

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Прониной Валерии Сергеевны

«Восстановление изображений с помощью обучаемых оптимизационно-нейросетевых алгоритмов», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.2.2. – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

Диссертационная работа В.С. Прониной посвящена развитию инструментов для восстановления изображений, полученных с помощью визуализирующих систем. Традиционно восстановление изображений, искажённых в ходе регистрации визуализирующей системой, может быть осуществлено с применением классических алгоритмов решения обратных задач. Однако эволюция технологий обработки и хранения больших массивов данных привела к развитию технологий в области машинного обучения и широкому применению нейросетевых алгоритмов. Нейронные сети нашли своё применение в том числе в задачах восстановления изображений, позволяя получать быстрый результат реконструкции. Тем не менее, применение нейросетевых моделей предполагает необходимость их перетренировки на новых данных в зависимости от рассматриваемого приложения и типа искажения. С другой стороны, классические методы решения обратных задач сформулированы из прямой задачи, в основе которой лежит физический принцип формирования изображения. Отсюда следует, что целесообразным является объединение классических методов восстановления изображений с нейросетевыми алгоритмами для увеличения скорости получения решения и его близости к ожидаемому в рассматриваемом физическом процессе результату.

Таким образом, диссертационная работа посвящена исследованию и разработке методов, объединяющих классические методы решения обратных задач и нейронные сети, для реконструкции изображений. В работе рассмотрены задачи восстановления изображений в различных модальностях, включая микроскопию, однопиксельную визуализацию и рентгеновскую компьютерную томографию.

Работа состоит из введения, четырёх глав и заключения. Во введении обоснована актуальность проведённого исследования, ставится цель и необходимые для её достижения задачи. Кроме этого описан процесс формирования изображений и причины, приводящие к искажению. Также приведён обзор литературы по исследуемой проблеме и обзор существующих для её решения методов.

Первая глава посвящена задаче восстановления (деконволюции и шумоочистки) изображений, полученных с помощью микроскопа и искажённых размытием и шумом. Автор предлагает использование нейронных сетей для аппроксимации регуляризационного члена или его частей в двух распространённых в микроскопии алгоритмах деконволюции – схеме Ричардсона-Люси и фильтре Винера. Автором предложен набор алгоритмов, реализующих аппроксимацию регуляризационного члена, с их последовательным усложнением. Показано, что совместное использование

классических методов поиска оптимального решения обратной задачи и методов глубокого обучения для регуляризации решения приводит к наилучшим результатам восстановления изображений.

Во второй главе автор продолжает исследование задачи восстановления изображений, полученных с использованием микроскопа. Проблема, решение которой предложено в данной главе, касается отсутствия информации не только об искомом объекте, но и о функции рассеяния точки микроскопа. Автором предложено два метода для восстановления неизвестной функции рассеяния точки. Согласно первому методу, для поиска неизвестной функции использован неконтролируемый фильтр Винера. Второй метод представляет из себя комбинацию решения с помощью алгоритма Ричардсона-Люси и алгоритма обучения с подкреплением. Оба метода позволяют восстановление неизвестной функции рассеяния точки и изображения.

В третьей главе рассмотрена задача восстановления гиперспектральных изображений из однопиксельных измерений. Для восстановления изображений автором применено решение задачи минимизации критерия среднеквадратической ошибки с регуляризацией по Тихонову, а также предложено использование нейронных сетей, в частности трёхмерной сети, для дополнительной регуляризации решения в спектральной области. Автором показано, что использование трёхмерных свёрток в нейронных сетях позволяет получить наилучший результат восстановления изображений в данной задаче.

В четвёртой главе автор исследует задачу разделения материалов в изображениях спектральной рентгеновской компьютерной томографии. Разделение материалов может быть выполнено как в области КТ-проекций, так и в области томографических изображений. Автор рассматривает применение нейронных сетей для разделения материалов в обеих областях и сравнивает полученные результаты с методом Гаусса-Ньютона, работающем в области проекций. Полученные результаты показывают, что нейросетевой подход, реализованный в области изображений, позволяет получить наиболее детализированные томографические изображения.

В работе получен ряд новых результатов, к числу которых можно отнести следующие:

1. Автором разработаны новые алгоритмы для деконволюции и шумоочистки изображений. Разработанные алгоритмы объединяют существующие решения для восстановления изображений и последовательно усложнённые схемы для аппроксимации регуляризационного параметра, основанные на нейронных сетях. Разработанные алгоритмы реализованы в виде оригинальных обученных нейросетевых моделей.
2. Предложен новый метод восстановления изображений, полученных с помощью микроскопа, при отсутствии данных о параметрах функции рассеяния точки микроскопа. Метод основан на комбинации алгоритма Ричардсона-Люси для

деконволюции изображений и обучения с подкреплением для нахождения параметров функции рассеяния точки.

3. Создан новый метод восстановления многоканальных изображений, снятых однопиксельной камерой, основанный на комбинации решения обратной задачи и применении двух- и трёхмерных нейронных сетей для регуляризации решения, соответственно, в пространственной и спектральной областях.

Результаты проведённых исследований являются достоверными, поскольку автором проведены сравнения с известными и ранее разработанными методами других авторов. Экспериментальные результаты согласуются друг с другом.

По материалам диссертации опубликовано 4 статьи в изданиях, индексируемых Web of Science и Scopus.

К ограничениям работы можно отнести следующее:

- Объём тренировочной выборки, используемой в работе, выглядит достаточно скромно. Было бы интересно ответить на вопрос, как изменятся полученные результаты при увеличении объёма тренировочной выборки
- В работе проводится сравнение предложенных алгоритмов с существующими SOTA решениями. При этом данные, использованные для сравнения, не являются общеизвестным набором тестовых данных для сравнения алгоритмов такого рода. Вероятно, было бы интересно сравнить работу алгоритмов и на других наборах, доступных сообществу исследователей
- Не описаны используемые стандартные метрики оценки качества восстановления изображения
- В тексте диссертации присутствует ряд неточностей и опечаток

На основе вышеизложенного считаю, что данная диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, имеет научную и практическую ценность, и её автор – Пронина Валерия Сергеевна – заслуживает присвоения ей учёной степени кандидата наук по специальности 1.2.2 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Официальный оппонент:

Ведущий научный сотрудник

ООО «ЦРТ»

кандидат физико-математических наук



10.05.2023

подпись Верка

Мельников Александр Алексеевич

194044, Санкт-Петербург, ул. Гельсингфорсская, 3-11, лит. Д

Тел. +7 (812) 325-88-48, эл. почта: melnikov-a@speechpro.com