

ОТЗЫВ

официального оппонента Муравской Натальи Павловны 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»

Актуальность исследования

В медицинской визуализации важно, чтобы изображения, полученные визуализирующими системами, точно отображали исходный объект, поскольку надёжность диагноза в значительной степени зависит от этого соответствия. Эта область представлена широким набором методов, в результате особенностей которых изображения могут подвергаться различным искажениям. В области медицинской визуализации для восстановления изображений часто используются методы математического моделирования. Однако, с постоянным развитием и появлением новых инструментов медицинской визуализации возникает необходимость в развитии существующих и создании новых методов улучшения изображений.

Алгоритмы машинного обучения, активно развивающиеся в последние годы, нашли своё применение и в задачах улучшения изображений. Такие методы, в частности нейронные сети, в том числе активно используются в задачах медицинской визуализации. Достоинством нейронных сетей является их устойчивость к шумам в изображениях, а также скорость обработки данных. Тем не менее, нейронные сети зачастую являются специфичными по отношению к данным, использованным в процессе обучения, что приводит к необходимости переобучения сети в случае приложения к новым изображениям. Классические же методы восстановления изображений, представляющие собой решения обратной задачи, позволяют использовать информацию о физическом процессе формирования изображения. Настоящая диссертационная работа сосредоточена на разработке методов, сочетающих классические методы решения обратных задач с применением нейронных сетей, для улучшения медицинских изображений. В исследовании рассматриваются проблемы восстановления изображений, полученных с помощью различных методов медицинской визуализации, таких как микроскопия, гиперспектральная однопиксельная визуализация и рентгеновская компьютерная томография.

Общая характеристика работы

Диссертация написана грамотно, имеет чёткую структуру, следует правилам оформления и содержит соответствующие иллюстрации. Структурно диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения и списка литературных источников.

Первая и вторая главы работы посвящены задаче микроскопии, а именно восстановлению изображения исходного объекта. В процессе регистрации изображения с помощью микроскопа оно подвергается размытию и зашумлению. В первой главе автор рассматривает наличие известной аппаратной функции микроскопа и объединяет решение обратной задачи восстановления изображения с использованием нейронных сетей для регуляризации этого решения. Автором предложено несколько схем регуляризации для двух методов решения обратной задачи – фильтра Винера и алгоритма Ричардсона-Люси. Во второй главе рассмотрена задача, в которой аппаратная функция микроскопа является неизвестной. Автор предлагает осуществление её поиска с помощью неконтролируемого фильтра Винера, а также с помощью комбинации алгоритма Ричардсона-Люси и алгоритма обучения с подкреплением.

Третья глава диссертации посвящена теме однопиксельной визуализации – методу, актуальному в хирургии под визуальным контролем. Автор предлагает метод восстановления гиперспектральных изображений, полученных с помощью однопиксельного измерения, путем объединения решения обратной задачи с нейронными сетями для регуляризации как в пространственной, так и в спектральной областях. Исследование показывает, что включение спектральной информации приводит к более точному решению, чем использование только пространственной информации.

Четвёртая глава диссертации посвящена теме разделения веществ на изображения в спектральной компьютерной томографии (КТ). Автором предложена адаптация нейронной сети для разделения материалов на изображениях КТ, проведено сравнение с классическим алгоритмом Гаусса-Ньютона и показано преимущество использования нейронных сетей для решения этой задачи.

В заключении сформулированы основные результаты диссертационной работы.

Новизна результатов исследования

Автор разработал новые алгоритмы повышения качества изображений, полученных с использованием микроскопа, с помощью методов деконволюции и шумоподавления. Эти алгоритмы используют комбинацию существующих решений и нейронных сетей для аппроксимации параметра регуляризации. Алгоритмы реализованы в виде оригинальных обучаемых нейросетевых моделей.

Кроме того, автором предложен новый метод восстановления изображений, полученных с помощью микроскопа при отсутствии информации о функции рассеяния точек микроскопа, использующий комбинацию алгоритма Ричардсона-Люси и обучение с подкреплением.

Создан новый метод восстановления многоканальных изображений, снятых однопиксельной камерой, сочетающий решение обратной задачи с использованием нейронных сетей для регуляризации в пространственной и спектральной областях.

Достоверность и обоснованность результатов диссертации

Постановка задачи и экспериментов описана ясно. Автором получены результаты с использованием как модельных, так и экспериментальных данных. Результаты согласуются с известными разработанными ранее методами.

Апробация результатов диссертации

Результаты диссертационной работы изложены в 4-х печатных изданиях, индексируемых Web of Science и Scopus, и представлены на 2-х международных конференциях.

Основные замечания по диссертации

1. В первой главе автором описано использование нейронных сетей для определения параметров регуляризации при решении обратной задачи. Однако, автор не приводит сравнения предложенного метода с другими методами оптимизации, что не позволяет достаточно полно определить место предложенного решения среди альтернативных методов.

2. Для восстановления изображений, искаженных разными видами шумов, автор предлагает различные решения. При этом не совсем ясно, каким образом предлагается определять тип шума и последующий метод восстановления изображения.

3. В третьей главе автором описано применение нейронных сетей для восстановления гиперспектральных изображений. При этом для оценки эффективности предлагаемых методов использованы такие показатели, которые не позволяют оценить эффективность отдельно в пространственной и спектральной областях изображения.

4. В четвертой главе автор описывает методы восстановления томографических изображений для отдельных материалов, при этом из текста работы не совсем ясно, является ли число материалов входными данными для решения задачи, и, если да, как предлагается решать данную задачу при неизвестном числе материалов.

Оценка диссертации в целом

Диссертационная работа «Восстановление изображений с помощью обучаемых оптимизационно-нейросетевых алгоритмов» удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым

к кандидатским диссертациям, и критериям пп. 9-14 «Положения о присуждении учёных степеней». Автор работы Пронина Валерия Сергеевна заслуживает присуждения ей учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.2.2. – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Официальный оппонент

Муравская Наталья Павловна

доктор технических наук,

профессор кафедры биомедицинских технических систем

федерального государственного бюджетного

образовательного учреждения высшего образования

«Московский государственный технический

университет имени Н.Э. Баумана

(национальный исследовательский университет)»

(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

контактные данные:

Адрес: 105005, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1.

Тел.: 8(499) 263-68-76; E-mail: muravskaya@bmstu.ru

Н.П.Муравская

10 июня 2023 г.

Л.Н.



Л.Н.

МГТУ им. Н. Э. Баумана

105005, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1.

Тел.: 8(499) 263-63-91; E-mail: bauman@bmstu.ru

<http://www.bmstu.ru>