

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ МЕДИЦИНСКОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ АНАЛИЗА ПАНОРАМНЫХ РЕНТГЕНОВСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ЗУБОВ И ПРОЦЕСС ФОРМИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ

Хасанова Дилафруз Буруновна

Базовый докторант Бухарского государственного технического университета Email: dilafruzhasan89@gmail.com Тел.: +998 93-4713937
<https://orcid.org/0009-0009-3201-0514>

Аннотация: В данной статье анализируются функциональные схемы и структурные модели информационных систем в области стоматологии, а также процессы формирования в них медицинских данных. Показана взаимосвязь этапов, охватывающих ввод данных в систему, их обработку, хранение, передачу и предоставление пользователю. Подробно описываются структурно-функциональные, информационные, процессные модели и модели данных медицинских информационных систем. Кроме того, рассматриваются формирование персональных и клинических данных пациента, ведение электронных медицинских карт, обработка результатов диагностики и механизмы поддержки принятия медицинских решений. Особое внимание уделяется вопросам обеспечения точности, целостности, конфиденциальности и оперативности медицинских данных. Результаты исследования показывают, что эффективное использование медицинских информационных систем способствует повышению качества медицинских услуг, совершенствованию диагностических процессов и принятию обоснованных управленческих решений.

Ключевые слова: Информационная система, функциональная схема, модель, электронная медицинская карта, база данных, цифровая медицина, информационная безопасность, поддержка принятия решений.

Abstract: This article analyzes the functional diagrams and structural models of information systems in dentistry, as well as the processes through which medical data are generated within these systems. It demonstrates the interrelationships between the stages of data entry, processing, storage, transmission, and delivery to users. The structural and functional models, information models, process models, and data models of medical information systems are described in detail. The article also examines the generation of patients' personal and clinical data, the maintenance of electronic medical records, the processing of diagnostic results, and mechanisms for supporting medical decision-making. Particular attention is paid to ensuring the accuracy, integrity, confidentiality, and timeliness of medical data. The findings indicate that the effective use of medical information systems contributes to improving the quality of medical services, enhancing diagnostic processes, and enabling informed management decisions.

Keywords: Information system, functional diagram, model, electronic medical record, database, digital medicine, information security, decision support.

В медицине, как и в других сферах, стремительное развитие и повышение качества и скорости постановки диагноза с использованием информационных технологий становятся одними из приоритетных задач.

В частности, в стоматологии выявление таких патологий, как пародонтит и резорбция зубов, по панорамным рентгеновским изображениям во многих случаях основывается на личном опыте врача и его визуальной оценке. Это повышает субъективность, затраты времени и вероятность ошибок.

В связи с этим разработка интеллектуальных информационных систем, автоматически анализирующих рентгеновские изображения и помогающих в принятии решений, приобретает важное научно-практическое значение.

Эффективное функционирование медицинской информационной системы также неразрывно связано с её интеграцией с другими информационными системами, например с электронными медицинскими картами, больничными информационными системами, лабораторными информационными системами или государственными информационными системами *my.gov*, содержащими персональные данные.

В настоящее время в контексте медицинских информационных систем в целом важное значение имеют стандарты HL7 FHIR (Fast Healthcare Interoperability Resources). FHIR представляет собой современный протокол, позволяющий работать с медицинскими данными в структурированном виде, обеспечивающий возможность их повторного использования и обмена через REST API.

Система сегментации и анализа панорамных рентгеновских изображений зубов в будущем также может быть адаптирована к подобной интеграционной архитектуре: результаты диагностики, генерируемые системой, могут формироваться в виде ресурсов *DiagnosticReport* и *ImagingStudy* стандарта HL7 FHIR и передаваться в существующие больничные информационные системы.

Это, в свою очередь, облегчает внедрение системы в практику и позволяет рассматривать её как часть более широкой медицинской информационной инфраструктуры, а не как изолированную программу.

В последние годы учёными проведена обширная работа по высокоточному автоматическому анализу медицинских изображений с использованием различных моделей сегментации, устранения шумов на изображениях и принятия решений для выявления резорбции зубов и пародонтита: U-Net и её модификаций, DeepLabV3, YOLO и её модификаций.

В частности, Tuzoff и соавторы (2019) использовали свёрточные нейронные сети для обнаружения зубов на панорамных рентгенограммах и их нумерации по системе FDI [1].

Хотя в статье авторы показали, что положение и номер зуба служат основой для привязки последующих находок к конкретному зубу, задачи моделирования

посредством информационной системы и формирования отчётов не рассматривались.

В работе [2] авторы исследовали двухэтапную архитектуру оценки потери костной ткани с применением U-Net и YOLOv4 на основе 640 панорамных изображений. Основное внимание в статье уделено раскрытию проблем, возникающих при измерениях с различных расстояний.

В работе [3] Zancan и соавторы (2025) представили модульный подход, включающий выделение челюстно-лицевой области, сегментацию зубов, нумерацию по FDI и выявление зубов с кариозными полостями.

Однако большинство существующих исследований направлено исключительно на повышение точности моделей (качества сегментации), тогда как функциональная роль этих моделей в составе целостной медицинской информационной системы — от сбора данных до предоставления результата для клинической практики — освещена недостаточно.

Функциональную схему функциональной модели медицинской информационной системы для анализа панорамных рентгеновских изображений зубов можно рассматривать как графическую или логическую структуру, отражающую основные разделы, модули и процессы обмена информацией между ними.

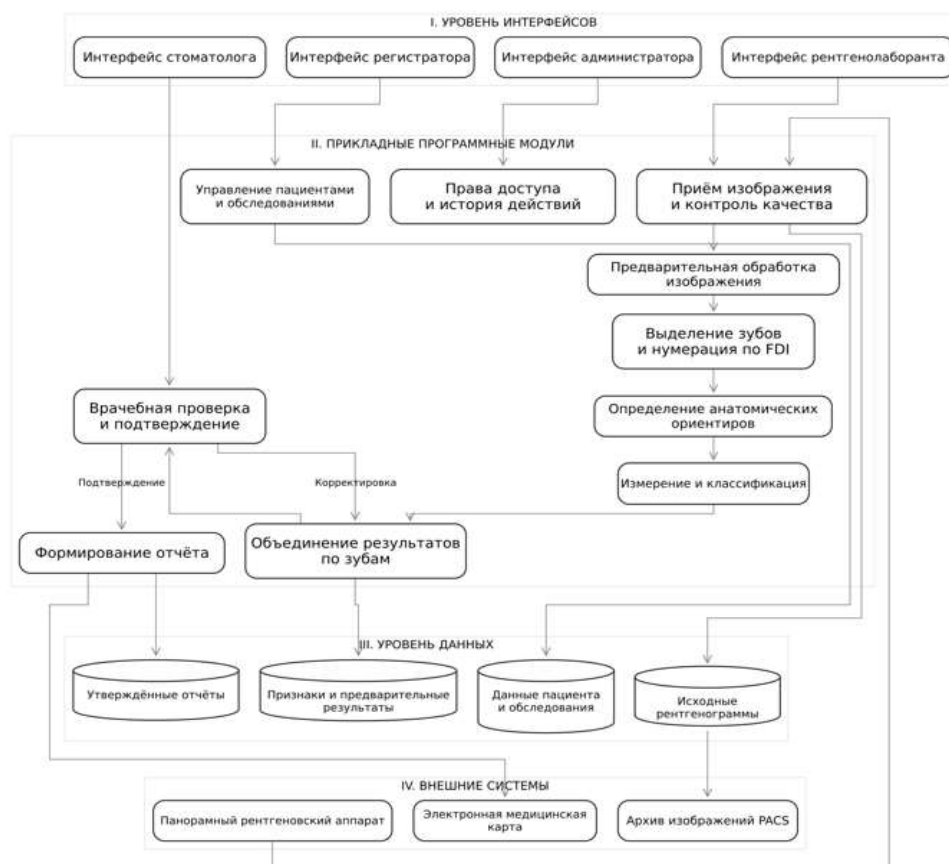


Рисунок 1. Функциональная схема функциональной модели медицинской информационной системы для анализа панорамных рентгеновских изображений зубов.

Принцип работы модели основывается на следующем. В интерфейсной части предусмотрены различные роли, утверждаемые администратором, который контролирует всю систему.

Регистратор осуществляет регистрацию пользователей и пациентов, рентгенолаборант получает рентгеновское изображение пациента, а стоматолог ведёт приём пациента на основе рентгеновских изображений; эти роли взаимосвязаны, и каждая из них выполняет собственную функцию.

В разделе прикладных программ осуществляется работа с введёнными данными.

Рентгеновское изображение преобразуется в цифровые данные, снимок очищается от шумов, выполняется нумерация по FDI, осуществляется этап сегментации и проводится этап оценки.

Следующий модуль выполняет основную функцию объединения.

Например, для 36-го зуба он объединяет в одной записи выявленную область, анатомические точки, рассчитанный показатель и предварительную классификацию.

В результате обеспечивается прослеживаемость того, к какому зубу и участку изображения относится каждое заключение.

Повторное рассмотрение выданного системой заключения, устранение выявленных недостатков и вынесение окончательного заключения предусмотрены в модуле врачебной проверки. На уровне данных сохраняются входные и результирующие изображения.

В разделе интеграции система может взаимодействовать с другими информационными системами, передавать или принимать данные. При этом прежде всего предусматривается передача данных в формате DICOM в персональную электронную карту пациента.

Практическую основу системы составляют сформированный в ходе исследования набор данных, включающий 1200–1500 изображений, процесс аннотирования, осуществлённый с участием специалиста-рентгенолога, а также четыре модели сегментации, выбранные для сравнительного анализа (U-Net, U-Net++, MA-Net, DeepLabV3+).

Кроме того, рассмотрена возможность адаптации результатов системы к международным стандартам интероперабельности, таким как HL7 FHIR, что открывает перспективы развития системы в качестве составной части более широкой медицинской информационной инфраструктуры, а не изолированной программы.

Предложенная функциональная модель может применяться в качестве методологической основы не только для решения задачи выявления пародонтита и резорбции зубов, но и при проектировании других видов интеллектуальных информационных систем, анализирующих медицинские изображения.

В дальнейших исследованиях планируется подробно проанализировать сравнительные результаты четырёх выбранных моделей по таким метрикам, как точность, IoU и коэффициент Dice, и внедрить наиболее эффективную модель в практику.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Tuzoff D. V. и др. Tooth detection and numbering in panoramic radiographs using convolutional neural networks. *Dentomaxillofacial Radiology*, 2019, 48(4), 20180051. DOI: 10.1259/dmfr.20180051.
2. Jiang L. и др. A two-stage deep learning architecture for radiographic staging of periodontal bone loss. *BMC Oral Health*, 2022, 22, 106. DOI: 10.1186/s12903-022-02119-z.
3. Zancan B. G. и др. AI-powered precision in dental radiographic analysis using tailored CNNs for tooth numbering and cavity detection. *PLOS Digital Health*, 2025. DOI: 10.1371/journal.pdig.0001074.
4. Hasanova D. B. «Большие данные (Big Data) в сфере здравоохранения». *Development of science*, 4.2025/5. С. 342–351.
5. Hasanova D. B. «Методы разработки алгоритмов и их анализ». *Ta'lim va innovatsion tadqiqotlar*, 2024/4. С. 94–96.
6. Hasanova D. B. «Перспективы цифровизации сферы здравоохранения». *Fan va texnologiyalar taraqqiyoti*, 2025/1. С. 181–185.
7. Hasanova D. B. «Рентгенологические критерии определения стадий классификации по убыли костной ткани челюсти на рентгенограмме с помощью технологии глубокого обучения», 2025. С. 312–315.