.

4. Разработаны новые алгоритмы аугментации данных с учетом особенностей видеоинформационного тракта, приводящих к артефактам реконструкции.

Значимость полученных результатов для науки и практики

Разработанные алгоритмы сквозной нейросетевой реконструкции, алгоритм адаптации нейросетевых моделей реконструкции под различные условия формирования изображений на основе метода крупношагового метаобучения, критерий оценки уровня ложных контуров и алгоритмы аугментации обучающих данных с учетом особенностей видеоинформационного тракта обеспечивают возможность использования изображающих дифракционно-оптических систем в реальных условиях формирования изображений, которые, как правило, отличаются от лабораторных. Результаты работы открывают возможность создания объективов на основе сверхлегких дифракционных оптических элементов, которые в свою очередь открывают перспективы создания сверхкомпактных беспилотных летательных аппаратов и атмосферных спутников с возможностью получения изображений на больших расстояниях. Практическая ценность результатов работы подтверждается актом об использовании результатов работы в рамках научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по теме «Конструктор системы дистанционного зондирования Земли для космического аппарата типа Кубсат с дифракционной оптикой и обучающими методиками для формирования инженерных знаний, навыков и ключевых компетенций в

сфере дистанционного зондирования Земли, машинного зрения и искусственного интеллекта» в ООО «Локус».

Рекомендации по использованию диссертации

Разработанные алгоритмы сквозной нейросетевой реконструкции, алгоритм адаптации нейросетевых моделей реконструкции под различные условия формирования изображений на основе метода крупношагового метаобучения, критерий оценки уровня ложных контуров и алгоритмы аугментации обучающих данных с учетом особенностей видеоинформационного тракта рекомендуется использовать в комбинации с изображающими дифракционно-оптическими системами разных конфигураций на сверхкомпактных беспилотных летательных аппаратах и атмосферных спутниках, где изображения сформированы на больших расстояниях, в небольшом количестве и нет возможности формирования репрезентативной выборки большого объема для обучения нейронных сетей.

Замечания по диссертационной работе

1. Не ясно, почему модель искажений, описываемая в первой главе, не использовалась в функции потерь при обучении нейронных сетей.

2. Во второй главе не приведены вычисления рецептивного поля (778×778 пикселей) нейронной сети U-Net.

3. В третьей главе не ясно, какие изображения (цветные или в оттенках серого) использовались для поиска контуров при определении значения критерия ложных контуров.

4. В четвертой главе отсутствует исследование влияния размера фрагмента реального изображения при расчете критерия ложных контуров на качество реконструкции.

Отмеченные недостатки не влияют на степень обоснованности основных результатов работы и не отменяют положительной характеристики диссертационной работы.

Заключение

Диссертационная работа «Метод крупношагового метаобучения в сквозной нейросетевой реконструкции одного класса изображений» является завершённой научно-квалификационной работой и соответствует паспорту специальности 1.2.1 – Искусственный интеллект и машинное обучение. Работа выполнена на высоком научном уровне и удовлетворяет всем требованиям Положения о присуждении учёных степеней утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24 сентября 2013 года, а, её автор, Евдокимова Виктория Витальевна, заслуживает присуждения ей учёной степени кандидата

технических наук по специальности 1.2.1 – Искусственный интеллект и машинное обучение.

Доклад по диссертационной работе заслушан и одобрен на открытом семинаре Центра прикладного ИИ Сколтеха от 11 октября 2024 г.

Отзыв составлен:



Бурнаев Евгений Владимирович,
Доктор физ.-мат. наук,
Директор центра прикладного
ИИ Сколтеха

Сведения о ведущей организации:

Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Сколковский институт науки и технологий».

Адрес: 121205, г. Москва, территория инновационного центра «Сколково», Большой бульвар, д. 30 стр.1

Телефон: +7 (495) 280 14 81

E-mail: inbox@skoltech.ru

Сайт: <https://new.skoltech.ru/>

Подпись Бурнаева Е.В. недействительна.

Руководитель отдела
Кадрового администрирования
ГУК О.С.

