

# МИНОБРНАУКИ РОССИИ

## УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

197101 Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49  
тел.: (812) 232-87-04, факс: (812) 232-23-07, e-mail: od@mail.ifmo.ru, www.ifmo.ru

### УТВЕРЖДАЮ

Ректор

Национального исследовательского

Университета ИТМО

член-корр. РАН, д.т.н., профессор

Васильев В.Н.

2023 г.



### О Т З Ы В

ведущей организации на диссертацию В.С. Прониной  
«ВОССТАНОВЛЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ОБУЧАЕМЫХ ОПТИМИ-  
ЗАЦИОННО-НЕЙРОСЕТЕВЫХ АЛГОРИТМОВ»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 1.2.2 – Математическое моделирование, численные методы и  
комплексы программ

#### 1. Актуальность работы

Диссертационная работа Прониной В.С. посвящена проблеме восстановления изображений, искажённых вследствие регистрации с помощью визуализирующей системы. Данная задача является актуальной в различных областях науки и техники, включая медицинскую визуализацию, требования к точности которой обусловлены необходимостью минимизации ошибок при постановке диагноза.

При регистрации изображений объектов различными устройствами, включая фотоаппараты, телескопы, микроскопы, томографы и т. д., результирующие изображения могут быть искажены. Под искажением, рассматриваемым в рамках настоящей работы, подразумевается смазывание изображения из-за движения устройства или объекта, дефокусирование вследствие влияния оптических характеристик регистрирующей системы, а также зашумлённость изображения из-за флуктуаций в детекторе визуализирующего прибора.

Восстановление изображений может быть осуществлено компьютерными средствами с использованием классических методов математического моделирования. Вследствие активного развития систем регистрации и обработки данных, наблюдаемого в последние десятилетия, появилось большое количество изображений в таких

областях, как физика, астрономия, биология, медицина и др. Наличие больших массивов изображений открыло новые возможности для усовершенствования классических методов решения обратных задач восстановления изображений вследствие возможности анализа различных по своим характеристикам изображений. В то же время рост вычислительных мощностей привёл к появлению и развитию нового инструмента для анализа графической информации – нейронных сетей. Использование нейронных сетей в задачах анализа изображений позволяет значительно увеличить скорость обработки по сравнению с классическими математическими методами. Однако этот подход сильно зависит от данных, использованных в процессе обучения сети, вследствие чего его применение может привести к некорректным результатам на новых изображениях. Классические методы решения обратной задачи восстановления изображений как правило учитывают информацию об аппаратной функции, характеризующей регистрирующую систему, при построении математической формулировки решения. Объединение нейросетевых алгоритмов с классическими методами математического моделирования позволяет уменьшить степень непредсказуемости и вероятность ошибки, сохраняя при этом устойчивость нейросетевых подходов к шумам в изображениях. Вышеуказанные тенденции и проблемы определяют актуальность и научную значимость исследования, представленного в диссертационной работе.

## **2. Новизна результатов работы и их научная и практическая значимость**

По мнению ведущей организации, к числу наиболее значимых результатов, впервые полученных автором и определяющих соответствие диссертации требованиям ВАК, следует отнести следующее:

- Предложен новый метод для устранения дефокуса и шума в изображениях, полученных с помощью микроскопа. Метод использует нейронные сети для аппроксимации регуляризационного члена в классической формулировке решения обратной задачи восстановления изображений.
- Разработаны оригинальные нейросетевые модели для восстановления изображений на основе комбинации известных алгоритмов деконволюции (фильтр Винера, алгоритм Ричардсона-Люси) и нейронных сетей для аппроксимации регуляризационного члена.
- Разработан новый метод восстановления многоканальных изображений, полученных с помощью однопиксельной камеры, с использованием композиции нейронных сетей. В основе метода лежит комбинация классического решения обратной задачи и нейросетевой модели для регуляризации решения в пространственной и спектральной областях.
- Предложенные в работе модели и алгоритмы могут быть применены для широкого класса задач восстановления изображений, искажённых вследствие регистрации с помощью визуализирующей системы.

Полученные результаты показывают, что объединение классических методов математического моделирования и нейронных сетей позволяет получение более высоких метрик восстановления изображений, а также более высокую скорость реконструкции

изображений по сравнению с классическими методами математического моделирования. Разработанные и опубликованные в открытом доступе алгоритмы могут быть использованы в задачах восстановления изображений, искажённых в результате смазывания и дефокусирования.

### **3. Обоснованность и достоверность результатов и выводов**

Выводы и результаты диссертации представляются достоверными, обоснованными и апробированными. Это подтверждается тем, что:

- сформулирована и обоснована математическая постановка задачи;
- достоверность результатов и выводов подкрепляется сравнительным анализом с ранее разработанными подходами и методами;
- разработанная методика прошла апробацию путем обработки как модельных, так и реальных данных, полученных с использованием различных визуализирующих систем.

Результаты диссертационной работы были изложены в 4 печатных изданиях, индексируемых Web of Science и Scopus, и представлены на 3 международных конференциях.

### **4. Замечания к диссертации и автореферату**

- Несмотря на то, что задача нахождения функции рассеяния точки является известной и параметры смаза и дефокуса могут быть найдены, например, с помощью спектрального метода, автором для этих целей было предложено использование метода слепой деконволюции и не было произведено сравнение со спектральным методом.
- В диссертации описан процесс обучения нейросетевых моделей с использованием эталонных изображений, в то время как в большинстве задач устранения дефокуса и смаза такие изображения не являются доступными.
- В первой главе описан метод, использующий одинаковые регуляризационные фильтры для всех изображений. Вследствие различия между изображениями, а также искажающими их параметрами смаза и дефокуса, применение предлагаемой схемы вызывает вопрос.

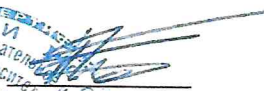
### **4. Заключение**

Диссертация Прониной Валерии Сергеевны «Восстановление изображений с помощью обучаемых оптимизационно-нейросетевых алгоритмов» отвечает всем основным требованиям ВАК, предъявляемым к диссертационным исследованиям по специальности 1.1.2 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ». А именно: предложены новые методы моделирования решения обратных задач восстановления изображений; методы разработаны и протестированы с применением современных компьютерных технологий, в том числе в основе методов лежат нейросетевые модели; разработанные методы реализованы в виде программ, с помощью которых возможно проведение экспериментов.

В диссертации получены новые результаты по восстановлению изображений с помощью обучаемых алгоритмов применительно к микроскопии. Соискатель Пронина Валерия Сергеевна заслуживает присуждения степени кандидата технических наук.

Отзыв составлен на основании заключения факультета программной инженерии и компьютерной техники федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО» по результатам рассмотрения и обсуждения диссертации на заседании «10» февраля 2023 г., протокол № 10.


Декан факультета программной инженерии и компьютерной техники, к.т.н., доцент

  
Павел Валерьевич Кустарев

Профессор факультета программной инженерии и компьютерной техники, д.т.н.

  
Валерий Сергеевич Сизиков

Подписи П.В. Кустарева и В.С. Сизикова  
заверяю: ученый секретарь ИТМО, д.т.н.,  
профессор

  
Мария Яковлевна Марусина

### Сведения об организации

Полное наименование организации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»

Место нахождения

197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., д. 49, лит. А.

Телефон

+7 (812) 480-00-00, +7 (812) 232-87-04

Адрес электронной почты

od@itmo.ru

Адрес сайта

<https://itmo.ru/ru/>