

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«Тольяттинский государственный университет»

Институт математики, физики и информационных технологий

(наименование института полностью)

Кафедра «Прикладная математика и информатика»

(наименование кафедры)

01.03.02. Прикладная математика и информатика

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Системное программирование и компьютерные технологии

(направленность (профиль)/специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Методы преобразования графической информации в медицинских информационных системах

Студент

В.А. Вьюшкин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

А.Б. Кузьмичев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

Е.В. Косс

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой к.т.н., доцент, А.В. Очеповский

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« » 20 г.

Тольятти 2018

АННОТАЦИЯ

В данной выпускной квалификационной работе рассмотрены методы преобразования графической информации в медицинских информационных системах.

Объект исследования процесс получения данных с различных медицинских устройств.

Предмет исследования автоматизация процесса получения данных с различных медицинских устройств.

Целью работы является: разработка подсистемы импорта, обеспечивающей доступ к данным медицинских устройств, и системы для организации, управления и хранения полученных данных.

Для осуществления этой цели были поставлены следующие задачи:

1. Анализ систем обработки информации в учреждениях здравоохранения;
2. Разработка алгоритма импорта медицинских данных;
3. Реализация алгоритма импорта медицинских данных;

Выпускная квалификационная работа состоит из введения, трех глав и заключения.

В первой главе проводится анализ систем обработки информации в учреждениях здравоохранения в ГБУЗ СО ТГКБ №5. Рассматривается используемое программное обеспечение, выявляются недостатки текущей системы.

Во второй главе разрабатывается алгоритм получения медицинских исследований и выбор программных средств для реализации подсистемы.

В третьей главе описана реализация алгоритма импортирования медицинских данных

Выпускная квалификационная работа выполнена на 45 страницах, состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы, состоящего из

22 литературных источников. Также работа содержит 10 рисунков, 7 таблиц, одно приложение.

В заключении вынесены основные выводы и результаты проведенной работы, определены дальнейшие шаги в усовершенствовании подсистемы импорта.

Результатом работы является разработанная подсистема импорта медицинских данных.

ABSTRACT

The title of the graduation work is «Methods for converting graphic information in the medical information systems».

The object of the graduation work is obtaining data from various medical devices.

The subject of the graduation work is the automation of data obtaining process from various medical devices.

The aim of the work is the development of an import subsystem providing an access to the data from medical devices, and systems for organizing, managing and storing the received data.

In the course of this graduation work the following tasks should be solved:

1. The analysis of information processing systems in healthcare institutions;
2. The development of the algorithm for importing medical data;
3. The implementation of the algorithm for importing medical data;

The graduation work consists of an introduction, three chapters and a conclusion.

The first chapter analyzes information-processing systems in health care institutions.

The second chapter develops an algorithm for obtaining medical investigations; the choice of software for the subsystem implementation is developed.

The third chapter describes the implementation of the algorithm for importing medical data.

In conclusion, the main findings and results of the work are carried out; the further steps in the improvement of the import subsystem are defined.

The result of the work is the developed subsystem of medical data import.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1 АНАЛИЗ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ В УЧРЕЖДЕНИЯХ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ТГКБ №5.....	8
1.1 Анализ информационных систем в СО ГБУЗ ТГКБ №5.....	8
1.2 Анализ технологии доступа к информации в системе ТГКБ №5	10
1.3 Требования к подсистеме импорта данных по пациентам.....	17
1.4 Постановка задачи на разработку подсистемы импорты данных по пациентам	21
2 РАЗРАБОТКА НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ ИМПОРТА ДАННЫХ ПО ПАЦИЕНТАМ ИЗ МЕДИЦИНСКОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ В ТГКБ №5.....	23
2.1 Выбор DICOM сервера	23
2.2 Выбор формата хранения данных по пациентам	26
2.2.1 Анализ алгоритмов сжатия графической информации без потерь	29
2.3 Выбор используемой базы данных	31
3 РЕАЛИЗАЦИЯ ПОДСИСТЕМЫ ИМПОРТА МЕДИЦИНСКИХ ДАННЫХ ПО ПАЦИЕНТАМ ИЗ МЕДИЦИНСКОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ В ТГКБ №5.....	33
3.1 Выбор платформы для подсистемы импорта.....	33
3.1.1 Выбор скриптового языка для автоматизации подсистемы импорта.....	35
3.2 Разработка алгоритмов импортирования и удаления данных по пациентам	36
3.3 Разработка диаграммы развертывания.....	40
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	42
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	44
ПРИЛОЖЕНИЕ А	46

ВВЕДЕНИЕ

Здравоохранение всегда являлось направлением, в котором было невероятно трудно совместить качественное предоставление услуг, соответствующее всем необходимым медицинским стандартам, и принципы экономической эффективности деятельности. Применение мобильных технологий в сфере медицины является перспективной сферой развития медицинских информационных технологий. В 2011 году Всемирная организация здравоохранения прогнозировала взрыв мобильных медицинских технологий mHealth и их потенциал быстро изменить облик систем здравоохранения по всему миру. К 2016 году в мире насчитывалось 260 тысяч медицинских мобильных приложений.

Использование мобильных систем обусловлено необходимостью как можно более быстрого доступа к данным исследований пациентов. Использование мобильного устройства как единой системы для получения данных из различных устройств является слишком ресурс затратным. Решение данной задачи подразумевает использование различных подсистем импорта для передачи и получения данных из различных медицинских устройств.

Объектом является процесс получения данных с различных медицинских устройств.

Предмет исследования: автоматизация процесса получения данных с различных медицинских устройств.

Целью данной работы является разработка подсистемы импорта, обеспечивающей доступ к данным медицинских устройств, и системы для организации, управления и хранения полученных данных.

Актуальность данного проекта исходит из увеличения доли цифровых технологий в учреждениях здравоохранения. Использование цифровых аппаратов диагностики пациентов, таких как МРТ, рентген, УЗИ, приводит к необходимости создания системы мобильного доступа к данным по пациенту.

Новизна проекта заключается в том, что в учреждениях здравоохранения в настоящее время отсутствует возможность мобильного доступа к данным по пациенту.

Для осуществления этой цели были поставлены следующие задачи:

1. Анализ систем обработки информации в учреждениях здравоохранения.
2. Разработка алгоритма импорта медицинских данных.
3. Реализация алгоритма импорта медицинских данных.

Структура. Выпускная квалификационная работа состоит из введения, двух глав и заключения.

В первой главе проводится анализ систем обработки информации в учреждениях здравоохранения.

Во второй главе разрабатывается алгоритм импорта медицинских данных, выбор средств разработки, а также описывается реализация алгоритма.

В заключении излагаются основные выводы и результаты проведенной работы, определяются направления дальнейшего совершенствования программного обеспечения.

Результатом работы является разработанная подсистема импорта для получения данных медицинских устройств.

1 АНАЛИЗ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ В УЧРЕЖДЕНИЯХ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ТГКБ №5

1.1 Анализ информационных систем в СО ГБУЗ ТГКБ №5

В настоящее время в учреждениях здравоохранения существует у несколько подходов к организации работы с данными. К ним относятся ручной, автоматизированный и комбинированный.

Ручной подход – это устаревшая модель работы с данными, подразумевающая работу с физическими носителями информации – амбулаторной картой, листами с результатами анализов, а также томографическими, МРТ и КТ снимками на бумаге или плёнке.

Автоматизированный подход – это современная модель работы с данными, подразумевающая использование информационных систем. Информационная система – это система, предназначенная для хранения, поиска и обработки информации, и соответствующие организационные ресурсы (человеческие, технические, финансовые и т. д.), которые обеспечивают и распространяют информацию. Информационная система предназначена для своевременного обеспечения надлежащих людей надлежащей информацией, то есть для удовлетворения конкретных информационных потребностей в рамках определенной предметной области, при этом результатом функционирования информационных систем (ИС) является информационная продукция — документы, информационные массивы, базы данных и информационные услуги. Примерами таких информационных систем могут быть – электронная регистратура, МИС (Медицинская Информационная Система), DICOM (англ. Digital Imaging and Communications in Medicine) – медицинский отраслевой стандарт создания, хранения, передачи и визуализации цифровых медицинских изображений и документов обследованных пациентов [4].

Анализ проводился на примере ТГКБ №5.

Государственное бюджетное учреждение здравоохранения Самарской области Клиническая больница № 5 городского округа Тольятти, изначально

построенная Волжским Автомобильным Заводом в 1970-1980гг для предоставления медицинской помощи сотрудникам. Сегодня это одно из самых крупных и современных региональных медицинских учреждений Российской Федерации, где ежегодно получают стационарную медицинскую помощь более 80000 человек, амбулаторную – более 200000 человек.

ТГКБ №5 - это уникальная клиническая больница на 2408 коек, где ежегодно получают стационарную медицинскую помощь более 80 тысяч человек и более 200 тысяч человек получают амбулаторную помощь, рождается более 6000 малышей, проводится более 1 млн. исследований в год.

В состав больницы входят следующие медицинские службы:

1. Хирургическая служба.
2. Терапевтическая служба.
3. Онкологическая служба.
4. Инфекционная служба.
5. Детская служба.
6. Гинекологическая служба.
7. Служба акушерства и родовспоможения.
8. Лечебно-диагностический центр.
9. Городской СПИД центр.
10. Служба анестезиологии-реаниматологии.
11. Патологоанатомическое отделение.
12. Аптека.

В настоящее время в ГБУЗ СО ТГКБ №5, как и в большинстве медицинских учреждений в России, используется ручной режим работы с частичным использованием автоматических решений [6].

Преимущества в сравнении с ручным подходом:

- возможность интеграции дополнительных информационных систем.

Недостатки существующей реализации подхода в ГБУЗ СО ТГКБ №5:

- необходимость использования мощных персональных компьютеров для стационарных АРМ;

- отсутствие мобильного доступа к необходимой информации по пациенту и т.п.

1.2 Анализ технологии доступа к информации в системе ТГКБ №5

Для доступа к информации в системе учреждений здравоохранения используется автоматизированное рабочее место (АРМ). А так же медицинская информационная система (МИС) предназначенная для хранения медицинских данных.

В настоящее время в ТГКБ №5 для просмотра и обработки снимков по пациентам используется программа под названием eFilm.

Данное программное средство предназначено для просмотра снимков формата DICOM и широко используется учреждениями здравоохранения, поскольку является лидером среди аналогов и обладает обширным функционалом, включающим в себя широкий набор инструментов для работы с изображениями [5]. eFilm позволяет масштабировать, измерять расстояния, измерять выделенную площадь, располагать несколько снимков в одном окне, изменять яркость и контрастность снимка, для выявления темных пятен. Так же вся необходимая информация по пациенту отображена по бокам самого снимка, поскольку DICOM файл несет в себе данные по пациенту.

На рисунке 1 представлена диаграмма компонентов текущей системы хранения и доступа к информации по пациентам в учреждении здравоохранения.

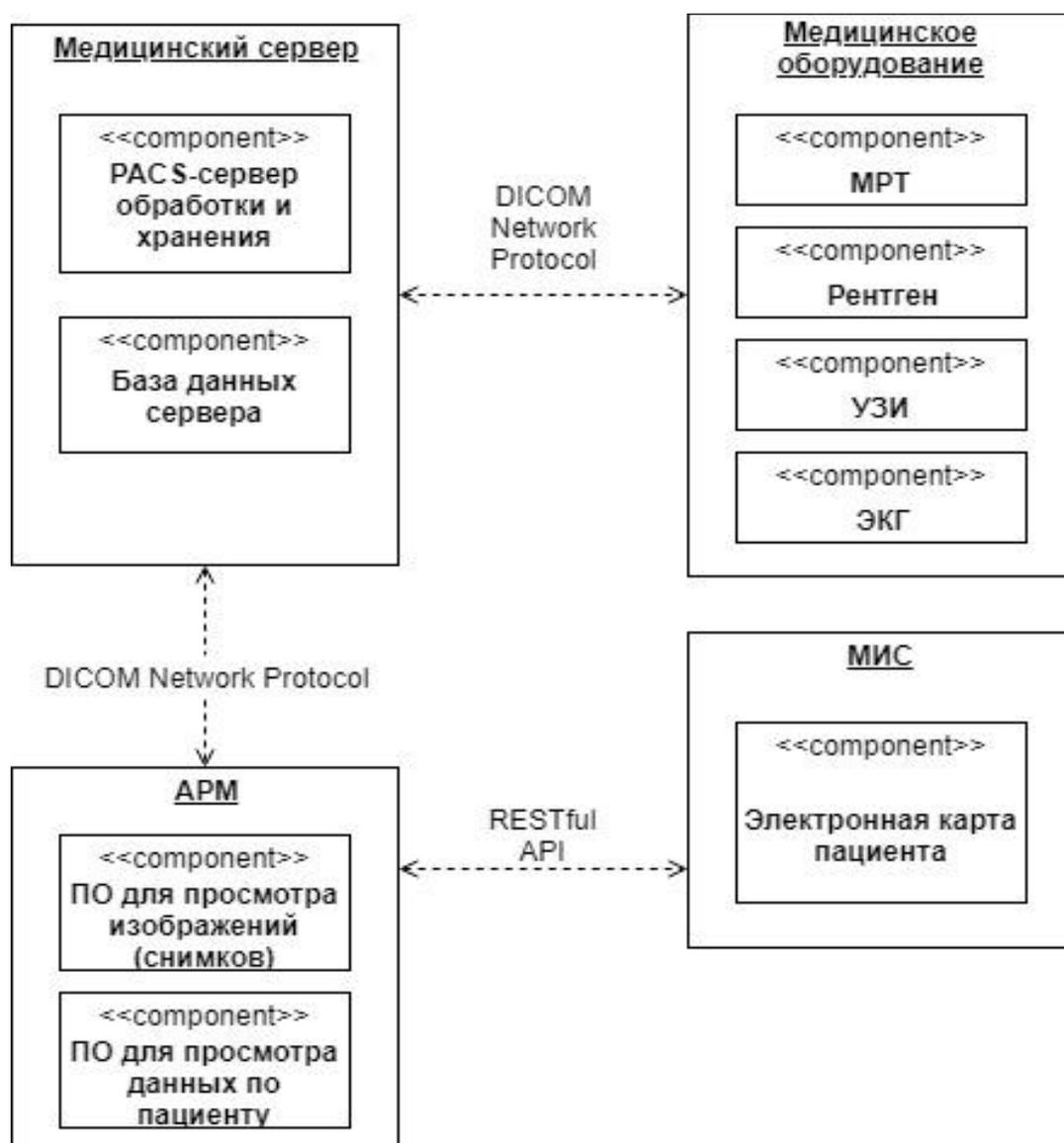


Рисунок 1- диаграмма компонентов для учреждений здравоохранений

Рассмотрим представленную диаграмму развёртывания. Результатом исследования медицинского оборудования (КР, МРТ, рентген, УЗИ и т.д.) являются файлы стандарта DICOM с расширением dcm. Далее эти файлы передаются в PACS-сервере хранения. Для обеспечения работы сервера основная информация по пациентам сохраняется в базе данных. Передача данных производится по протоколу DICOM Network Protocol. Сетевой DICOM протокол использует TCP/IP для передачи информации между компонентами PACS системы.

Помимо системы для работы с медицинским оборудованием по протоколу DICOM, в учреждении здравоохранения так же существует медицинская информационная система (МИС) в которой объединены система

поддержки принятия медицинских решений, электронные медицинские карты, данные мониторинга состояния пациента с медицинских приборов, данные медицинских исследований в цифровой форме, средства общения между сотрудниками, финансовая и административная информация.

Для работы с представленными системами используется АРМ.

АРМ включает в себя специализированное программное и аппаратное обеспечение, позволяющее выполнять обработку, сбор и хранение медицинских данных для принятия диагностических и организационных решений.

Чаще всего медицинское оборудование комплектуется специализированным ПО например, оборудование Philips поставляются вместе с Philips DICOM Viewer.

Рассмотрим программное обеспечение, которое используется в ГБУЗ СО ТГКБ №5 для просмотра и обработки медицинских снимков:

- Philips DICOM Viewer;
- eFilm for Workstations;
- OsiriX (только для macOS);
- RadiAnt.

Philips DICOM Viewer – программа для работы с DICOM изображениями. Интерфейс программы представлен на рисунке 2.

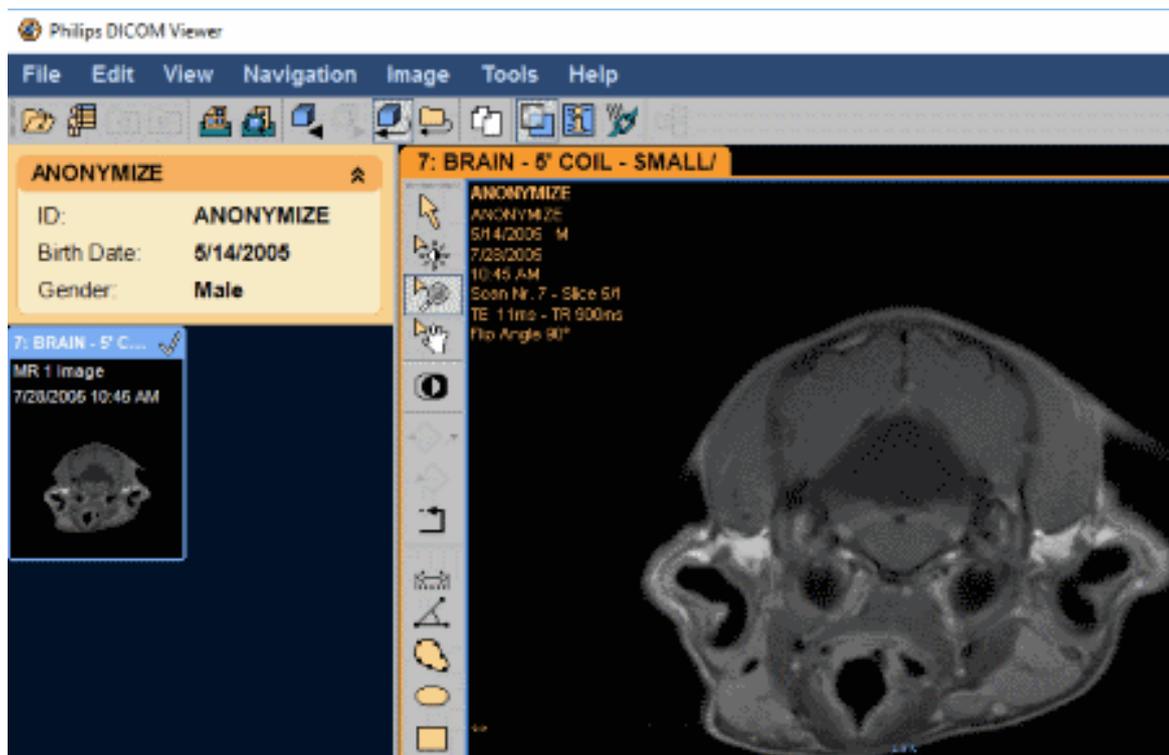


Рисунок 2 – интерфейс Philips DICOM Viewer

Рассмотрим функции Philips DICOM Viewer.

Основные функции:

Поддержка протокола DICOM. Работа с локальными и удаленными сериями снимков.

Быстрая навигация по серии. Возможность свободного перемещения по серии, используя колёсико мыши.

Возможность обработки изображений. Изменение яркости и контрастности, применение различных фильтров.

Манипуляций с изображениями. Возможность изменения масштаба.

Поддержка метаданных. Отображение информации о серии и пациенте.

Дополнительные функции:

Поддержка Split-Screen. Отображение нескольких дополнительных окон с изображениями внутри одного главного окна.

Функция измерения участков снимков. Измерение длины (см) и площади (см²).

Создание трёхмерной модели исследования. Восстановление по серии снимков 3D-объекта.

eFilm for Workstations предназначен для работы с электронными снимками формата DICOM. Интерфейс окна менеджера исследований представлен на рисунке 3. Программа используется не только в ТГКБ №5, но и в учреждениях здравоохранения по всему миру, поскольку является лидером среди аналогов и обладает обширным функционалом, включающим в себя широкий набор инструментов для работы с изображениями.

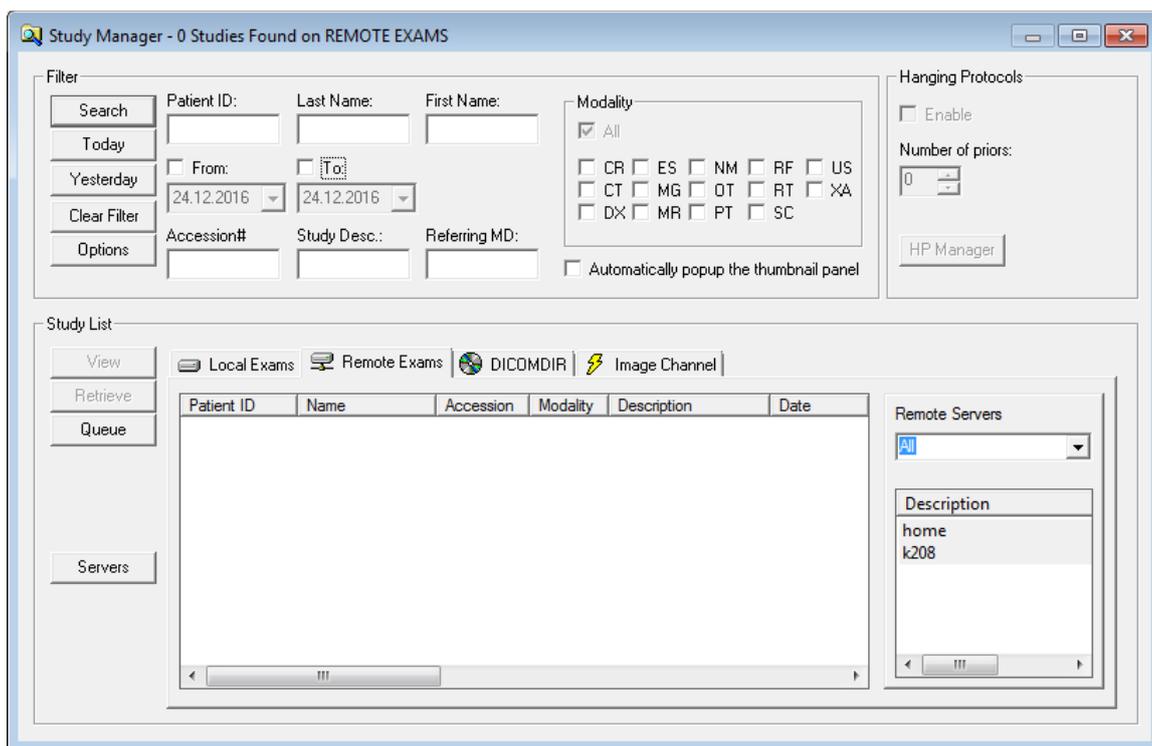


Рисунок 3 – Окно менеджера исследований

Программа позволяет просматривать и работать с DICOM-изображениями различных модальностей. Поддерживает большое количество форматов DICOM, сжатие, в том числе и JPEG2000. Также обладает широким спектром инструментов для изменения яркости/контрастности, произведения геометрических измерений.

OsiriX также, как и eFilmWorkstation, используется для получения, передачи и обработки медицинских DICOM изображений. Окно менеджера исследований представлено на рисунке 4.

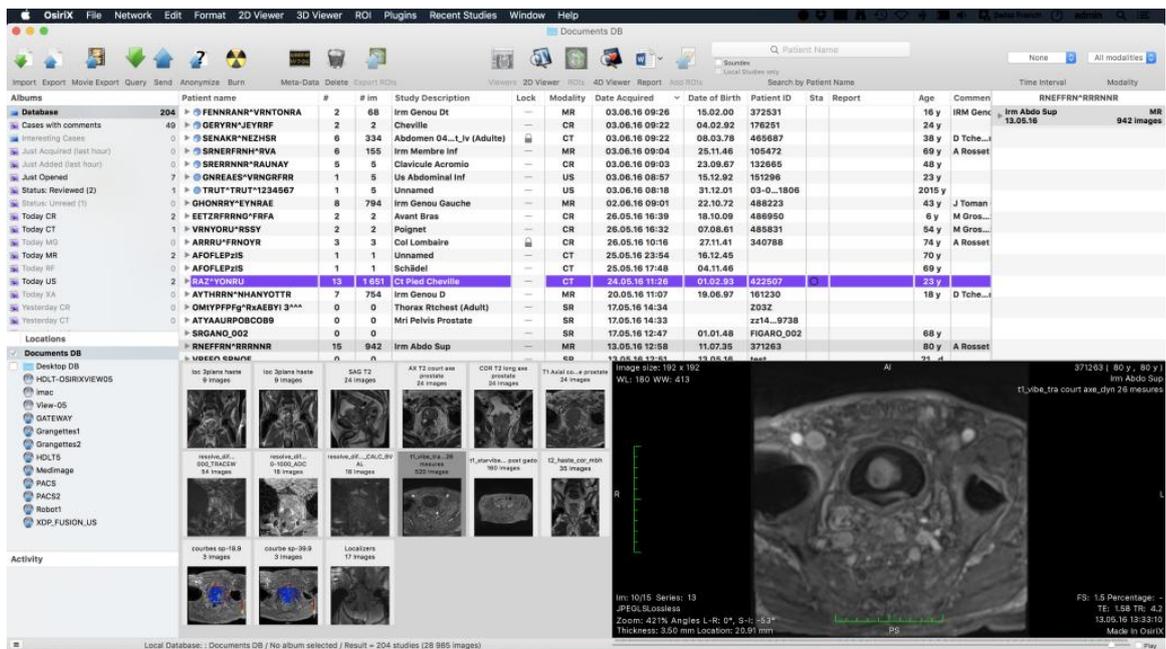


Рисунок 4 - Окно менеджера исследований OsiriX

Кроме DICOM, программа также может читать многие другие форматы изображения и видео файлов: TIFF (8, 16, 32 бит), JPEG, PDF, AVI, MPEG и QuickTime. OsiriX полностью совместим со стандартом DICOM для передачи изображений, способен работать с всеми изображениями полученными по протоколу DICOM в PACS системе.

RadiAnt - инструмент для просмотра медицинских изображений стандарта DICOM. Интерфейс свободно распространяемой версии и коммерческой не имеет значительных отличий и представлен на рисунке 5. RadiAnt имеет примерно аналогичный функционал с предыдущими решениями, однако не сертифицирован как медицинский продукт (для программного обеспечения отсутствуют сертификаты FDA/CE-1).

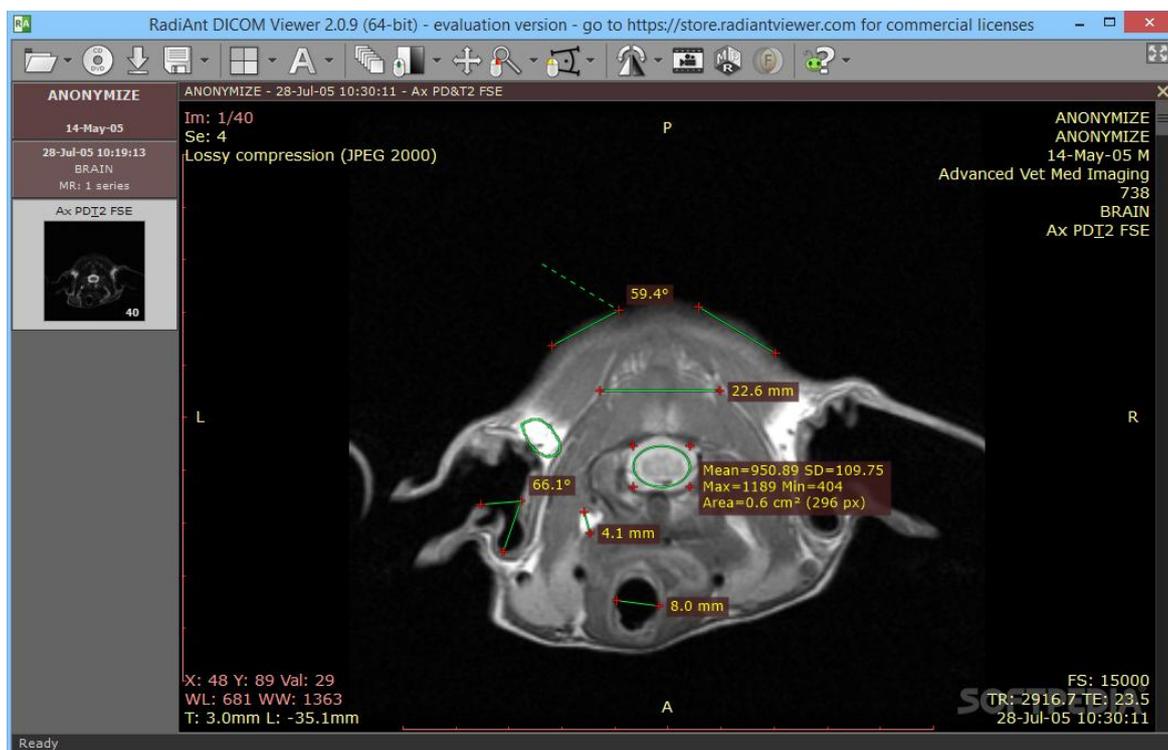


Рисунок 5 - интерфейс RadiAnt

В результате анализа существующей система обработки, хранения и передачи медицинских данных пациентов были выявлены её преимущества и недостатки. А так же рассмотрены программные средства для работы с ними используемые в ГБУЗ СО ТГКБ №5 для выявления необходимого функционала.

1.3 Требования к подсистеме импорта данных по пациентам

Для разработки требований к новой системе воспользуемся методологией разработки программного обеспечения RUP [3] и модель FURPS+ [10].

Выделим следующие требования:

Функциональные требования (Functionality)

Требование к удобству использования (Usability).

Требование к надежности (Reliability).

Требование к производительности (Performance).

Требование к реализации (Implementation requirements).

Требование к интерфейсу (Interface requirements).

Физические требования (Physical requirements).

Выбор технологии проектирования рассматривается в главе 2.

Для фиксации дополнительной информации о требованиях использованы атрибуты RUP. Выявленные требования для новой технологии представлены в таблице 1.

Таблица 1 — Требования к системе

№	Требование	Статус	Полезность	Обоснование
Functionality – Функциональные требования				
1	Интеграция с медицинскими серверами DICOM	Одобрено	Критичное	Системы должна работать с медицинскими серверами
2	Поиск пациентов по заданным критериям	Одобрено	Критичное	В системе должна быть реализована потребность в поиска пациентов по заданным критериям
3	Обновление локальной базы данных промежуточного сервера по заданным параметрам	Одобрено	Критичное	Система должна иметь возможность задавать дополнительные параметры обновления базы данных
4	Удаления данных по пациентам из локальной базы данных	Одобрено	Критичное	Для поддержания актуальных данных, устаревшие должны удаляться
Usability – Требования к удобству использования				
5	Общий файл конфигурирования системы	Предложенные	Важное	Система должна иметь конфигуратор параметров

Продолжение таблицы 1

№	Требование	Статус	Полезность	Обоснование
Reliability – Требования к надежности				
6	Предсказуемое, корректное и безотказное поведение в случае некорректных исходных данных	Предложенные	Важное	Система должна анализировать данные на наличие ошибок и уметь обрабатывать их
Performance – Требования к производительности				
7	Транзакция 1 снимка не более 10 секунд	Одобрены	Критичное	Обновление данных не должно занимать много времени
Implementation requirements – Требования к реализации				
8	Система должна быть реализована в виде DICOM сервера	Одобрены	Критичное	Для работы с медицинскими серверами необходимо реализовать собственный DICOM сервер
9	В системе должен быть реализован аудит событий	Предложенные	Важное	В системе должна быть реализована потребность в журналировании действий в системе

Продолжение таблицы 1

№	Требование	Статус	Полезность	Обоснование
Interface requirements – Требование к интерфейсу				
10	Поддержка формата DICOM	Одобрены	Критичное	Устройства, с которыми должна работать система, используют формат данных DICOM.
11	Поддержка протокола DICOM Network Protocol	Одобрены	Критичное	Устройства, с которыми должна работать система, используют протокол DICOM Network Protocol.
Physical requirements – Физические требования				
12	Система должна быть развернута на устройствах x86-64 или x86	Одобрены	Критичное	Устройства, на которых планируется развернуть систему, работают на платформе x86-64 или x86

1.4 Постановка задачи на разработку подсистемы импорты данных по пациентам

Анализ существующей системы в ТГКБ №5 выявил, что врач не имеет возможности мобильного доступа к данным по пациенту. В результате разработки архитектуры проекта было обнаружено падение производительности системы при работе с форматом DICOM на мобильном устройстве. Была разработана новая архитектура с применением промежуточного сервера предобработки данных в поддерживаемый мобильными устройствами формат. Данная архитектура представлена на рисунке 6.

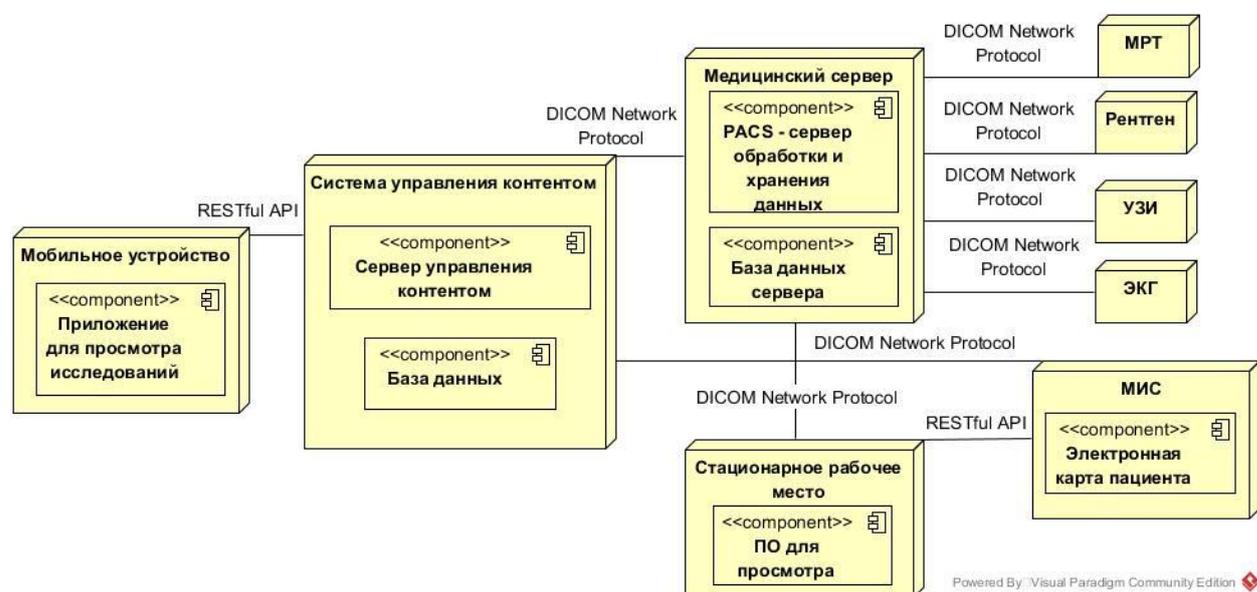


Рисунок 6 - Диаграмма компонентов разработанной архитектуры

Для связи между промежуточным сервером предобработки данных и медицинским сервером ГБУЗ СО ТГУБ №5 необходимо разработать подсистему импорта.

Подсистема импорта должна выполнять следующие функции:

1. Интеграция с медицинскими серверами DICOM — функция реализует доступ разрабатываемой системы мобильного доступа к данным по пациенту к данным медицинской базы данных к медицинскому серверу DICOM ГБУЗ СО ТГКБ №5.

2. Поиск пациентов по заданным параметрам — функция должна предоставлять возможность поиска пациентов по заданным критериям.

3. Обновление локальной базы данных промежуточного сервера по заданным параметрам — функция должна реализовывать операцию по поддержанию локальной базы данных системы в актуальном состоянии.

4. Удаления данных по пациентам из локальной базы данных — данная функция выполняет удаление неиспользуемых в течении определенного времени данных по пациентам.

2 РАЗРАБОТКА НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ ИМПОРТА ДАННЫХ ПО ПАЦИЕНТАМ ИЗ МЕДИЦИНСКОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ В ТГКБ №5

2.1 Выбор DICOM сервера

Для реализации новой технологии получения файлов DICOM необходимо определиться с выбором сервера. Рассмотрим наиболее распространённые серверы, в том числе те, которые используются в ГБУЗ СО ТГКБ №5.

В начале введем понятия терминов DICOM Server, DICOM Клиент и DICOM Протокола. Также будет рассмотрена технология передачи данным между устройствами DICOM [12].

DICOM Server — это комплекс, состоящий из специализированного программного обеспечения и оборудования. Он предназначен для хранения информации по пациентам и их исследованиям. Сервер получает запросы от клиентов находящиеся в сети на поиск и выгрузку серий снимков пациентов по DICOM протоколу. Во время работы сервер разбирает команды и файлы, сохраняя значимые атрибуты в базе данных.

DICOM Client — это медицинское оборудование которое поддерживает DICOM протокол и может отправлять данник произведенных исследований в виде групп DICOM файлов на сервер хранения медицинских данных.

По этой технологии построено медицинское цифровое DICOM оборудование для следующих областей медицины:

(в скобках указано исследование — Modality — по DICOM Стандарту):

- цифровая рентгенография — (DR);
- компьютерная рентгенография — (CR);
- ангиография — (XA);
- компьютерная томография — (CT);
- ядерно-магнитная томография — (MR);
- позитронно-эмиссионная томография — (PET);

- маммография — (MG);
- ультразвуковая диагностика —(US);
- эндоскопия — (ES) и т. п.

В момент передачи данных на сервер каждый отдельный DICOM файл генерируется клиентом из атрибутов, сохраненных во внутренней базе данных и кадра исследования, сохраненных на накопителе медицинского оборудования. Для этого Клиент «договаривается» с Сервером по DICOM Протоколу на передачу каждого DICOM файла.

Для получения DICOM файла (или группы DICOM кадров) так же задействуется сервис DICOM Client (SCU), который, при помощи SQL запросов в базу данных DICOM Сервера — сервис DICOM Server (SCP) на другой стороне, инициирует процесс передачи файлов на DICOM Станцию обработки медицинских изображений.

Сетевой DICOM-протокол использует TCP/IP для передачи медицинской информации от медицинского оборудования в PACS и для связи между PACS. Протокол трёхуровневый — нижний, сразу над TCP — DUL (DICOM Upper Layer); над ним — сервисы: DIMSE (DICOM Message protocol) и ACSE (Association Control protocol — standard OSI protocol); и выше — DICOM Application Interface. Над ними расположено приложение (Medical Imaging Application). Стандарт DICOM позволяет производить интеграцию медицинского оборудования разных производителей, включая DICOM-сканеры, DICOM-серверы, автоматизированные рабочие места и DICOM-принтеры в единую радиологическую или клиническую информационную систему (англ. Hospital information system). Стандарт DICOM включает в себя ряд сетевых (основных) сервисов:

DICOM Store (сервис хранения) — сервис для отправки изображений и других данных в систему хранения или на рабочее место.

DICOM Query/Retrieve (сервис запросов) — позволяет запрашивать списки пациентов или других данных и извлекать их из системы хранения.

DICOM Media Store (сервис сохранения на медиа) — сервис предназначенный проверки гарантированности сохранения данных на носителях информации.

DICOM SCP (Service Class Protocol) — реализует роль сервера в DICOM-сети.

DICOM SCU (Service Class User) — реализует роль клиента в DICOM-сети.

DICOM Modality Worklist (рабочий список исследований) — список процедур обработки изображений, запланированных для выполнения медицинским устройством (иногда называемым системой модальности). Пункты в списке включают в себя соответствующие сведения о предмете процедуры (идентификатор пациента, имя, пол и возраст), Тип процедуры (тип оборудования, описание процедуры, код процедуры) и порядок процедуры.

DICOM Print (сервис печати) — служба печати DICOM используется для отправки изображений на принтер DICOM, обычно для печати на рентгеновской пленке. Существует стандартная калибровка для обеспечения согласованности между различными устройствами отображения, включая распечатку на бумажном носителе.

Стандарт DICOM включает в себя основные сетевые команды, каждая из которых осуществляет как запрос (request) — в основном отправляет «клиент» (SCU), так и отклик (response) — в основном отвечает «сервер» (SCP):

Echo — проверяет наличие DICOM-соединения между двумя DICOM-устройствами;

Find — осуществляет поиск DICOM-элементов или DICOM-файлов пациентов на выбранном DICOM-устройстве;

Get — считывает DICOM-элементы пациентов с выбранного DICOM-устройства;

Set — устанавливает DICOM-элементы на выбранном DICOM-устройстве;

Store — сохраняет DICOM-элементы или DICOM-файлы на выбранном DICOM-устройстве;

Move — копирует (переносит) DICOM-элементы или DICOM-файлы пациентов с одного DICOM-устройства на другое.

Перечислим наиболее популярные DICOM сервера:

- Conquest DICOM Server [11];
- Inobitec DICOM Server [9];
- Orthanc DICOM Server [17];

Введем критерии оценки:

1. Опыт.
2. Поддержка.
3. Бесплатность.
4. Использование в ТГКБ №5.

Сравнительный анализ DICOM серверов представлен в таблице 2.

Таблица 2 - сравнительный анализ DICOM серверов.

Альтернатива Критерии оценки	Conquest DICOM Server	Inobitec DICOM Server	Orthanc DICOM Server
Опыт	5	3	4
Поддержка	4	4	4
Бесплатность	5	4	2
Использование в ТГКБ №5	5	0	0
Итог	19	11	10

Для реализации новой технологии получения файлов DICOM выбран сервер Conquest DICOM Server. Рассмотрена технология передачи данным между устройствами DICOM.

2.2 Выбор формата хранения данных по пациентам

С целью обеспечения наилучшей производительности системы и наименьшего объема хранимых данных рассмотрим формат DICOM и форматы

хранения изображений без потерь качества с целью определить формат с наибольшей степенью компрессии.

DICOM сервер использует для хранения снимков специализированный формат хранения данных DICOM file.

DICOM группирует информацию в наборы данных. Например, файл рентгеновского снимка грудной клетки может содержать идентификатор пациента в файле, так что изображение не может быть отделено от этой информации по ошибке. Это похоже на то, как форматы изображений, такие как JPEG, могут также иметь встроенные теги для идентификации и описания изображения.

DICOM объект состоит из нескольких атрибутов таких как, имя, идентификатор и т. д., а также еще один специальный атрибут, который содержит данные пикселя изображения (т. е. логически, главный объект не имеет "заголовка" как такового, являясь просто списком из атрибутов включающих данные пикселя). Один DICOM объект может иметь только один атрибут, в котором должны содержаться данные о пикселях. Для многих модальностей это соответствует одному изображению. Однако атрибут может содержать несколько "кадров".

На рисунке 7 представлена информационная модель DICOM файла.

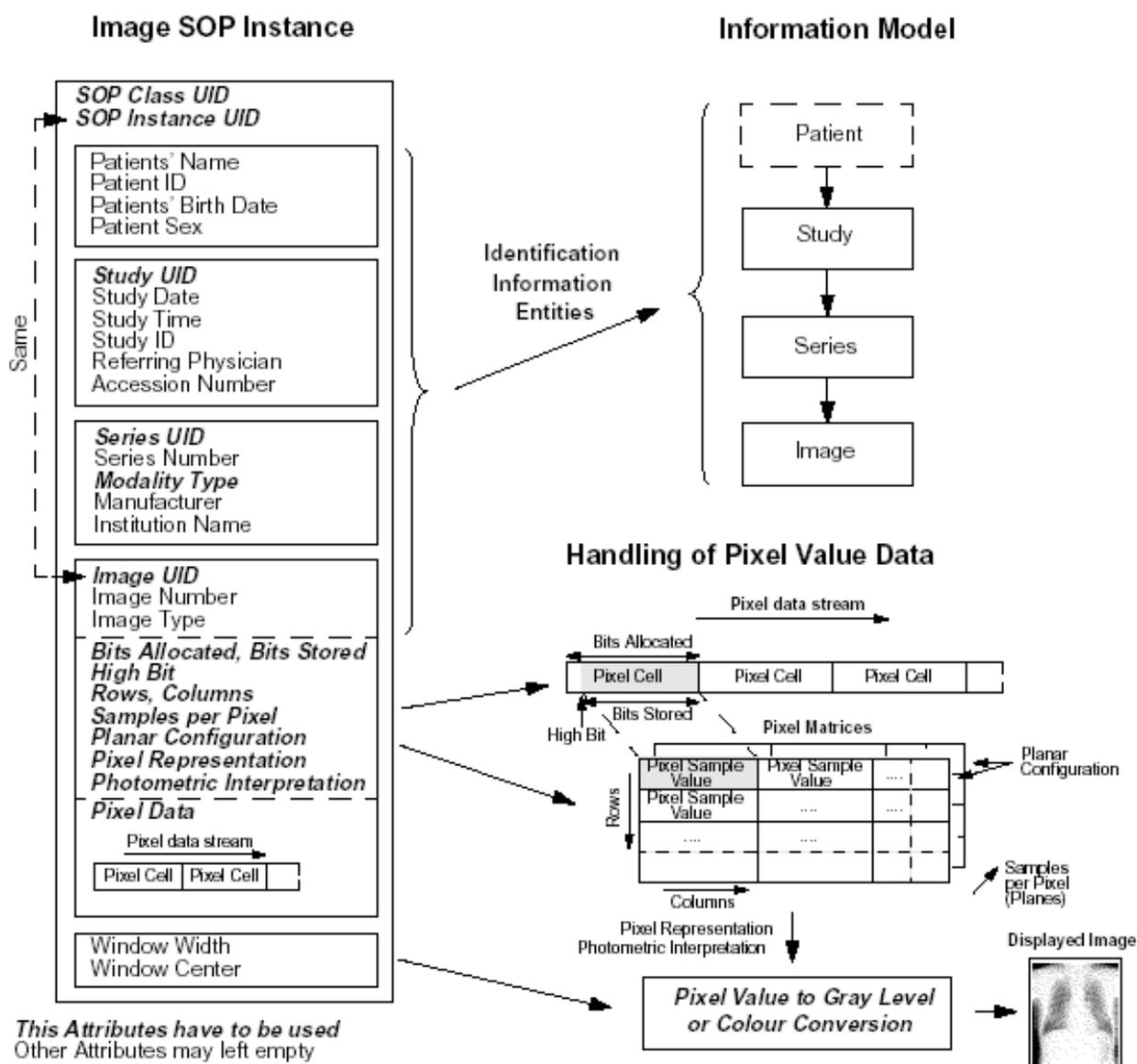


Рисунок 7 Информационная модель DICOM файла

Помимо всех своих плюсов DICOM файл так же имеет и ряд серьёзных недостатков:

Большой объем занимаемого дискового пространства файлом.

Сложная структура файла и невозможность использования стандартных средств просмотра изображений.

Из-за большого размера файлов увеличивается время передачи их по локальной сети

На основании представленных недостатков можно сделать вывод, что файлы формата DICOM не подходят для хранения большого количества оперативной информации пациентов.

Выбор форматов хранения изображений ограничен выбранным сервером на основании требований таблице 1 пункт 1. Рассмотрим список поддерживаемых форматов конвертации DICOM сервера Conquest:

- Jpeg;
- BMP;
- GIF.

Введем критерии оценки:

1. Малый размер файла(10 баллов).
2. Большая глубина цвета (10 баллов).
3. Отсутствие потерь при сжатии(10 баллов).

Сравнительный анализ форматов изображений представлен в таблице 3.

Таблица 3 - сравнительный анализ форматов изображений.

Альтернатива Критерии оценки	Jpeg-	BMP	GIF
Малый размер файла	10	5	5
Большая глубина цвета	10	10	5
Отсутствие потерь при сжатии	10	10	10
Итог	40	25	20

С целью обеспечения наилучшей производительности системы и наименьшего объема хранимых данных был рассмотрен формат DICOM и форматы хранения изображений без потерь качества с целью определения формата с наибольшей степенью компрессии. В результате проведенного анализа был выбран формат хранения изображений Jpeg.

2.2.1 Анализ алгоритмов сжатия графической информации без потерь

Как стало понятно из пункта 2.2, для хранения графической информации будет использоваться формат Jpeg. Для сжатия без потерь формат jpeg использует несколько разных форматов.

Проведём сравнение форматов сжатия изображений. Основными характеристиками алгоритмов сжатия без потерь являются:

1. Скорость работы.
2. Степень сжатия.

Наиболее быстрые алгоритмы сжатия, как правило, имеют низкую эффективность. При использовании разработанной архитектуры с применением промежуточного сервера обработки и хранения данных наиболее выгодно использование алгоритмов, специализирующихся именно на сжатии изображений с высокой эффективностью.

Сервер, применяемый в ГБУЗ СО ТГКБ №5, имеет несколько режимов конвертации изображений без потерь, наиболее современные из них:

1. Lossless Jpeg-LS.
2. Lossless Jpeg2000.

Полученные данные представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Данные исследования форматов изображений

Файл	Размер исходного файла (байт)	Размер сжатого файла, Jpeg-LS	Размер сжатого файла, Jpeg2000	Скорость кодирования, Jpeg-LS	Скорость кодирования, Jpeg2000
Птица	65551	28436	29580	3,47	3,61
Мост	65551	47435	49096	5,789	5,992
Камера	65551	35338	36117	4,313	4,547
Круг	65551	1250	7448	0,153	0,909
Кресты	65551	3158	8559	0,385	1,045
Квадраты	65551	632	1265	0,077	0,154
Среднее по искуств.	65551	1680	5757,3	0,205	0,70267
Среднее по фотореал.	65551	37069,67	38264,3	4,524	4,7163
Среднее в общем	65551	19374,83	22010,83	2,3645	2,7095

Исходя из полученных данных наиболее эффективным оказался формат Jpeg-LS.

Таким образом, на основе анализа нескольких форматов хранения изображений был выбран формат Jpeg-LS.

2.3 Выбор используемой базы данных

Выбор базы данных производится из списка доступных для Conquest DICOM сервера, так как данный сервер установлен в ГБУЗ СО ТГКБ №5.

Рассмотрим список баз данных поддерживаемых Conquest DICOM сервером:

- SQLite;
- MySQL;
- PostgreSQL.

SQLite — является реляционной системой управления базами данных, содержащихся в библиотеке по написанной на языке C. В отличие от многих других СУБД, SQLite не является клиент–серверной СУБД. Скорее, она является встраиваемой в конечную программу библиотекой [21].

MySQL — является системой управления реляционной базой данных с открытым исходным кодом (СУРБД). Исходный код MySQL доступен в соответствии с условиями GNU General Public License, а также в соответствии с различными проприетарными соглашениями. MySQL принадлежал и спонсировался единственной коммерческой фирмой, шведской компанией MySQL AB, теперь принадлежащей Oracle Corporation [16].

PostgreSQL — объектно-реляционная система управления базами данных (ОРСУБД) с акцентом на расширяемость и соответствие стандартам. Как сервер баз данных, его основными функциями являются безопасное хранение данных и возврат этих данных в ответ на запросы от других программных приложений. Он может обрабатывать рабочие нагрузки от небольших однокомпонентных приложений до больших приложений с выходом в Интернет (или для хранения данных) с большим количеством одновременных пользователей [18].

Введём критерии оценки:

1. Наличие опыта(10 баллов).
2. Простота установки(10 баллов).
3. Наличие нативной поддержки(10 баллов).
4. Стабильность работы(10 баллов).

Сравнительный анализ баз данных представлен в таблице 5.

Таблица 5- сравнительный анализ баз данных.

Альтернатива Критерии оценки	SQLite	MySQL	PostgreSQL
Наличие опыта	8	5	6
Простота установки	10	6	8
Наличие нативной поддержки	10	5	8
Стабильность работы	8	2	8
Итог	36	18	30

В результате проведенного сравнительного анализа в качестве базы данных была выбрана SQLite. Так как Conquest DICOM сервер имеет встроенный SQLite драйвер и база данных не нуждается в непосредственной установке и настройке.

3 РЕАЛИЗАЦИЯ ПОДСИСТЕМЫ ИМПОРТА МЕДИЦИНСКИХ ДАННЫХ ПО ПАЦИЕНТАМ ИЗ МЕДИЦИНСКОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ В ТГКБ №5

3.1 Выбор платформы для подсистемы импорта

Рассмотрим наиболее популярные операционные системы:

- Unix подобные
- Windows

По данным исследований сайта было выявлено, что наиболее подходящей операционной системой для использования в качестве сервера является unix подобная ОС.

Далее рассмотрим наиболее распространённые unix подобные операционные системы:

- FreeBSD;
- CentOS;
- Debian;
- Red Hat Enterprise Linux;
- Ubuntu LTS.

FreeBSD - это Свободная Unix-подобная Операционная система с открытым исходным кодом, созданная в результате исследований Unix на основе Berkeley Software Distribution (BSD). Хотя по юридическим причинам FreeBSD не может называться Unix, она является прямым потомком BSD, которая исторически также называлась "BSD Unix" или "Berkeley Unix". Первая версия FreeBSD была выпущена в 1993 году, и с 2005 года FreeBSD была наиболее широко используемым дистрибутивом BSD с открытым исходным кодом, на который приходилось более трех четвертей всех установленных систем, работающих под управлением производных BSD с открытым исходным кодом. FreeBSD имеет сходство с Linux, с двумя основными отличиями: FreeBSD представляет полноценную Операционную систему, т. е. представляет ядро, драйвера устройств, пользовательские утилиты, и документацию в

отличии от Linux, обеспечивающей только ядро и драйвера полагаясь на сторонних разработчиков программного обеспечения системы; В отличие от GNU LGPL, которая требует раскрытия исходных кодов, лицензия BSD является более простой и непритязательной, требуя лишь упоминания заимствования, авторства и отказ от навязывания ответственности [14].

CentOS - дистрибутив Linux предназначенный для корпоративного бесплатного. Данный дистрибутив основан на коммерческом Red Hat Enterprise Linux(rhel) компании Red Hat и совместимый с ним. Поддержка каждой версии CentOS составляет 10 лет. Обновления происходят каждые 6 месяцев [13].

Debian — Unix-подобная компьютерная Операционная система, полностью состоящая из свободного программного обеспечения с открытым исходным кодом. Стабильный выпуск Debian является самым популярным для персональных компьютеров и сетевых серверов и используется в качестве основы для многих других дистрибутивов [8].

Red Hat Enterprise Linux — дистрибутив Linux, разработанный компанией Red Hat и ориентированный на коммерческий рынок. Red Hat Enterprise Linux выпускается в серверных версиях для x86, x86-64, Itanium, PowerPC и IBM System z, а также настольных версиях для x86 и x86-64. Вся официальная поддержка и обучение Red Hat, вместе с программой сертификации Red Hat, сосредоточены на платформе Red Hat Enterprise Linux. Одна из особенностей данного дистрибутива - платный доступ к бинарным пакетам обновлений (исходные коды доступны) [19].

Ubuntu — это свободная и открытая Операционная система и дистрибутив на основе Debian. Ubuntu предлагается в трех официальных изданиях: Ubuntu Desktop для персональных компьютеров, Ubuntu Server для серверов и Ubuntu Core для устройств Интернета вещей. Новые выпуски Ubuntu происходят каждые шесть месяцев, в то время как выпуски с долгосрочной поддержкой (LTS) происходят каждые два года [7].

Введем критерии оценки:

1. Бесплатность(10 баллов).
2. Поддержка сообщества(5 баллов).
3. Поддержка разработчика(5 баллов).
4. Безопасность(10 баллов).
5. Стабильность(10 баллов).
6. Распространённость(5 баллов).

Сравнительный анализ операционных систем представлен в таблице 6.

Таблица 6 - сравнительный анализ операционных систем.

Альтернатива Критерии оценки	FreeBSD	CentOS	Debian	Red Hat Enterprise Linux	Ubuntu LTS
Бесплатность	10	10	10	0	10
Поддержка сообщества	3	5	5	5	5
Поддержка разработчика	7	5	5	5	5
Безопасность	9	10	10	10	10
Стабильность	10	10	10	10	10
Распространённость	1	4	4	4	5
Итог	40	44	44	34	45

В результате сравнительного анализа в качестве серверной операционной системы была выбрана Ubuntu LTS.

3.1.1 Выбор скриптового языка для автоматизации подсистемы импорта

Для автоматизации управления сервером Conquest необходимо выбрать скриптовый язык. Выбранный сервер поддерживает управление только с помощью скриптового языка программирования Lua.

Lua - мощный, эффективный, легкий, встраиваемый язык сценариев. Он поддерживает процедурное программирование, объектно-ориентированное

программирование, функциональное программирование, программирование, основанное на данных, и описание данных.

Lua сочетает простой процедурный синтаксис с мощными конструкциями описания данных на основе ассоциативных массивов и расширяемой семантики. Lua динамически типизируется, выполняется путем интерпретации байт-кода с помощью виртуальной машины на основе регистров и имеет автоматическое управление памятью с инкрементной сборкой мусора, что делает его идеальным для конфигурации, создания сценариев и быстрого прототипирования [22].

Таким образом, для автоматизации процесса управления сервером был выбран скриптовый язык программирования Lua.

3.2 Разработка алгоритмов импортирования и удаления данных по пациентам

Для поддержания в актуальном состоянии данных по пациентам на промежуточном сервере необходимо разработать алгоритмы обновления и удаления данных.

Промежуточный сервер, предназначен для импортирования данных из медицинского сервера. Данные передаются по DICOM протоколу и для работы с ним нужен DICOM сервер. Управление сервером происходит за счет скриптов написанных на языке Lua. Основные функции системы импорта рассмотрены в таблице 7.

Таблица 7 - основные функции системы импорта.

Название функции	Описание функции
Обновление	Загрузка новых пациентов из медицинского сервера за определенный отрезок времени.
Удаление	Удаление пациентов к которым не обращались в течении заданного промежутка.

Рассмотрим реализацию функции обновления на примере блок схемы. На рисунке 8 представлена блок схема работы функции обновления.

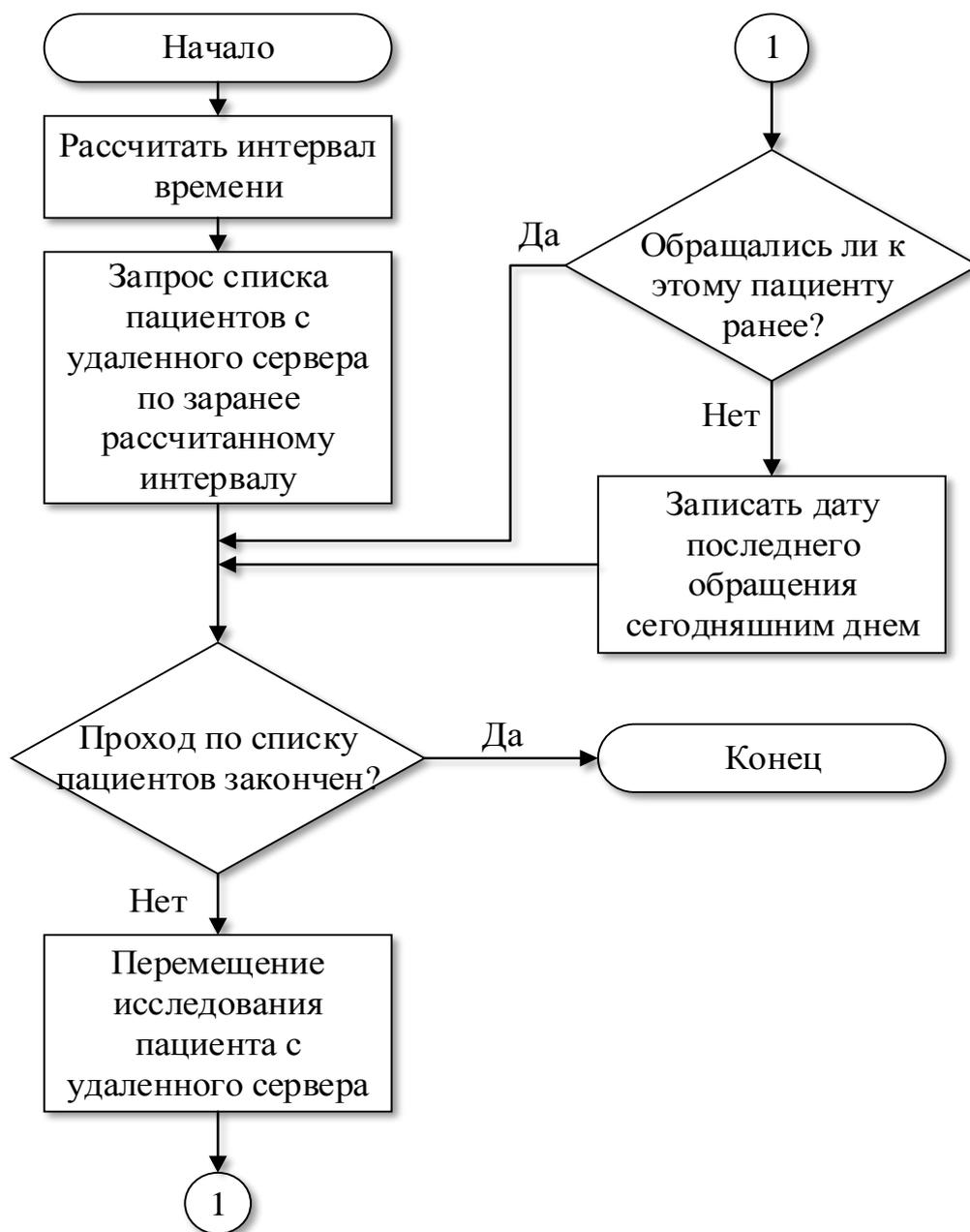


Рисунок 8 - блок схема работы алгоритма обновления.

Для поддержания на локальном сервере актуальной информации по пациентам необходимо ежедневно обновлять информацию с удаленного медицинского сервера. Для этого в момент начала обновления производится расчет промежутка времени в котором могли поступить новые пациенты. После расчета промежутка времени все данные по пациентам поступившим в этот

промежутки времени скачиваются на локальный сервер по средством команд к Conquest серверу. Что бы избежать дублирования данных производится проверка по полю «дата последнего обращения» в базе данных, у новых пациентов оно отсутствует. При поступлении данных по пациентам в локальную базу данных записывается новое поле «дата последнего обращения» и заполняется текущей датой. Это необходимо для проверки данных на актуальность.

Рассмотрим функцию удаления не актуальной информации на примере блок схемы представленной на рисунке 9.

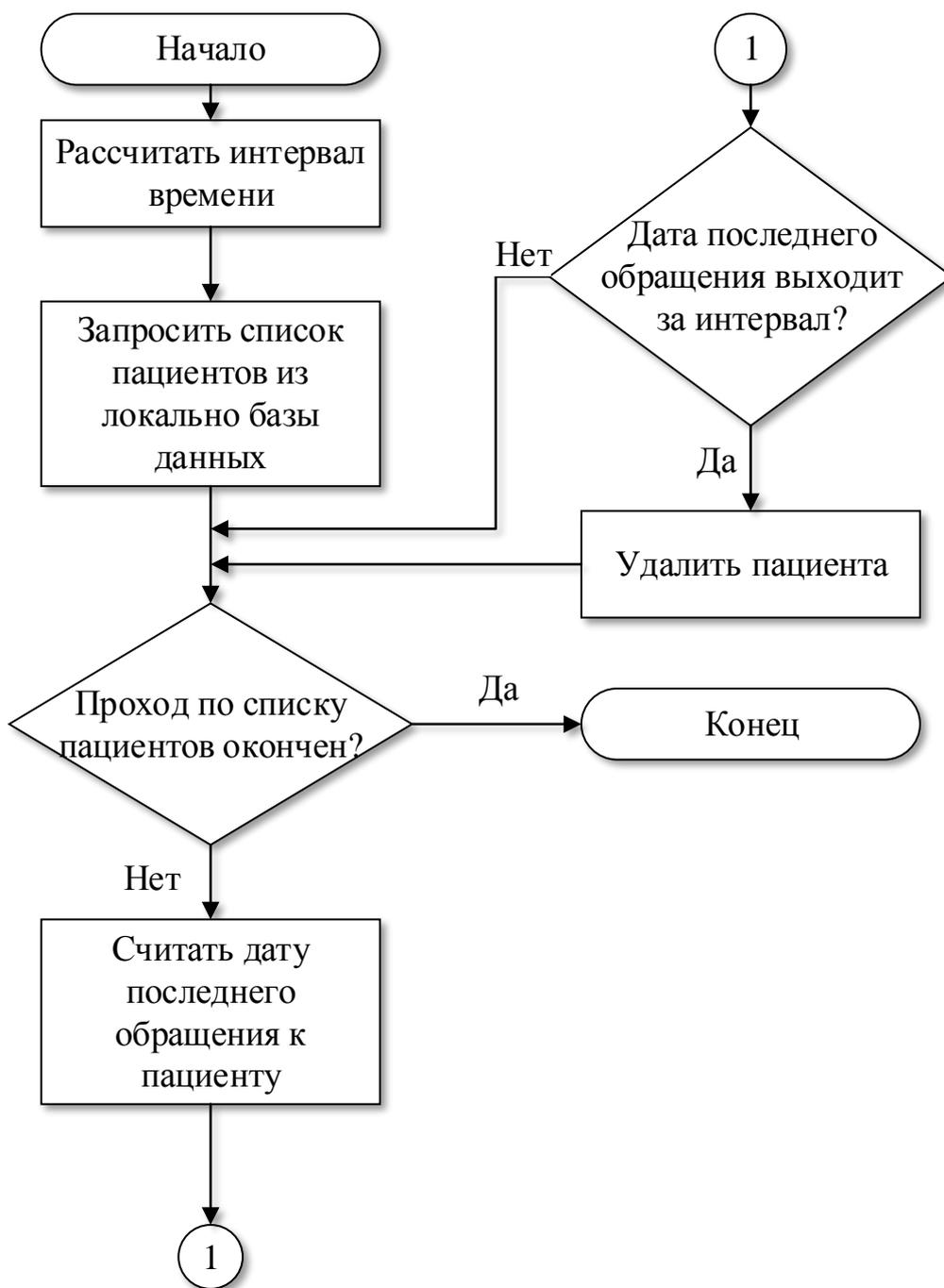


Рисунок 9-блок схема реализации функции удаления.

Для экономии дискового пространства сервера, необходимо удалять не используемые данные по пациентам, что бы отследить какие данные используются в базе данных существует поле «дата последнего обращения» данное поле обновляется каждый раз когда к данным данного пациента производится обращение. В начал процедуры удаления из базы данных запрашивается список всех данных по пациентам находящимися в данный момент на локальном сервере. После чего происходит проверка поля « дата последнего обращения» если с даты записанной в данном поле прошло время

большее чем было установлено то данные по этому пациенту считаются не актуальными и подлежат удалению.

Таким образом для поддержания в актуальном состоянии данных по пациентам на промежуточном сервере были разработаны алгоритмы обновления и удаления данных.

3.3 Разработка диаграммы развертывания

Для установки подсистемы импорта разработаем диаграмму развертывания [1]. Диаграмма будет включать в себя информацию о:

1. Минимальных системных требованиях к оборудованию.
2. Среде выполнения программного обеспечения.

На рисунке 10 представлена диаграмма развертывания подсистемы импорта.

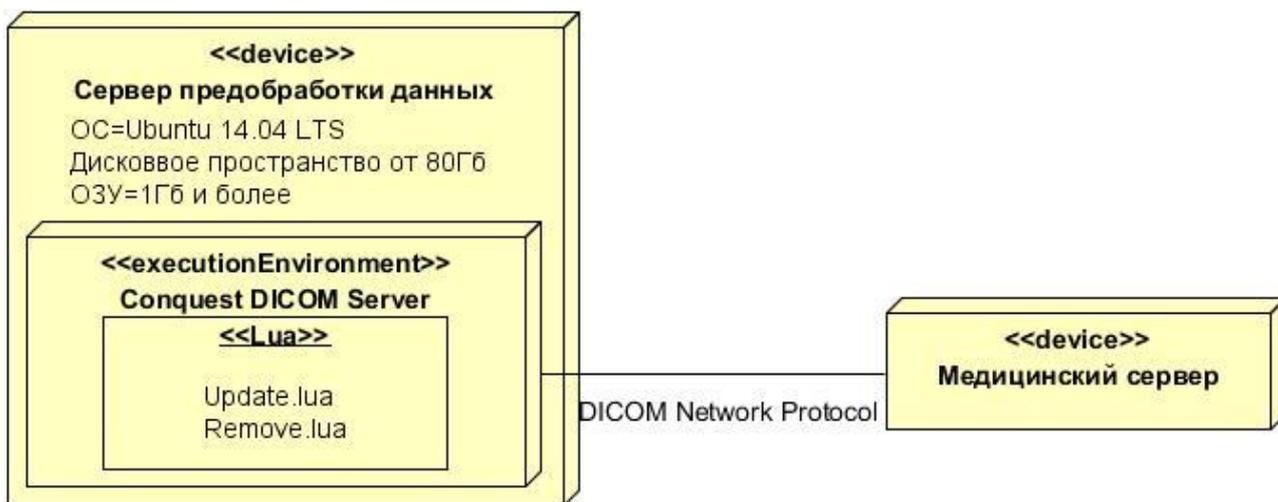


Рисунок 10 - Диаграмма развертывания подсистемы импорта.

Разработанная диаграмма развертывания включает в себя:

1. Сервер предобработки данных с установленной операционной системой Ubuntu 14.04 LTS.

Для установки подсистемы необходимо:

1. Загрузить на сервер установочный архив `installer.zip` по пути `/home/medik/`.
2. Распаковать архив при помощи команды: `«tar -xvf /home/medik/installer.zip»`

3. Запустить установочный скрипт `install.sh` при помощи команды: «`bash /home/medik/installer/install.sh`».

4. По требованию установщика ввести имя пользователя для административной панели.

5. По завершению установки необходимо выполнить первоначальную настройку путем редактирования конфигурационного файла. Для установки `ip` адреса медицинского сервера необходимо добавить строку с его описанием в формате: <имя сервера> <`ip` адрес|имя хоста> <порт>.

В результате была разработана диаграмма развёртывания подсистемы импорта медицинских данных, включающая в себя минимальные системные для требования для работы системы. Описан процесс установки и настройки подсистемы импорта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Так была рассмотрена существующая система обработки, хранения и передачи медицинских данных пациентов. Атак же рассмотрены программные средства для работы с ними используемые в ГБУЗ СО ТГКБ №5.

Подсистема импорта должна выполнять следующие функции:

1. Интеграция с медицинскими серверами DICOM — функция реализует доступ разрабатываемой системы мобильного доступа к данным по пациенту к данным медицинской базы данных к медицинскому серверу DICOM ГБУЗ СО ТГКБ №5.

2. Поиск пациентов по заданным параметрам — функция должна предоставлять возможность поиска пациентов по заданным критериям.

3. Обновление локальной базы данных промежуточного сервера по заданным параметрам — функция должна реализовывать операцию по поддержанию локальной базы данных системы в актуальном состоянии.

4. Удаления данных по пациентам из локальной базы данных — данная функция выполняет удаление неиспользуемых в течении определенного времени данных по пациентам.

Для реализации новой технологии получения файлов DICOM был выбран сервер Conquest DICOM Server. Рассмотрена технология передачи данным между устройствами DICOM.

С целью обеспечения наилучшей производительности системы и наименьшего объема хранимых данных был рассмотрен формат DICOM и форматы хранения изображений без потерь качества с целью определения формата с наибольшей степенью компрессии. В результате проведенного анализа был выбран формат хранения изображений Jpeg-LS.

В результате проведенного сравнительного анализа в качестве базы данных была выбрана SQLite. Так как Conquest DICOM сервер имеет встроенный Sqlite драйвер и база данных не нуждается в непосредственной установке и настройке.

В качестве серверной операционной системы была выбрана Ubuntu LTS.

Для автоматизации процесса управления сервером был выбран скриптовый язык программирования Lua.

Таким образом для поддержания в актуальном состоянии данных по пациентам на промежуточном сервере были разработаны алгоритмы обновления и удаления данных.

Была разработана диаграмма развертывания подсистемы импорта медицинских данных, включающая в себя минимальные системные для требования для работы системы. Описан процесс установки и настройки подсистемы импорта.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Научная и методическая литература

1. Арлоу, Д. UML 2 и Унифицированный процесс. / Д. Арлоу. – 2-е изд. (пер. с англ.) – СПб: Символ-Плюс, 2014. – 624 с

Электронные ресурсы

2. ГБУЗ СО «Тольяттинская городская клиническая больница №5» - Наша больница [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tgkb5.ru/index.php/about> (дата обращения: 20.03.2018).

3. Информация | Введение в IBM Rational Unified Process | НОУ ИНТУИТ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.intuit.ru/studies/courses/652/508/info> (дата обращения: 20.03.2018).

4. Курс-АС1 – DICOM Стандарт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.course-as.ru/dicomdoc.html> (дата обращения: 25.03.2018).

5. Программа eFilm [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.mrtspb.ru/articles/programma-efilm-instrukciya-po-ispolzovaniyu> (дата обращения: 25.03.2018).

6. Порядок организации работы регистратуры поликлиники [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://mari-el.gov.ru/minzdrav/kcrrb/Pages/or_rabory_registratory.aspx (дата обращения: 25.03.2018).

7. Русскоязычная документация по Ubuntu [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://help.ubuntu.ru/> (дата обращения: 27.03.2018).

8. Debian -- Документация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.debian.org/doc> (дата обращения: 30.03.2018).

9. Inobitec DICOM-сервер — кросс-платформенный сервер DICOM-данных (PACS) для хранения, управления и доступа к медицинским исследованиям [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://inobitec.com/products/dicomserver> (дата обращения: 20.03.2018).

Литература на иностранном языке

10. Capturing Architectural Requirements [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ibm.com/developerworks/rational/library/4706.html> (дата обращения: 15.03.2018).
11. Conquest DICOM software [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ingenium.home.xs4all.nl/dicom>. (дата обращения: 10.04.2018).
12. DICOM Standard [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.dicomstandard.org> (дата обращения: 20.04.2018).
13. Documentation - CentOS Wiki [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://wiki.centos.org/Documentation> (дата обращения: 13.04.2018).
14. FreeBSD Documentation [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.freebsd.org/docs.html> – (дата обращения: 20.03.2018).
15. Gartner Says Five of Top 10 Worldwide Mobile Phone Vendors Increased Sales in Second Quarter of 2016 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.businessinsider.com/smartphone-market-share-android-ios-windows-blackberry-2016-8> (дата обращения: 26.04.2018).
16. MySQL :: MySQL Documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dev.mysql.com/doc> (дата обращения: 20.03.2018).
17. Orthanc - DICOM Server [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.orthanc-server.com> (дата обращения: 20.03.2018).
18. PostgreSQL:Documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.postgresql.org/docs> (дата обращения: 22.03.2018).
19. Product Documentation - Red Hat Customer Portal [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://access.redhat.com/documentation/en-us/> (дата обращения: 22.03.2018).
20. Robin N. Ubuntu: Up and Running. O'Reilly Media, Inc., 2010 г. с. 437
21. SQLite Documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sqlite.org/docs.html> (дата обращения: 12.04.2018).
22. The Programming Language Lua [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.lua.org> (дата обращения: 06.05.2018).

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Носитель с исходным кодом и исполняемыми файлами подсистемы

К данной выпускной квалификационной работе прикреплен диск формата CD-R со следующим содержимым:

1. Установочный архив включающий в себя все необходимые компоненты требующиеся для работы подсистемы импорта медицинских данных.
2. Текст пояснительной записки ВКР.