

# Разработка методов быстрой интерактивной разметки изображений сверхвысокого разрешения

## Руководитель

**Хвостиков Александр Владимирович**

В 2015 г. закончил факультет ВМК МГУ, в 2019 г. закончил очную аспирантуру ВМК МГУ, в декабре 2019 г. защитил кандидатскую диссертацию на тему “Математические методы обработки и анализа слаботекстурированных медицинских изображений”. С 2020 года м.н.с., с 2022 года - н.с. ВМК МГУ. Ведет активную научную работу в области разработки математических методов обработки и анализа изображений и их применения в задачах медицинской диагностики и рудной геологии. Им опубликована 65 научная статья, включая издания Q1 и Q2 WoS. Сделано 49 докладов на международных конференциях. Количество цитирований статей в журналах по данным Web of Science: 164, Scopus: 320. Принимал участие в грантах РФФИ и РНФ, включая международные. В 2020-2022 - ответственный исполнитель гранта 19-57-80014 БРИКС\_т (совместный грант с Бразилией и Китаем), в 2021-2024 года - ответственный исполнитель российско-индийского гранта РНФ 22-41-02002. В 2024 году стал руководителем гранта РНФ 24-21-0006. Под научным руководством защищено 15 курсовых, 11 дипломных работ. Разработано 2 курса по обработке изображений, читаемых на ВМК МГУ. Разработан универсальный кроссплатформенный программный комплекс PathScribe ([www.pathscribe.ru](http://www.pathscribe.ru)), используемый для работы с полнослайдовыми гистологическими изображениями для научного и учебного процессов. Данное ПО применяется с 2022 года студентами ФФМ МГУ для изучения курса патологической анатомии, с 2025 года используется еще несколькими коллективами на биологическом и геологическом факультетах МГУ. <https://istina.msu.ru/profile/xubiker/>

## Зачем делаем?

Существует несколько предметных областей, в которых проводится анализ микроскопических изображений очень высокого разрешения. К ним относятся цифровая патология (полнослайдовые гистологические изображения), рудная геология (панорамные изображения аншлифов), биология (полнослайдовые изображения микроорганизмов). Анализируемые изображения характеризуются высокой детализацией и очень высоким разрешением (порядка 100к x 100к пикселей). Для задач автоматического анализа (чаще всего сегментации) требуется детальная разметка в больших объемах. Крайне востребована разработка методов разметки, являющихся интерактивными и полуавтоматическими, чтобы максимально снизить нагрузку на специалистов (медиков, геологов и т.д.). На данный момент не существует методов разметки настолько больших изображений, удобных для решения целевых практических задач. Разработка подобных методов и интеграция их в наше существующее ПО для работы с изображениями сверхвысокого разрешения ([www.pathscribe.ru](http://www.pathscribe.ru)) существенно упростит процесс создания размеченных датасетов, позволит обучить более мощные модели автоматического анализа изображений, что положительно скажется на решении ряда научных (и образовательных) задач.

## Что делаем?

Мы разрабатываем новые методы интерактивной и полуавтоматической разметки микроскопических изображений сверхвысокого разрешения (100к x 100к пикселей). В настоящее время отсутствуют удобные и эффективные инструменты для разметки таких изображений, что затрудняет создание качественных размеченных датасетов для обучения алгоритмов автоматического анализа (например, для задач сегментации). Наша цель – разработать новые методы, ориентированные на решение прикладных задач из области медицины, биологии и геологии и интегрировать эти методы в уже существующее программное обеспечение PathScribe,

что существенно упростит работу специалистов (медиков, геологов, биологов) и ускорит разметку датасетов для дальнейших научных и образовательных исследований.

### **Как достигнем цель?**

#### **1. Анализ существующих методов и решений**

Проведём обзор современных методов интерактивной разметки изображений, включая click-based и scribble-based подходы [Habis A. et al. Scribble-based fast weak-supervision and interactive corrections for segmenting whole slide images //arXiv preprint arXiv:2402.08333. – 2024.], [Lee S. et al. Interactive classification of whole-slide imaging data for cancer researchers //Cancer research. – 2021. – Т. 81. – №. 4. – С. 1171-1177.], слабоконтролируемые алгоритмы. Рассмотрим подходы, спроектированные для WSI [Wang H. et al. Clisp: A Robust Interactive Segmentation Framework for Pathological Images //2024 46th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC). – IEEE, 2024. – С. 1-5.].

#### **2. Разработка собственных методов**

Будут разработаны собственные методы интерактивной полуавтоматической разметки, основанные на графах [Khvostikov A. et al. CNN assisted hybrid algorithm for medical images segmentation //Proceedings of the 5th International Conference on Biomedical Signal and Image Processing. – 2020. – С. 14-19.], суперпикселях [Rodrigues C. N. et al. From superpixels to foundational models: An overview of unsupervised and generalizable image segmentation //Computers & Graphics. – 2024. – Т. 123. – С. 104014.]. Данные методы будут спроектированы с прицелом на локально-глобальную разметку больших изображений, а также возможность проведения разметки на разных масштабах.

#### **3. Интеграция в существующую платформу**

Разработанные методы будут внедрены в существующую платформу PathScribe в виде отдельных инструментов разметки. Это предоставит возможность удобной работы для специалистов (врачей, биологов, геологов), а также позволит использовать полученные размеченные наборы данных не только в научных целях, но и для обучения студентов.

#### **4. Внедрение механизмов дообучения**

Реализуем интерактивные циклы дообучения, при которых пользователь корректирует результат сегментации, а модель с помощью механизмов (например, backpropagating refinement scheme) сразу учитывает эти правки для улучшения своих предсказаний.

#### **5. Тестирование и валидация**

Прототип будет протестирован на нескольких наборах полнослайдовых гистологических изображений (разметка на типы тканей органов ЖКТ, разметка типов тканей на изображениях кожи, разметка уровней экспрессии Клаудина-18 на иммуногистохимии желудка, разметка ядер на иммуногистохимии желудка), а также панорамных изображений аншлифов рудных минералов. Данные коллекции изображения уже собраны, специалистами сформулированы все требования по разметке. Мы сравним скорость, точность и качество разметки, достигнутые с помощью нашего инструмента, с традиционными методами ручной разметки.

### **Как измерить достижение результата?**

Оценка успешности проекта будет проводиться по следующим ключевым показателям:

#### **1. Снижение трудоёмкости разметки:**

Измерение времени, затрачиваемого на разметку изображений (в пересчете площадь в единицу времени) и количества кликов, с использованием нового инструмента по сравнению с традиционной ручной разметкой. Планируется рассмотреть несколько задач сегментации медицинских и геологических изображений, отличающихся разным масштабом деталей. Целевым результатом

является сокращение времени разметки на значительный процент (например, на 50–70%). Также планируется провести сравнение с более продвинутыми методами, например SAM-2, MedicalSAM-2.

2. Пользовательская удовлетворенность:

Проведение опросов и сбор отзывов специалистов (медиков, геологов, биологов) об удобстве и эффективности нового инструмента.

3. Улучшение производительности автоматических моделей:

Сравнение результатов автоматической сегментации (метрики IoU, Dice) и последующего анализа изображений, обученных на новых размеченных данных, с результатами предыдущих методов. Повышение точности диагностики или анализа подтверждает практическую значимость разработки.