

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ГИСТОЛОГИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Омонбоева Оиша Баходировна

*Студентка Ташкентского Государственного Медицинского
университета*

Научный руководитель: Ибадулла Турсунметов

*Ассистент кафедры гистологии и медицинской биологии Ташкентского
Государственного Медицинского университета*

Узбекистан, г.Ташкент

Аннотация:

Развитие цифровой патологии и искусственного интеллекта (ИИ) открывает новые возможности для анализа гистологических изображений. Традиционные методы микроскопии требуют высокой квалификации врача-гистолога и значительных временных затрат. С помощью алгоритмов машинного обучения и глубоких нейронных сетей можно автоматически выявлять патологические изменения, классифицировать ткани и даже прогнозировать течение заболеваний. В статье рассматриваются основные направления применения ИИ в гистологии, современные методы обработки изображений, примеры успешных внедрений в клиническую практику, а также трудности и перспективы развития этой области.

Ключевые слова:

искусственный интеллект, гистология, цифровая патология, машинное обучение, глубокие нейронные сети, диагностика рака, виртуальное окрашивание, анализ изображений.

USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR AUTOMATIC ANALYSIS OF HISTOLOGICAL IMAGES

Omonboeva Oisha Bakhodirovna

Student at Tashkent State Medical University Scientific Advisor: Ibadulla Tursunmetov

*Assistant at the Department of Histology and Medical Biology ,Tashkent State
Medical University
Tashkent ,Uzbekistan*

Abstract: The development of digital pathology and artificial intelligence (AI) opens up new opportunities for the analysis of histological images. Traditional microscopy methods require a highly qualified histologist and significant time investment. With the help of machine learning algorithms and deep neural networks, it is possible to automatically detect pathological changes, classify tissues, and even predict disease progression. This article discusses the main directions of AI applications in histology, modern image processing methods, examples of successful implementation in clinical practice, as well as challenges and future prospects of this field

Keywords: artificial intelligence, histology, digital pathology, machine learning, deep neural networks ,cancer diagnosis ,virtual staining ,image analysis.

Введение: Гистология является одной из ключевых дисциплин, лежащих в основе клинической диагностики. Анализ микроскопических срезов тканей позволяет выявить патологические изменения на клеточном уровне и поставить точный диагноз. Однако ручной анализ срезов требует высокой квалификации, опыта и занимает много времени. В условиях растущего количества биопсий и нехватки патологоанатомов возникает потребность в автоматизации процессов диагностики. Одним из наиболее перспективных направлений стала интеграция искусственного интеллекта в цифровую гистологию. Используя методы машинного и глубокого обучения, системы ИИ способны анализировать цифровые изображения тканей, распознавать паттерны клеток и структур, а также

классифицировать их по патологическим признакам. Это позволяет повысить точность, стандартизировать интерпретацию и ускорить постановку диагноза.

Методы и материалы: В ходе исследования были задействованы передовые техники цифровой обработки визуальных данных и алгоритмы машинного обучения, обычно применяемые в гистопатологии. Проект состоял из теоретического изучения вопроса и его практической реализации.

Исходные данные: В качестве базы данных использовались открытые дата-наборы цифровых гистологических изображений:

- *CAMELYON16* и *CAMELYON17* - наборы цифровых изображений лимфатических узлов с метастазами рака молочной железы, Предоставленные Digital Pathology Consortium.
- *Break His Dataset* - коллекция микроскопических изображений опухолей молочной железы (доброкачественных и злокачественных).
- *The Cancer Genome Atlas (TCGA)* - изображения тканей различных онкологических заболеваний с аннотированными диагнозами.

2. Искусственный интеллект и цифровая гистология

Искусственный интеллект - это совокупность методов, позволяющих компьютерам выполнять задачи, требующие человеческого мышления: распознавание образов, классификация, прогнозирование. В гистологии

ИИ применяется для анализа цифровых изображений срезов, полученных с помощью сканеров высокого разрешения (Whole Slide Imaging, WSI).

Основные направления применения ИИ в гистологии включают:

- Классификацию тканей (например, нормальные и опухолевые участки);
- Сегментацию клеток и структур (ядра, цитоплазма, сосуды и др.);

- Виртуальное окрашивание - цифровое моделирование окрашивания тканей без применения химических реактивов;
- Прогнозирование заболеваний (например , исходов онкологических процессов);
- Автоматическую диагностику редких патологий и обнаружение метастазов.

ИИ не заменяет врача , а служит инструментом поддержки решений .Врач-гистолог может быстрее и точнее подтверждать диагноз, опираясь на результаты алгоритмов.

3. Методы машинного и глубокого обучения

Современные методы анализа изображений основаны на глубоком обучении(deeplearning), в частности - на сверх точных нейронных сетях (Convolutional Neural Networks, CNN). Эти сети способны автоматически извлекать признаки из изображений, не требуя ручного описания.

Наиболее популярные архитектуры , применяемые в гистологии:

- Res Net - хорошо справляется с классификацией тканей;

U-Net - используется для сегментации клеток и сосудов; Vision

Trans former (ViT) - новая архитектура , основанная на механизме внимания(attention),обеспечивающая высокую точность анализа больших изображений;

- CycleGANиPix2Pix - применяются для виртуального окрашивания срезов.

Например , при диагностике рака молочной железы нейросети обучаются на тысячах изображений, размеченных патологоанатомами. После Обучения система способна самостоятельно отличать доброкачественные образования от злокачественных с точностью до 95-98%.

4. Применение ИИ в диагностике опухолей

Одним из наиболее исследованных направлений является использование ИИ в онкологической гистопатологии. В частности, алгоритмы Применяются для:

- Обнаружения метастазов в лимфатических узлах(проект CAMELYON16/17),
- Классификации глиом мозга,
- Диагностики рака предстательной железы и молочной железы,
- анализ маркеров иммуногистохимии (например, Ki-67, HER2.)

В систематическом обзоре, опубликованном в *npj Digital Medicine* (Nature, 2024), было проанализировано более 100 исследований, и средняя чувствительность ИИ достигла 96.3%, а специфичность - 93.3%. Это сопоставимо с уровнем работы опытного патологоанатома. Кроме того, в ряде случаев ИИ способен выявлять субвизуальные паттерны, которые не всегда распознаются человеком , что открывает новые возможности ранней диагностики.

5. Виртуальное окрашивание и нормализация изображений

Классическая гистология требует окрашивания срезов(например, гематоксилин-эозином),что занимает время и ресурсы . С помощью нейросетей можно создавать виртуальное окрашивание - перевод неокрашенных изображений в цифровой аналог сокрушённого среза. Такой подход демонстрируют модели Cycle GAN , обученные на парных данных: неокрашенный срез → окрашенный аналог. Это позволяет:

- Сократить расходы на реактивы,
- ускорить анализ,

- снизить вариативность между лабораториями.
- Исследования , опубликованные в Light : Science & Applications(Baietal., 2023), показали, что виртуально окрашенные изображения по точности распознавания патологий не уступают традиционным.

6. Преимущества и ограничения

Преимущества применения ИИ в гистологии:

- Высокая точность и воспроизводимость результатов;
- Снижение нагрузки на врачей;
- Ускорение диагностики;
- Возможность анализа больших объёмов данных;
- Стандартизация интерпретации .Ограничения и проблемы:
- Необходимость больших размеченных наборов данных;
- Различия в протоколах окрашивания между лабораториями;
- Этические и юридические вопросы (ответственность за диагноз);
- Высокая стоимость внедрения цифровых сканеров и серверов хранения данных;
- Ограниченная прозрачность (“черный ящик ” нейросетей).

Не смотря на эти проблемы , разработка объяснимых моделей(Explainable AI) постепенно снижает недоверие врачей и регулирующих органов.

7. Перспективы развития

Будущее гистологии - за гибридными системами, где искусственный интеллект работает вместе с врачом. Уже сегодня ИИ используется как инструмент «второго мнения», а в ближайшие годы ожидается его интеграция в клинические информационные системы . Перспективными направлениями считаются:

- Объединение данных гистологии с геномикой и радиологией (мультимодальный анализ);
- Развитие облачных сервисов для удалённого анализа срезов;
- Использование ИИ в образовательных целях (обучение студентов и врачей на цифровых микропрепаратах);
- Создание международных стандартов для цифровой патологии.

Заключение : Искусственный интеллект становится неотъемлемой частью современной гистологии. Он позволяет автоматизировать рутинные процессы, повысить точность и объективность диагностики, а также открыть новые подходы к исследованию тканей. Однако для полноценного внедрения необходимы стандарты качества , надежные дата сеты, юридическая база и подготовка специалистов, способных эффективно использовать ИИ-инструменты. Взаимодействие между патоморфологом и системой искусственного интеллекта знаменует собой наступление новой главы в медицинской диагностике, а именно эпохи цифровой , интеллектуальной гистологии.

Использованные источники:

1. **McGenity C. et al.** Artificial intelligence in digital pathology: a systematic review and meta-analysis. *npj Digital Medicine*, Nature, 2024.
2. **Bai B. et al.** Virtual histological staining via deep learning. *Light: Science & Applications*, 2023.
3. **Fu Y. et al.** Artificial Intelligence in Lymphoma Histopathology: Systematic Review. *JMIR*, 2025.
4. **Asif A. et al.** Unleashing the potential of AI for pathology: challenges and opportunities. *Frontiers in Medicine*, 2023.
5. **Redlich J. et al.** AI for whole-slide images of gliomas. *Nature Communications*, 2024.
6. **Sagiv C. et al.** Artificial Intelligence in Surgical Pathology – Where do we stand. *ScienceDirect*, 2025.
7. **Latonen L. et al.** Deep learning-based virtual staining and normalization in histopathology. *Trends in Biotechnology*, 2024.
8. **PathAI & CAMELYON17 datasets**, Digital Pathology Consortium Reports, 2023–2024.