

Информатика и информационные технологии

УДК 004.75+004.932.2:616

ПОДГОТОВКА МЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ К ОБРАБОТКЕ В БОЛЬШИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ХРАНИЛИЩАХ

А.С. Коваленко, А.А. Пезенцали, Е.К. Царенко

*Международный научно-учебный центр информационных технологий
и систем НАН Украины и МОН Украины*

Определены особенности и требования к формированию цифровых медицинских изображений, даны укрупненные стадии их жизненного цикла. Представлена 3-уровневая схема хранения и оперирования медицинскими изображениями на уровне лечебно-диагностических систем, временного хранилища учреждения здравоохранения и долгосрочного хранения и анализа в больших информационных хранилищах. Определены задачи уровней, жизненный цикл и требования к цифровым медицинским изображениям, предложена схема подготовки этих изображений для передачи и обработки в больших информационных хранилищах.

Ключевые слова: медицинские изображения, DICOM, обработка и хранение, Грид.

Визначено особливості та вимоги до формування цифрових медичних зображень, дано укрупнені стадії їх життєвого циклу. Представлено 3-рівневу систему збереження та оперування медичними зображеннями на рівні лікувально-діагностичних систем, тимчасового сховища закладу охорони здоров'я та тривалого зберігання й аналізу в великому інформаційному сховищі за межами закладу охорони здоров'я. Визначено завдання рівнів, життєвий цикл і вимоги до цифрових медичних зображень, запропоновано схему підготовки цих зображень для передачі та обробки в великих інформаційних сховищах.

Ключові слова: медичні зображення, DICOM, обробка і зберігання, Грід.

ВВЕДЕНИЕ

Расширяется сфера внедрения информационных технологий в практическое здравоохранение. Центральный этап таких технологий нацелен на поддержку диагностического процесса. Одной из главных актуальных задач практического здравоохранения является усовершенствование работы с цифровыми медицинскими изображениями (ЦМИ). Диагностические приборы и комплексы формируют медицинские изображения в электронном виде, а для использования их врачами-практиками необходимо их хранение, обработка и анализ. Благодаря развитию информационных систем в настоящее время созданы и функционируют большие информационные хранилища типа Грид или «облачных» хранилищ. Они позволяют в своей

среде не только содержать медицинские цифровые изображения, но и проводить их обработку и анализ.

В то же время широко начали использоваться специализированные информационные системы хранения и архивирования цифровых медицинских изображений (PACS — англ. Picture Archiving and Communication system). Такие системы позволяют хранить, обрабатывать и использовать эти информационные объекты в медицинских целях. Использование подобных систем в практике украинского здравоохранения крайне ограничено. Это связано с проблемой перехода медицинских учреждений на электронный документооборот, который до сих пор не реализован.

Цель работы — определение основных условий, подбор методов и средств подготовки и передачи медицинских изображений для использования в больших информационных хранилищах (на примере Грид).

АНАЛИЗ СТАДИЙ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ЦИФРОВЫХ МЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Диагностический процесс сопровождается протоколированием результатов обследования пациентов. С настоящее время все большее применение получают электронные формы медицинских записей и документов. Достигнута достаточно высокая степень формализации медицинских записей и документов, несущих информацию о результатах анамнеза, клинико-лабораторных исследований, анкетирования, эти виды электронных медицинских документов широко используются. Большая часть результатов функциональной диагностики являются медицинскими изображениями исследуемых органов и тканей. Медицинские изображения как отдельный вид медицинских документов несут большое количество информации о состоянии исследуемого пациента, которая не всегда может быть использована врачом в полном объеме.

Современная диагностическая техника позволяет получать медицинские изображения не только в аналоговом, но и в цифровом форматах. Так как многие диагностические процессы, особенно с привлечением средств телемедицинских технологий, основываются на анализе цифровых медицинских изображений, для разработки информационных технологий диагностики необходим анализ и учет особенностей жизненного цикла цифровых медицинских изображений. Жизненный цикл описывает процесс создания, последовательного преобразования и дальнейшего хранения медицинского изображения.

Очевидно, что цифровые медицинские изображения характеризуются основными свойствами, присущими всей совокупности медицинских документов. Следовательно, принципиальные этапы жизненного цикла медицинских изображений соответствуют таковым для медицинских документов. Структурная организация жизненного цикла определяется видом и характеристиками конкретного диагностического процесса, в котором используется анализируемое медицинское изображение.

Для решения задач данного исследования осуществлено укрупнение стадий жизненного цикла ЦМИ, описанных в [1], определены сферы использования при информатизации лечебно-диагностического процесса. Предоставим краткое описание укрупненных стадий жизненного цикла.

1. Создание аналогового или цифрового изображения вместе с минимально необходимыми метаданными и преобразование аналогового изображения в цифровой формат.

2. Каталогизация, создание метаданных вручную или автоматизированными методами.

3. Обеспечение сохранения изображений с возможностями быстрого доступа.

4. Обеспечение поиска изображения с использованием классификаторов, метаданных, полнотекстового или других технологий поиска и визуализация изображения для просмотра (по результатам поиска).

6. Повторное использование и создание новой версии (копии) изображения для нового использования.

8. Предоставление доступа и общая обработка методами одновременной работы «в реальном времени» или последовательно.

9. Передача, экспорт и распространение изображения в защищенном режиме.

10. Хранение: сохранение неактивных изображений, безопасное уничтожение изображений, для которых закончился согласованный срок хранения, обеспечение длительного хранения и доступности изображений бессрочной ценности.

Состав и последовательность стадий и этапов жизненного цикла ЦМИ, а также модель жизненного цикла может меняться в зависимости от технологических процессов и особенностей документооборота, в котором ЦМИ задействованы, от целей и задач документооборота, от назначения, ценности и состава ЦМИ и связанных документов, от количества пользователей ЦМИ, от организационного и технологического обеспечения документооборота и от других факторов.

Предоставляемые технологические и методологические характеристики основных требований к жизненному циклу цифровых медицинских изображений в каждом конкретном случае их использования обеспечиваются организационно-технической и информационной поддержкой задействованных стадий. Надо подчеркнуть необходимость обеспечения информационной непрерывности переходов между стадиями согласно жизненному циклу на технологическом, методологическом, организационно-техническом уровнях.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К ЦИФРОВЫМ МЕДИЦИНСКИМ ИЗОБРАЖЕНИЯМ

Для использования в диагностическом процессе каждое медицинское изображение дополняется сопроводительной информацией. Содержание и структура этой информации определяется процедурой диагностического

исследования, однако не всегда имеется полнота сопроводительной информацией.

Обобщенная структура ЦМИ приведена на рис. 1

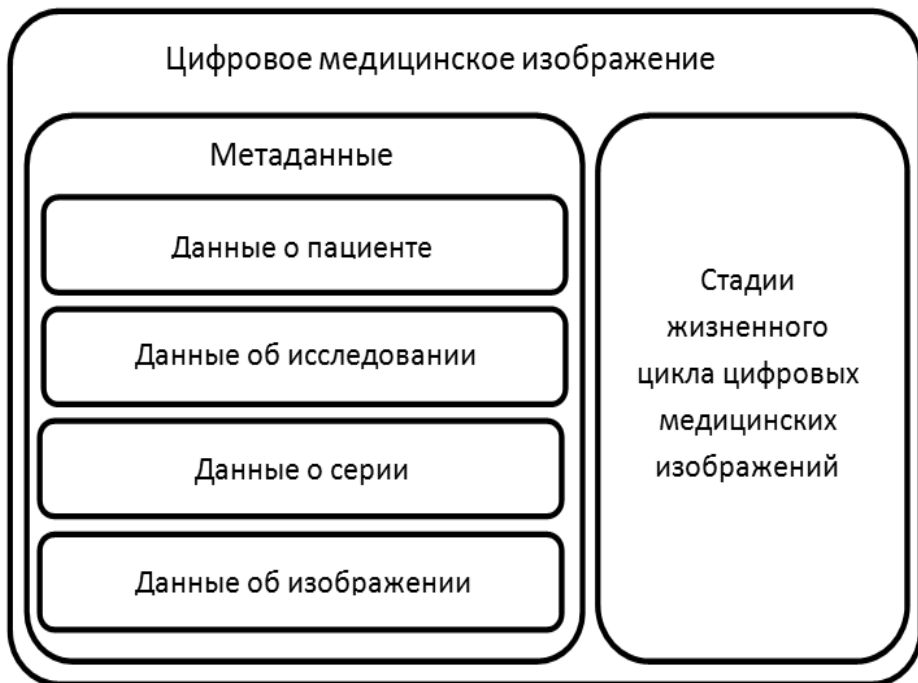


Рис 1. Обобщенная структура комплекса ЦМИ-метаданные

Выделены следующие основные особенности ЦМИ:

— информация отдельно взятого медицинского изображения носит неопределенный характер, диагностическая ценность достигается при использовании ЦМИ в комплексе с метаданными;

— большой размер и сложная структура комплекса ЦМИ-метаданные;

— зависимость характеристик ЦМИ от их происхождения (вид диагностического исследования и программно-аппаратные средства, формирующие цифровые медицинские изображения).

На основе этих особенностей определены требования к цифровым медицинским изображениям:

— необходимость формирования комплекса ЦМИ-метаданные;

— представление ЦМИ в DICOM формате;

— обязательный учет всех этапов жизненного цикла.

Эти требования являются базовыми и обеспечивают возможность сохранения и передачи структурированного комплекса ЦМИ-метаданные, а также управление доступом к ЦМИ различных пользователей из разных систем. Для повышения уровня безошибочной работы с ЦМИ следует проводить фиксирование в журнале действий пользователей при работе с изображением с указанием времени и данных использования, что обеспечивает сохранение истории изменений копии изображения в жизненном цикле.

ПОДГОТОВКА И ПЕРЕДАЧА ЦИФРОВЫХ МЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ В СРЕДУ ГРИД

Анализ медицинских DICOM-изображений выполняется при постановке диагноза в процессе оказания медицинской помощи в учреждениях здравоохранения (УЗ) и в научно-исследовательских задачах в Грид.

Медицинское DICOM-изображение, согласно стандарту, представляется экземпляром класса, называемого «пара сервис-объект» (SOP). SOP, в свою очередь, содержит блоки данных [2]:

- 1) пациент — метаданные, идентифицирующие конкретного пациента;
- 2) исследование — метаданные, идентифицирующие врача, время исследования, его параметры;
- 3) серия — метаданные, идентифицирующие модальность, оборудование, производителя, организацию;
- 4) изображение — метаданные, являющиеся цифровым описанием содержимого изображения: тип (это может быть картинка или множество кадров видеозаписи), хранение, пиксели, взаиморасположение, воспроизведение, кадры, конфигурация, фотометрическая интерпретация и т.д.

Таким образом, в файлах DICOM одновременно содержатся и непосредственно изображения, и дополнительная информация о пациенте, которому такое исследование проводилось. Информация о пациенте и исследовании не может быть отделена от самого изображения.

Для решения ряда задач необходимо осуществлять передачу медицинских изображений, которые создаются в процессе диагностики в одном медицинском учреждении, в другое медицинское учреждение для проведения консультаций, формирования дополнительных заключений и других видов деятельности. Разработка средств подготовки и передачи медицинских изображений для использования в больших информационных хранилищах базируется на предложенной трехуровневой системе хранения, передачи и обработки медицинских изображений, состоящей из I уровня — формирования изображений с использованием лечебно-диагностических систем УЗ, II уровня — временного хранения медицинских изображений УЗ и III уровня — долгосрочного хранения и анализа медицинских изображений в среде Грид (рис. 2).

Задача I уровня нацелена на осуществление процессов оказания медицинской помощи УЗ — это формирование разнородных (в частности, по способу получения и назначению) медицинских изображений, характеризующихся представлением изображения в цифровом формате, наличием метаданных о пациенте-источнике и метаданных об условиях получения изображения. Как указано выше, международный стандарт представления этих медицинских изображений с метаданными (регламентированным набором тегов) — DICOM 3.0.

Задачи II уровня — временного хранилища медицинских изображений УЗ — организация получения и упорядочивания медицинских изображений формата DICOM с различных диагностических приборов, организация доступа пользователей корпоративной компьютерной сети УЗ к

изображениям для многократного использования в процессе лечебно-диагностического обслуживания пациента, подготовка изображений для передачи в Грид.

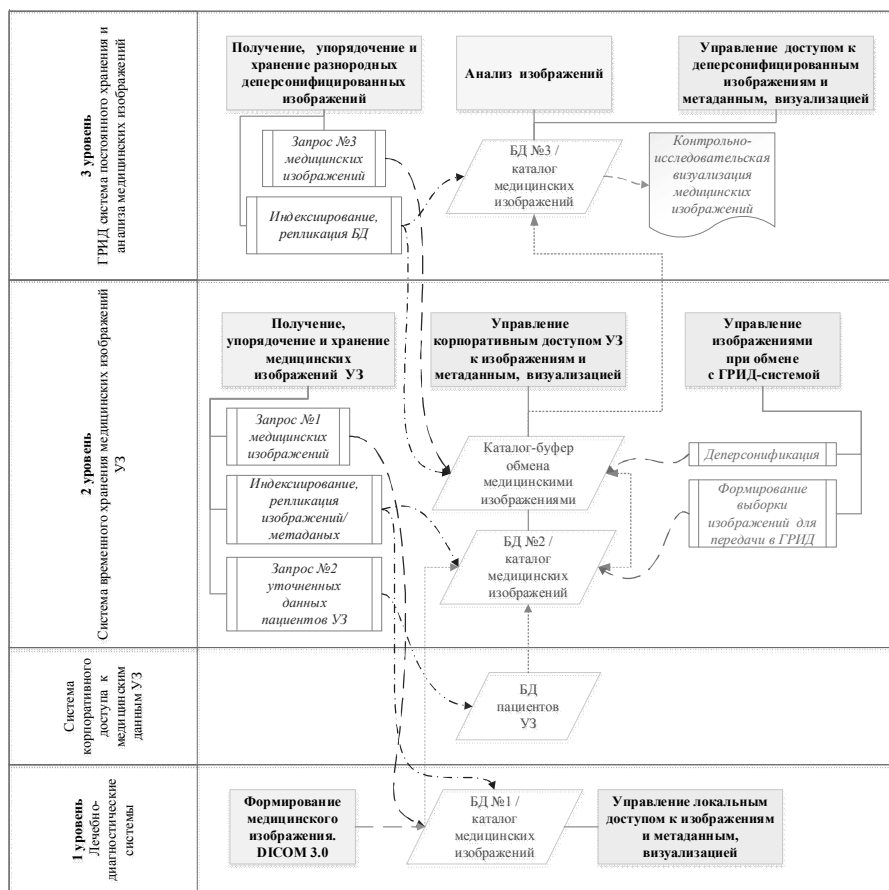


Рис. 2. Схема трехуровневой системы хранения, передачи и обработки медицинских изображений для статистических исследований в среде Грид.

Задачи III уровня (Грид-системы) в данном случае заключаются в организации:

- 1) получения больших объемов разнородных медицинских изображений из различных УЗ,
- 2) хранения и анализа этих изображений,
- 3) подготовки и передачи изображений в УЗ для использования в лечебно-диагностическом процессе при последующих обращениях пациента.

При этом должно соблюдаться основное условие использования Грид-технологий для решения медицинских задач — обеспечение конфиденциальности медицинской информации при выходе ее за пределы УЗ, защита персональных данных.

В заданных условиях подготовка и передача в Грид медицинских изображений, состоящих из собственно изображения в цифровом формате и метаданных, сводится к следующим действиям:

1) упорядочиванию метаданных изображений, получаемых на различных лечебно-диагностических системах УЗ в соответствии со стандартом DICOM 3.0;

2) передаче медицинских изображений формата DICOM 3.0 в хранилище УЗ;

3) упорядочиванию метаданных о пациентах-источниках изображений в соответствии с картотекой и/или базой данных (БД) пациентов УЗ;

4) формированию набора медицинских изображений (с истекшим сроком временного хранения в УЗ) для передачи в Грид;

5) выполнению деперсонификации изображений, предназначенных для передачи в Грид, — процедуры, в которую входит:

а) формирование замещающего идентификатора (ID) пациента в метаданных изображения;

б) сохранение идентифицирующих пациента метаданных изображения и замещающего ID пациента в БД деперсонификации;

в) удаление в медицинском изображении метаданных, идентифицирующих пациента;

б) выкладывание деперсонифицированных изображений в каталог — буфер обмена между хранилищем УЗ и хранилищем Грид;

7) передача деперсонифицированных изображений в хранилище Грид.

Таким образом, системами первого уровня является диагностическая аппаратура для проведения различных диагностических исследований (согласно DICOM — всего 35 видов модальностей): УЗИ, флюорографические системы, рентгеновские, эндоскопические, КТ, МРТ, ангиографические и т.д. Эти системы — источники медицинских изображений, которые должны быть приведены к стандарту DICOM 3.0 с корректно представленными метаданными. В некоторых системах при надлежащей организации работы операторов эта задача выполняется автоматически, в других — для ее выполнения требуется разработка организационно-технических и программных средств.

Организация системы долгосрочного хранилища и анализа медицинских изображений на основе Грид требует значительного объема памяти запоминающих устройств, больших вычислительных мощностей, организации DICOM-сервера с соответствующей пропускной способностью, а также подбора методов и разработки средств обработки и анализа медицинских изображений [3].

По результатам проведенного анализа систем обработки медицинских изображений выявлено что, для организации работы второго уровня в настоящее время реализуется типовое решение хранения и архивирования цифровых медицинских изображений на основе систем PACS, позволяющих хранить медицинские изображения, управлять доступом к ним, визуализировать их, а также редактировать метаданные и обмениваться ими с другими системами.

Выводы

Выделенные укрупненные стадии жизненного цикла медицинских изображений являются базовыми, состав и последовательность стадий жизненного цикла ЦМИ, а также модель жизненного цикла может меняться в зависимости от технологических процессов и особенностей документооборота, в котором ЦМИ задействованы.

На основе этих особенностей определены требования к цифровым медицинским изображениям:

- необходимость формирования комплекса ЦМИ-метаданные;
- представление ЦМИ в DICOM формате;
- обязательный учет всех этапов жизненного цикла.

Подготовка медицинских изображений к обработке в среде Грид состоит из двух процессов:

- организация программно-технической системы обмена этими изображениями в лечебно-профилактическом учреждении и передачи изображений в Грид;
- предварительная обработка медицинских изображений.

Предложенная трехуровневая схема обмена медицинскими изображениями позволяет упорядочивать медицинскую информацию изображений для использования в лечебно-диагностическом процессе, а также передавать деперсонифицированные медицинские изображения в Грид для долгосрочного хранения и анализа в научно-исследовательских целях.

1. Guidelines For Handling Image Metadata [Электронный ресурс]/ Metadata Working Group. 2010 — Adobe Systems Inc., Apple Inc., Canon Inc., Microsoft Corp., Nokia Corp. and Sony Corp. All rights reserved. — Режим доступа: http://www.metadataworkinggroup.org/pdf/mwg_guidance.pdf
2. EN ISO 12052:2011 Health informatics. Digital imaging and communication in medicine (DICOM) including workflow and data management [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.iso.org>
3. Модель открытой Грид-системы / Е.Е. Журавлев, В.Н. Корниенко, А.Я. Олейников, Т.Д. Широбокова. // Журнал радиоэлектроники. — № 12. — 2012. — С.1–19.

Получено 22.02.2014