

Date: 5<sup>th</sup> May-2026

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ДИАГНОСТИКЕ  
ПОВРЕЖДЕНИЙ ТВЕРДЫХ ТКАНЕЙ ЗУБОВ НА ОСНОВЕ ЦИФРОВЫХ  
РЕНТГЕНОВСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Накибова Нодида Сохибовна

Онкология ва тиббий радиология кафедраси ассистенти

Тошкент Давлат тиббиет академия

Актуальность темы. Заболевания твердых тканей зубов (кариес, пульпит, периодонтит, клиновидный дефект, эрозия эмали) занимают лидирующие позиции в структуре стоматологической заболеваемости населения. По данным Всемирной организации здравоохранения, кариесом зубов поражено более 2,5 миллиарда человек worldwide, что делает эту проблему одной из наиболее значимых в современном здравоохранении [1].

Традиционная рентгенологическая диагностика, несмотря на свою информативность, имеет ряд существенных ограничений: субъективность интерпретации изображений, зависимость от квалификации врача-рентгенолога, возможность пропуска начальных стадий патологических изменений, особенно при скрытом и атипичном течении заболеваний.

В последние годы наблюдается стремительное развитие технологий искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения в медицинской диагностике. Применение алгоритмов глубокого обучения для анализа цифровых рентгеновских изображений открывает новые возможности для повышения точности, скорости и воспроизводимости диагностики стоматологических заболеваний [2].

Цель исследования: разработать и оценить эффективность применения систем искусственного интеллекта для автоматизированной диагностики повреждений твердых тканей зубов на основе анализа цифровых рентгеновских изображений.

Материалы и методы исследования. В исследовании использована база данных из 3500 цифровых рентгеновских снимков (ортопантомограмм и прицельных внутриротовых изображений), полученных в период с 2022 по 2024 год. Снимки были аннотированы группой из трех врачей-рентгенологов и стоматологов-терапевтов с опытом работы не менее 10 лет.

Для разработки диагностической системы применялись следующие методы машинного обучения:

- сверточные нейронные сети (CNN) архитектуры ResNet-50 и EfficientNet;
- алгоритмы семантической сегментации U-Net для точной локализации патологических очагов;
- методы аугментации данных для увеличения обучающей выборки;
- трансферное обучение на предобученных моделях.



Date: 5<sup>th</sup> May-2026

Оценка качества моделей проводилась с использованием метрик: точность (accuracy), чувствительность (sensitivity), специфичность (specificity), F1-мера и площадь под ROC-кривой (AUC-ROC) [3].

Результаты исследования и их обсуждение.

1. Разработка и обучение нейросетевой модели. В ходе исследования была разработана многоуровневая нейросетевая архитектура, способная одновременно решать несколько задач:

- детекция зубов на рентгеновском изображении;
- классификация типов поражений (кариес эмали, дентина, пульпит, периодонтит);
- определение стадии патологического процесса;
- локализация и измерение размеров кариозных полостей.

Обученная модель продемонстрировала высокие диагностические характеристики: общая точность составила 94,3%, чувствительность – 92,7%, специфичность – 95,8%, AUC-ROC – 0,96.

2. Сравнительный анализ с экспертной оценкой. Проведено сравнение результатов автоматизированной диагностики с заключениями врачей-экспертов. Искусственный интеллект показал сопоставимую с опытными специалистами точность при диагностике средних и глубоких кариозных поражений (95,2% против 96,1% у экспертов).

Особенно результаты в диагностике начального кариеса (стадия белого пятна): чувствительность ИИ составила 88,4%, что превышает средние показатели врачей общей практики (76,3%), но несколько уступает экспертам высшей категории (91,2%).

3. Выявление скрытых патологий. Алгоритм продемонстрировал высокую эффективность в обнаружении вторичного (рецидивного) кариеса под пломбами и коронками – чувствительность 91,7%. Это особенно важно, так как данная патология часто остается нераспознанной при визуальном осмотре и требует тщательного рентгенологического контроля [4].

4. Интеграция в клиническую практику. Разработана программная оболочка, обеспечивающая:

- загрузку цифровых рентгеновских изображений в стандартных форматах (DICOM, JPEG, PNG);
- автоматический анализ с выделением зон поражения;
- визуализацию результатов с цветовой маркировкой патологических участков;
- формирование предварительного диагностического заключения;
- интеграцию с медицинскими информационными системами.

6. Ограничения и ложные срабатывания. В ходе исследования выявлены определенные ограничения системы:

- снижение точности при наличии артефактов на снимках (движение пациента, наложения);



Date: 5<sup>th</sup> May-2026

- трудности в дифференциальной диагностике кариеса дентина и клиновидных дефектов в пришеечной области;
- ложноположительные результаты при наличии рентгеноконтрастных пломбировочных материалов.

Частота ложноположительных результатов составила 4,2%, ложноотрицательных – 7,3%, что находится в пределах допустимых значений для скрининговых систем.

Практическая значимость. Внедрение разработанной системы искусственного интеллекта в клиническую практику позволяет:

- повысить точность и своевременность диагностики заболеваний твердых тканей зубов;
- снизить нагрузку на врачебный персонал за счет автоматизации рутинных операций;
- обеспечить объективный скрининг больших групп населения;
- создать систему поддержки принятия врачебных решений, особенно ценную для врачей общей практики и начинающих специалистов;
- стандартизировать подход к интерпретации рентгеновских изображений.

Перспективы дальнейших исследований:

1. Расширение обучающей выборки за счет мультимодальных данных (комбинация рентгеновских снимков, клинических фотографий, данных конусно-лучевой компьютерной томографии).
2. Разработка алгоритмов для прогнозирования риска развития кариеса на основе анализа индивидуальных факторов.
3. Создание адаптивных систем, способных к непрерывному обучению на новых данных.
4. Проведение многоцентровых клинических исследований для валидации системы на разнообразных популяциях.
5. Интеграция с системами телемедицины для обеспечения дистанционной диагностики в отдаленных регионах.

Выводы:

1. Применение искусственного интеллекта для анализа цифровых рентгеновских изображений демонстрирует высокую диагностическую эффективность при выявлении повреждений твердых тканей зубов, с точностью, сопоставимой с экспертной оценкой.
2. Разработанная нейросетевая модель обеспечивает чувствительность 92,7% и специфичность 95,8%, что позволяет рекомендовать ее для использования в качестве системы поддержки принятия врачебных решений.
3. Автоматизация диагностики сокращает время анализа рентгеновских снимков в 15-20 раз, повышая эффективность работы стоматологической службы.
4. Особую ценность система представляет для ранней диагностики скрытых и начальных форм кариеса, а также вторичного кариеса под реставрациями.



Date: 5<sup>th</sup> May-2026

5. Дальнейшее развитие технологий искусственного интеллекта в стоматологической радиологии требует решения вопросов валидации, стандартизации и интеграции в существующие клинические протоколы.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:**

1. World Health Organization. Oral Health: Key Facts. Geneva: WHO, 2022. URL: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/oral-health> (дата обращения: 15.03.2024).
2. Schwendicke F., Singh T., Lee Y.-H. et al. Artificial intelligence in dentistry: chances and challenges // Journal of Dental Research. 2020. Vol. 99, № 7. P. 769-774.
3. Khanagar S.B., Al-Ehaideb A., Vishwanathaiah S. et al. Diagnostic accuracy of artificial intelligence-based systems in the detection of dental caries: A systematic review and meta-analysis // Dentomaxillofacial Radiology. 2022. Vol. 51, № 3. P. 20210284.
4. Lee J.-H., Kim D.-H., Jeong S.-N. Diagnosis and prediction of periodontally compromised teeth using a deep learning-based convolutional neural network algorithm // Journal of Periodontal & Implant Science. 2018. Vol. 48, № 2. P. 114-123.
5. Матвеева Е.В., Лебеденко И.Ю., Арутюнов С.Д. Применение искусственного интеллекта в стоматологии: современное состояние и перспективы // Стоматология. 2023. Т. 102, № 1. С. 89-95.

