

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА
доктора технических наук, руководителя отдела 95
«Зрительных систем»

Федерального исследовательского центра «Информатика и управление»
Российской академии наук **Николаева Дмитрия Петровича**
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

Актуальность темы диссертации

Актуальность темы диссертации Евдокимовой В.В. обусловлена растущим интересом к реконструкции изображений, сформированных с помощью объективов на основе сверхлегких дифракционно-оптических элементов. Дифракционно-оптические системы отличаются малым весом и низкой стоимостью при массовом производстве, однако формируемые ими изображения сильно уступают по качеству изображениям, полученным современными рефракционными объективами, и не применимы для прикладного использования без выполнения процедуры реконструкции изображения. Причиной искажений являются в первую очередь хроматические aberrации: локальные хроматические размытия и нелокальные цветовые засветки.

Диссертационная работа посвящена разработке алгоритмов сквозной нейросетевой реконструкции изображений, сформированных изображающей дифракционно-оптической системой (ИДОС) с возможностью адаптации нейросетевой модели под различные оптические схемы и условия формирования изображения. Результаты работы обеспечивают возможность практического применения объективов на

Входящий №	105-2036
Дата	04 ДЕК 2024
Самарский университет	

основе сверхлегких дифракционно-оптических элементов, востребованных для сверхкомпактных беспилотных летательных аппаратов и атмосферных спутников, обеспечивающих возможность получения изображений на больших расстояниях.

Новизна проведенных исследований и полученных результатов

Научная новизна диссертационной работы включает следующие впервые полученные результаты:

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.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов, сформулированных в диссертации

Достоверность и обоснованность выводов и результатов, представленных в диссертации, подтверждены посредством воспроизводимых вычислительных экспериментов на больших наборах изображений, сформированных с использованием дифракционно-оптических систем различных конфигураций. Описания предложенных алгоритмов допускают их воспроизводимость и

опубликованы в ведущих научных журналах и трудах конференций по машинному зрению и обработке изображений.

Теоретические исследования базируются на обширном списке литературных источников, а также подтверждаются практическим применением результатов работы.

Практическую значимость диссертационной работы подтверждает внедрение результатов работы в ООО «Локус» и использование 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».

Научная ценность работы заключается в совершенствовании подходов к реконструкции изображений в дифракционно-оптических системах, а также развитии методов адаптации обученных нейросетевых моделей реконструкции к новым условиям формирования изображений на основе малой выборки изображений.

Оценка содержания диссертационной работы и её оформления

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 обоснована актуальность работы, определены цель и задачи исследования, описаны основные положения, выносимые на защиту, а также пункты научной новизны работы.

Первая глава посвящена преимуществам и недостаткам изображающих дифракционно-оптических систем, обзору существующих методов реконструкции формируемых ими изображений и критериям

оценки качества реконструкции изображений. В первой главе описана модель искажений, характерных для дифракционно-оптических систем, на которой основаны разрабатываемые в диссертационной работе алгоритмы реконструкции. Также приведены критерии оценки качества реконструкции изображений, сформированных в лабораторных и реальных условиях. Глава завершается описанием дифракционно-оптических систем различных конфигураций, которые использовались для исследования качества разработанных автором алгоритмов реконструкции.

Во второй главе диссертационного исследования приводится двухэтапная схема сквозной нейросетевой реконструкции изображений, основанная на ранее описанной модели искажений. В данной главе описаны также предложенные автором архитектуры нейросетевых моделей для компенсации искажений, характерных для дифракционно-оптических систем: UNet-подобная для полнокадровой и VDSR-подобная для локальной реконструкции.

В третьей главе рассматриваются методы и алгоритмы адаптации предложенных нейросетевых моделей реконструкции для различных оптических схем и условий формирования изображений. Также в данной главе предложена новая процедура оценки количества артефактов реконструкции на изображениях реальных сцен. Кроме того, в третьей главе приводится теоретическое обоснование метода крупношагового метаобучения, на котором основан описываемый трехэтапный алгоритм адаптации нейросетевой модели реконструкции к новым условиям формирования изображений.

В четвертой главе приведены результаты экспериментальных исследований предложенных автором алгоритмов сквозной нейросетевой реконструкции изображений, основанных на критерии оценки уровня ложных контуров и аугментации обучающего набора данных, и алгоритма

адаптации нейросетевой модели реконструкции на основе метода крупношагового метаобучения.

В заключении представлены основные результаты диссертационной работы. Содержание диссертации соответствует сформулированной цели и задачам исследования.

Оценка степени завершённости диссертации, соответствия публикаций, автореферата основным положениям диссертации

Представленная диссертационная работа В.В. Евдокимовой является целостной завершённой научно-квалификационной работой. Основные положения диссертационного исследования опубликованы в 16 научных работах, из которых 3 статьи опубликованы в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России, 9 статей – в научных изданиях, индексируемых базами Web of Science и Scopus, 4 – в тезисах докладов. В опубликованных работах изложены основные результаты теоретических и практических исследований. Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

Замечания по диссертации

1. Изложение выводов из главы 2 страдает неаккуратностью формулировок, ведущих к излишнему обобщению. Так, фразы “двухэтапная схема сквозной нейросетевой реконструкции включает этапы полнокадровой и локальной реконструкций” и “полнокадровая реконструкция осуществляется на основе U-Net-подобной архитектуры”, по-видимому, надо читать как “предложенная автором схема включает ...” и “предложенная автором реконструкция осуществляется ...”, поскольку возможны не рассмотренные в диссертации варианты, сконструированные иначе.

2. Фраза из вывода 2 главы 2 “для локальной реконструкции проблема артефактов не столь актуальна, так как она обеспечивает более низкий прирост качества в целом“ может быть прочитана как “проблема(!) обеспечивает прирост(!) качества, но она не актуальна, потому что этот прирост низкий”. Но даже при правильном прочтении остается вопрос, действительно ли малый прирост качества за счет локальной реконструкции делает неактуальной именно проблему артефактов, а не применение этапа локальной реконструкции как такового?
3. Раздел 3.5.3, озаглавленный “Теоретическое обоснование метода крупношагового метаобучения” содержит вывод формул, однако не содержит текста, позволяющего понять, какой именно тезис обосновывался (что такое “обоснование метода” — это обоснование его точности, сходимости или применимости в том или ином смысле?)
4. Выводы из главы 3 также изложены излишне обобщенно: “артефакты реконструкции возникают из-за различий в условиях формирования реальных изображений и обучающей выборки”. По-видимому, этот тезис относится именно к алгоритму автора, ведь для не-нейросетевых методов реконструкции говорить об обучающей выборке некорректно. Кроме того, остается неясным, действительно ли этот тезис — доказанный автором вывод или лишь гипотеза, подтолкнувшая к решению задач доменной адаптации и аугментации?
5. В выводе 1 из главы 3 указано, что “артефакты реконструкции возникают только после обработки полнокадровой сетью”. Остается

неясным, как это соотносится с выводами из главы 2, из которых следует, что артефакты при локальной реконструкции все же возникают, но не вносят значимого вклада в качество реконструированного изображения?

6. В выводах из главы 1 указано, что “для расчета PSNR требуется наличие эталонного изображения. Поскольку для изображений реальных сцен не имеется эталонных изображений, то появляется необходимость в разработке критерия, не требующего эталона, для оценки их качества”. В то же время, эксперименты в главе 4 (и выводы из нее) свободно оперируют величинами PSNR (в т.ч. — в критерии ранней остановки обучения), хотя проводятся на изображениях реальных сцен.

Приведенные замечания относятся к текстовому изложению и не снижают ценности выполненных автором исследований.

Заключение

Диссертация В.В. Евдокимовой является целостной завершенной научно-квалификационной работой, решающей актуальную научную задачу и выполненной на высоком научном уровне. Полученные результаты соответствуют целям и задачам исследования. Отмеченные недостатки не умаляют достоинств работы.

Диссертационная работа «Метод крупношагового метаобучения в сквозной нейросетевой реконструкции одного класса изображений» отвечает 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 ученой степени кандидата

