

# НЕЯВНЫЕ НЕЙРОННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ДЛЯ МАСШТАБИРУЕМОГО ВИРТУАЛЬНОГО ОКРАШИВАНИЯ ГИСТОЛОГИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

*Мерзлякова Марина Андреевна*

*Студент*

*Факультет ВМК МГУ имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия*

*E-mail: mmerzlyakova03@gmail.com*

*Научный руководитель — Сорокин Дмитрий Васильевич*

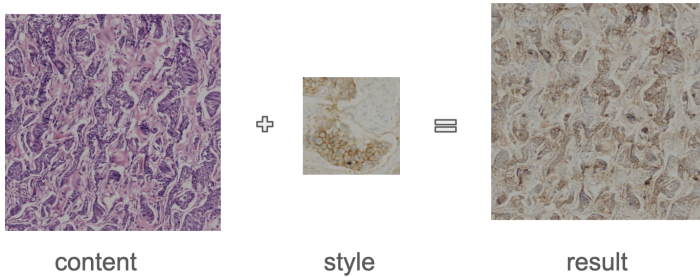
**Введение.** Виртуальное окрашивание - это метод, позволяющий получать изображения, близкие к результатам иммуногистохимического окрашивания, без выполнения дополнительного лабораторного протокола, что дает возможность экономить время и ресурсы. На практике ключевые сложности связаны с отсутствием парных данных, вариативностью протоколов и сканеров, а также необходимостью обрабатывать изображения высокого разрешения.

**Разработанный метод.** В работе предложен метод виртуального окрашивания на основе неявных нейронных представлений. Изображение моделируется как непрерывная функция координат, реализованная многослойным перцептроном  $D(\cdot; \omega)$ , при этом для каждого патча задается латентный вектор  $z$ , позволяющий учитывать локальные различия в текстуре и интенсивности окраски. Признаки извлекаются с помощью vision-трансформера GigaPath [4], предварительно обученного на патологоанатомических данных. Оптимизируемая целевая функция включает ошибку по признакам для сохранения структуры, пиксельную  $L_1$ -ошибку, градиентную ошибку для сохранения резкости границ, а также взвешенную по ткани стилевую ошибку на основе матриц Грама. В отличие от методов, обучающих универсальный генератор по набору данных, в нашем подходе оптимизация выполняется отдельно для каждого входного изображения, что улучшает адаптацию к особенностям конкретного слайда: степени прокрашенности, контрасту и настройкам сканирования.

**Результаты.** Были проведены эксперименты на наборах данных MIST [1] и BCI [3], содержащих пары  $H\&E \leftrightarrow IHC$  с разрешением фрагментов  $1024 \times 1024$  пикселей. Качество оценивалось стандартными метриками LPIPS, FID, SSIM, PSNR, JSD. Полученные

результаты были сопоставлены с результатами обзорной статьи [2]: для набора данных BCI показали улучшение по метрике JSD на 93% и улучшение по метрике PSNR на 28%. Также была показана применимость к полнослайдовым гистологическим изображениям, что подтверждает масштабируемость подхода. В дальнейшем планируется исследование, позволяющее выбирать изображение, задающее стиль окрашивания, наиболее корректным образом.

### Иллюстрации



Результат работы метода на изображении из набора данных BCI.

### Литература

1. Celaya, A., Lim, E., Glenn, R., Mi, B., Balsells, A., Schellingerhout, D., Netherton, T., Chung, C., Riviere, B., Fuentes, D.: Mist: A simple and scalable end-to-end 3d medical imaging segmentation framework. arXiv preprint arXiv:2407.21343 (2024)
2. Klöckner, P., Teixeira, J., Montezuma, D., Fraga, J., Horlings, H.M., Cardoso, J.S., Oliveira, S.P.: H&E to ihc virtual staining methods in breast cancer: an overview and benchmarking. *Npj digital medicine* 8(1), 384 (2025)
3. Liu, S., Zhu, C., Xu, F., Jia, X., Shi, Z., Jin, M.: Bci: Breast cancer immuno- histochemical image generation through pyramid pix2pix. In: *Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition*. pp. 1815–1824 (2022)
4. Xu, H., Usuyama, N., Bagga, J., Zhang, S., Rao, R., Naumann, T., Wong, C., Gero, Z., González, J., Gu, Y., et al.: A whole-slide foundation model for digital pathology from real-world data. *Nature* 630(8015), 181–188 (2024)