



<http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2024-30-1-71-80>

*Оригинальная статья*  
*Original paper*

УДК 004.032.26

## РАЗРАБОТКА МЕДИЦИНСКОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ С ХРАНИЛИЩЕМ ДАННЫХ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМ АНАЛИЗОМ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Д. А. ЯКИМОВ<sup>1</sup>, Н. В. ВЫГОВСКАЯ<sup>2</sup>, И. В. ДРОЗДОВ<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Могилевская областная клиническая больница (г. Могилев, Республика Беларусь)

<sup>2</sup>Белорусско-Российский университет (г. Могилев, Республика Беларусь)

<sup>3</sup>ООО «Финвин Технолоджис» (г. Могилев, Республика Беларусь)

Поступила в редакцию 08.11.2023

© Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, 2024  
Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, 2024

**Аннотация.** Обоснована актуальность создания медицинских информационных систем для отоларингологии с искусственным интеллектом, описан процесс разработки эффективного хранилища медицинских данных с учетом их разнородности. Задача хранения медицинских данных осложняется юридической значимостью, большим объемом, неоднородной и сложной структурой информации. Разработан тестовый вариант автоматизированного рабочего места медицинских информационных систем для хранения и обработки результатов медицинских исследований. В процессе создания новой медицинской информационной системы решены задачи первого этапа: разработаны структура и организация хранилища медицинских данных; реализованы процедуры загрузки, хранения и просмотра результатов медицинских исследований в формате DICOM, идентификации каждого пациента для предоставления всех связанных с ним результатов исследований; разработаны и реализованы критерии разбиения изображений по категориям (ТРГ, РКТ). Новая система обеспечивает поддержку различных видов поиска и доступ к серверу с любого компьютера в корпоративной сети оториноларингологического отделения. Подготовлены условия для реализации второго этапа – интеграция автоматизированного рабочего места медицинских информационных систем в существующий технологический процесс в медицинском учреждении и обнаружение патологии с помощью искусственной нейронной сети.

**Ключевые слова:** хранилище медицинских данных, результаты медицинских исследований, DICOM-файлы, PACS-система, нейронная сеть, искусственный интеллект.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования.** Якимов, Д. А. Разработка медицинской информационной системы с хранилищем данных и интеллектуальным анализом изображений / Д. А. Якимов, Н. В. Выговская, И. В. Дроздов // Цифровая трансформация. 2024. Т. 30, № 1. С. 71–80. <http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2024-30-1-71-80>.

## DEVELOPMENT OF A MEDICAL INFORMATION SYSTEM WITH DATA STORAGE AND INTELLIGENT IMAGE ANALYSIS

DMITRIY A. YAKIMOV<sup>1</sup>, NATALLIA V. VYGOVSKAYA<sup>2</sup>, IGNAT V. DROZDOV<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Mogilev Regional Clinical Hospital (Mogilev, Republic of Belarus)*

<sup>2</sup>*Belarusian-Russian University (Mogilev, Republic of Belarus)*

<sup>3</sup>*LLC "Finwin Technologies" (Mogilev, Republic of Belarus)*

*Submitted 08.11.2023*

**Abstract.** The relevance of the development of medical information systems for otolaryngology with artificial intelligence is substantiated, the process of developing an effective storage of medical data, taking into account their heterogeneity, is described. The task of storing medical data is complicated by the legal significance, large volume, heterogeneous and complex structure of information. A test version of an automated workstation for medical information systems for storing and processing medical research results has been developed. In the process of creating a new medical information system, the tasks of the first stage were solved: the structure and organization of the medical data warehouse were developed; procedures have been implemented for downloading, storing and viewing the results of medical research in DICOM format, identifying each patient to provide all related research results; criteria for dividing images into categories (TRG, RCT) were developed and implemented. The new system provides support for various types of search and access to the server from any computer in the corporate network of the otolaryngology department. Conditions have been prepared for the implementation of the second stage – integration of an automated workstation of medical information systems into the existing technological process in a medical institution and detection of pathology using an artificial neural network.

**Keywords:** medical data storage, medical research results, DICOM files, PACS system, neural network, artificial intelligence.

**Conflict of interests.** The authors declare no conflict of interests.

**For citation.** Yakimov D. A., Vygovskaya N. V., Drozdov I. V. (2024) Development of a Medical Information System with Data Storage and Intelligent Image Analysis. *Digital Transformation*. 30 (1), 71–80. <http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2024-30-1-71-80> (in Russian).

### Введение

Национальная медицинская ассоциация оториноларингологов на своем сайте [1] опубликовала статью [2], в которой отмечено, что методы искусственного интеллекта (ИИ) для диагностики лор-заболеваний, несмотря на определенное скептическое отношение к ним, имеют большой потенциал. В разработке качественных медицинских информационных систем (МИС) ключевое место занимает создание эффективного хранилища медицинских данных, которое отвечает требованиям оптимальности, доступности, мобильности. Оно должно обеспечивать:

– адаптивную универсальность МИС для различных аппаратных и программных сред и платформ;

– многопользовательский режим доступа к данным;

– сохранность конфиденциальных данных о пациенте;

– возможность одновременного извлечения и пополнения данных от различных пользователей;

– разграничение возможностей доступа;

– защиту от несанкционированного доступа.

Следует учитывать возможные отличия формата полученных медицинских данных от разных комплексов и аппаратов, необходимость конвертирования и сжатия их для длительного хранения и передачи по сети. Использование медицинских данных в электронном виде поможет врачу быстро и оперативно получить необходимую информацию о пациенте, ускорит процесс принятия решения для постановки диагноза и в выборе эффективного метода лечения [3]. Подготовленная база медицинских изображений станет основой для обучения нейронной сети, которая будет использована для диагностики патологии лор-заболеваний.

Медицинская информация весьма специфична, и ее основной особенностью является разнородность данных, полученных в ходе исследований пациентов. Другие особенности медицинских данных – юридическая значимость, большой объем информации, неоднородная или сложная структура. Для работы с результатами медицинских исследований (УЗИ, МРТ, КТ и т. д.)

был создан промышленный медицинский стандарт DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) [4]. Это отраслевой стандарт создания, хранения, передачи и визуализации медицинских изображений и документов обследованных пациентов. Для передачи информации от медицинского оборудования в PACS-систему (Picture Archiving and Communication System) [5] и связи между PACS-системами используется протокол TCP/IP.

### **Искусственный интеллект в медицинских информационных системах**

Применение систем ИИ в медицине при диагностике заболеваний повышает качество и достоверность диагнозов, сокращает время на подготовку заключений по результатам исследования. ИИ в медицинских информационных системах уже используется в России и в некоторых других странах, что можно увидеть по целому ряду сообщений и публикаций на эту тему.

Электронный сервис «КТ Легких» от компании «СберМедИИ», разработанный в Российской Федерации и использующий ИИ, позволяет выделить минимальные узелковые новообразования в легочной ткани [6]. Решения «СберМедИИ» охватывают также другие актуальные области медицинской визуализации. В сервисе «КТ Инсульт» ИИ размечает КТ-снимок головы, выделяя зоны нарушенного кровообращения при остром инсульте. В сервисе «Маммография» ИИ делает оценку новообразований в молочной железе по международной шкале BI-RADS с определением контуров очага. Автоматическая система на основе ИИ для выявления туберкулеза легких разработана учеными из Нидерландов и Китая. Методы и результаты исследований представлены в журнале *European Radiology* [7].

Группа исследователей из США опубликовала в *Nature Communications* результаты разработки алгоритма машинного обучения. Он способен выявлять признаки COVID-19 по КТ-снимкам грудной клетки. Оценка эффективности системы проводилась в четырех независимых учреждениях Китая, Италии и Японии [8]. Новые методы искусственного интеллекта, такие как свёрточные нейронные сети (CNN), позволяют эффективно выполнять задачи лечения инсульта, включая обнаружение инфаркта и окклюзии крупных сосудов, раннюю оценку результатов компьютерной томографии по программе Alberta Stroke Program [9].

Компьютеризированная диагностика патологии молочной железы с помощью глубокого обучения на цифровой маммограмме помогает клиницистам классифицировать поражения как доброкачественные, так и злокачественные [10]. Автоматизированная классификация поражений кожи с использованием изображений является сложной задачей. Глубокие свёрточные нейронные сети создают потенциал для решения общих и сильно варьирующихся сложных задач из-за мелкозернистой изменчивости внешнего вида поражений кожи. В [11] приведена классификация поражений кожи с применением единой CNN, обученной сквозным образом непосредственно на изображениях, используя в качестве входных данных только пиксели и метки заболеваний.

### **Недостатки действующих медицинских информационных систем базового уровня**

Большинство производителей медицинского оборудования поставляют вместе со своей продукцией также PACS и рабочие станции для обработки исследований врачами-диагностами. Но возможности подобных решений ограничены, поскольку производители оборудования, как правило, не ставят перед собой задачу построения глобальных систем хранения исследований. И, кроме того, желая защитить собственные интересы, «привязывают» потребителей к своим рабочим станциям, используя при сохранении обработанного исследования так называемые проприетарные теги DICOM, которые не позволяют нормально работать с этими исследованиями с рабочих станций других производителей. Таким образом, можно выделить следующие недостатки существующих МИС региональных учреждений здравоохранения:

- большие затраты материальных ресурсов на поддержку системы;
- невозможность разделения хранилища и программы для просмотра результатов медицинских исследований;
- требуется постоянная установка дополнительного программного обеспечения (ПО);
- риск потери результатов медицинских исследований;
- отсутствие системы автоматической диагностики заболеваний.

Чтобы устранить недостатки существующих МИС, было принято решение разработать новую систему, учитывающую вышеприведенные требования.

## Цели и задачи разработки новой медицинской информационной системы

Ранее в [12] была предложена методика использования возможности широкого включения исследовательских групп в решение проблемы переноса информации при диагностировании лор-заболеваний по результатам рентгенологических изображений для накопления базы рентгеновских изображений. Для реализации указанной методики была поставлена задача по разработке новой МИС для оториноларингологического отделения с системой автоматической диагностики на основе использования ИИ. Эта МИС станет ядром, обеспечивающим общий цикл подготовки и накопления данных для анализа изображений. В то же время она поможет врачу в лечении пациентов и постановке диагноза, будет эффективным помощником врачу в рутинном анализе информации о пациенте в динамике развития заболевания. Полный цикл обработки медицинских данных и место врача-оториноларинголога, использующего разрабатываемую МИС, показано на рис. 1.

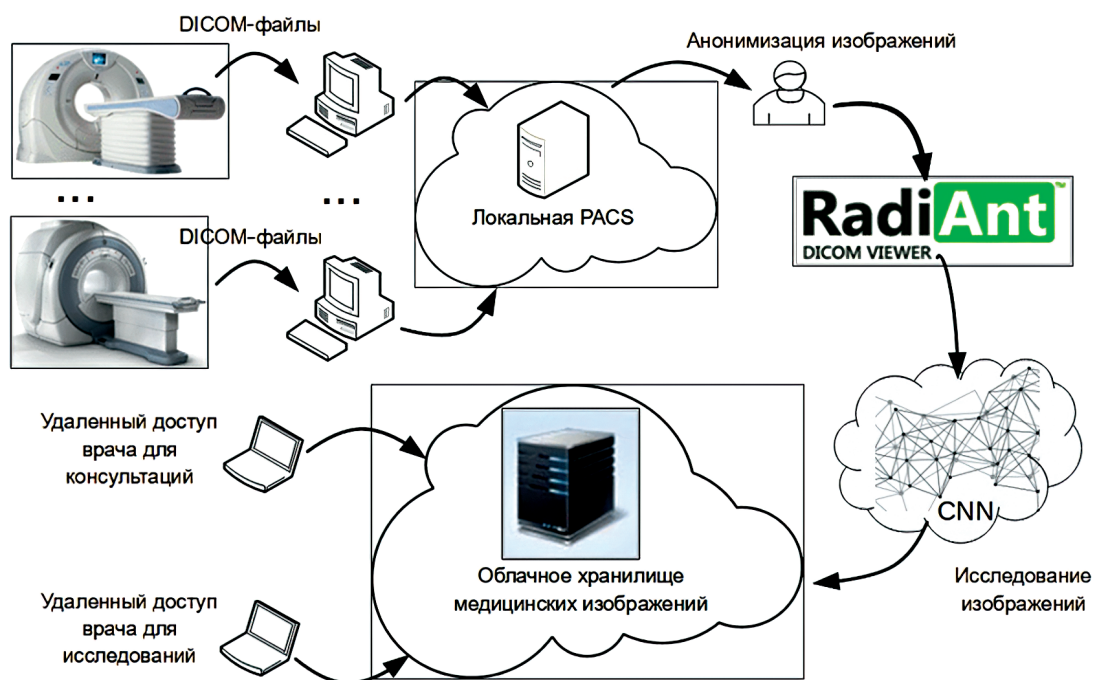


Рис. 1. Место медицинских информационных систем в информационно-коммуникационной структуре обмена медицинскими изображениями  
Fig. 1. The place of medical information systems in the information and communication structure of the exchange of medical images

В процессе разработки новой МИС на первом этапе предстояло решить следующие задачи:

- разработать структуру и организацию хранилища медицинских данных [13];
- реализовать процедуры загрузки и хранения DICOM-файлов в хранилище;
- реализовать процедуры просмотра результатов медицинских исследований в формате DICOM;
- разработать процедуры идентификации каждого пациента для предоставления всех связанных с ним результатов исследований;
- разработать критерии разбиения изображений по категориям (ТРГ, РКТ);
- обеспечить поддержку различных видов поиска (ФИО, id, дата рождения и т. д.);
- разработать процедуры для режимов добавления ролей, разграничения доступа к определенным разделам, логирования доступа к системе через админ-панель, отслеживания несанкционированного доступа к системе;
- обеспечить доступ к серверу с любого компьютера в корпоративной сети оториноларингологического отделения (в среде архитектуры клиент-сервер).

По окончании решения задач первого этапа предстоит переход ко второму этапу, на котором необходимо решать задачи внедрения ИИ в работу МИС на основе методики [12] для более глубокого анализа данных о пациентах и обработки возможных нештатных ситуаций. Как правило,

в региональных учреждениях здравоохранения используется ПО, которое представлено в виде хранилища на локальных машинах, размещенных в разных отделениях больницы, что делает неудобным обмен информацией между врачами. Система является неделимой, не предполагает использования ее отдельных компонентов и обладает рядом недостатков, которые были описаны выше. В процессе постановки задач по разработке новой МИС проведен анализ перечисленных недостатков с целью наиболее полного их устранения.

### Первый этап разработки медицинской информационной системы

В настоящее время разработан тестовый вариант автоматизированного рабочего места (АРМ) МИС для хранения и обработки результатов медицинских исследований. Подготовлено руководство, адресованное пользователям АРМ МИС, в котором представлено полное описание функциональных возможностей и приемов работы АРМ. В АРМ МИС реализованы следующие основные задачи:

- загрузка и хранение DICOM-файлов;
- просмотр результатов исследований в формате DICOM;
- идентификация каждого пациента для предоставления всех связанных с ним результатов исследований;
- обеспечение доступа к серверу с любого компьютера в корпоративной сети.

Система представляет собой веб-платформу с клиент-серверной архитектурой, работает с использованием технологий PostgreSQL, Python [14], Django REST Framework [15], Docker, Docker Compose [16], Vue.js. В качестве фреймворка выбран Vue.js и библиотеки для него – Vuex и Vue Router. Разработанная система состоит из четырех модулей (рис. 2).

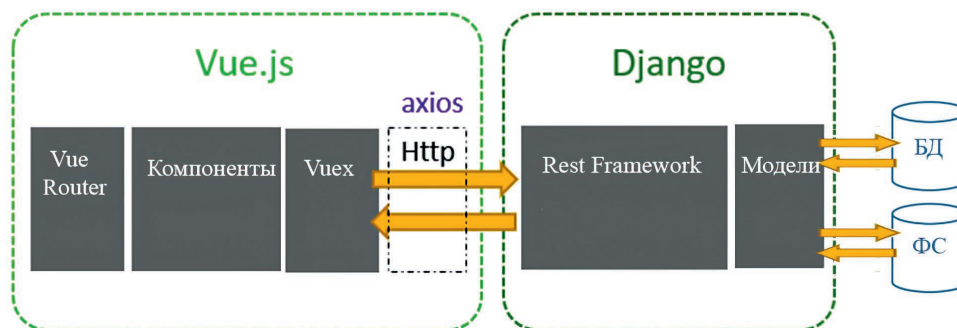


Рис. 2. Схема взаимодействия между модулями медицинской информационной системы  
Fig. 2. The scheme of interaction between the medical information system modules

Назначение модулей МИС, представленных на схеме рис. 2:

Vue.js – фреймворк, на котором написано клиентское приложение. Для маршрутизации дополнительно была применена библиотека Vue Router. Маршрутизация относится к управлению состоянием клиентского приложения и используется для определения того, какое представление должно быть показано пользователю в зависимости от URL-адреса или действий пользователя. В данном случае библиотека Vue Router отвечает за управление маршрутизацией в приложении Vue.js, обеспечивая плавное переключение между различными представлениями в зависимости от URL-адреса. Для хранения состояния использована библиотека Vuex, каждый компонент представляет собой HTML-страницу. Общение с сервером происходит с помощью HTTP-запросов. Для осуществления этого взаимодействия применяется библиотека Axios;

Django – фреймворк, на котором написано серверное приложение. Модели описывают каждую сущность в базе данных и с помощью ORM взаимодействуют с ней;

БД – база данных, которая хранит информацию о пациентах и метаинформацию об исследованиях в файловой системе;

ФС – файловая система, которая хранит DICOM-файлы, в базе данных содержится путь к каждому исследованию в файловой системе.

Клиентское приложение работает на любой операционной системе, на которой установлен современный браузер, поддерживающий JavaScript. Для пользования системой у врача-диагноста должна быть учетная запись, созданная системным администратором. При входе в систему

открывается окно авторизации, где требуется ввести имя пользователя и пароль. Выполняется идентификация пользователя, и при ошибке авторизации выдается сообщение о запрете доступа к системе. При успешном входе врач получает доступ к данным о пациентах: идентификационный номер, фамилию, имя, отчество, дату рождения и др. При переходе на вкладку «Добавить пациента» откроется окно, где врач должен ввести данные о новом пациенте. Если данные введены некорректно, то выведутся соответствующие сообщения. При выборе «Добавить исследование» появится окно, куда нужно загрузить изображение формата DICOM. При перетаскивании изображения в область загрузки оно выведется на экран. На рис. 3 представлены изображения в формате DICOM, полученные в результате исследования лор-органов пациентов в разном масштабе.

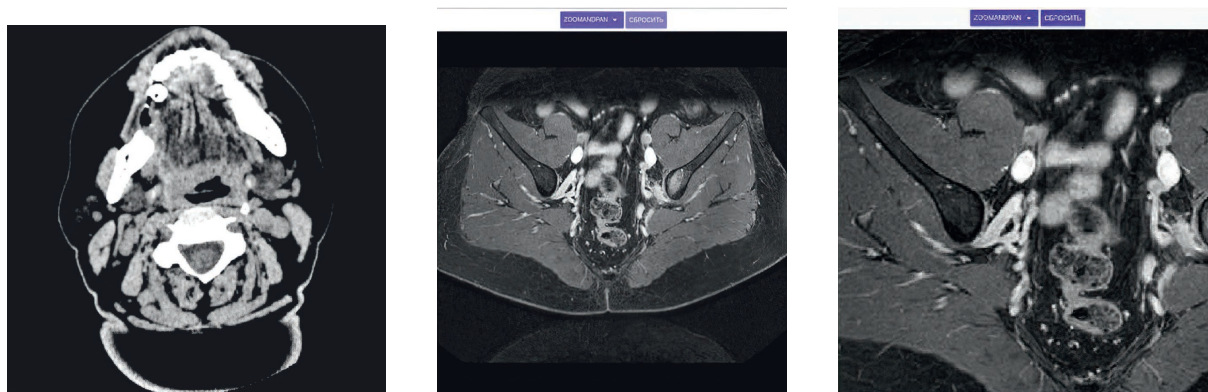


Рис. 3. Добавляемое изображение формата DICOM  
Fig. 3. DICOM format image to be added

При выборе «Исследования» выведется окно со списком всех существующих изображений проведенных исследований, принадлежащих конкретному пациенту (рис. 4). Для быстрого поиска врач может производить фильтрацию по полу, ФИО и идентификационному номеру пациента. При удалении данных о пациенте всплывает предупреждающее окно, что поможет защитить данные от случайного удаления.

Список исследований для пациента: <b>Иванов Иван Иванович</b>		<b>ЗАКРЫТЬ</b>
Идентификатор исследования		
dicom_aa7e9f41-99d	<b>ПРОСМОТРЕТЬ</b>	<b>УДАЛИТЬ</b>
dicom_1350b723-cd7	<b>ПРОСМОТРЕТЬ</b>	<b>УДАЛИТЬ</b>
dicom_b704dd49-e35	<b>ПРОСМОТРЕТЬ</b>	<b>УДАЛИТЬ</b>
dicom_8553ffa0-f5c	<b>ПРОСМОТРЕТЬ</b>	<b>УДАЛИТЬ</b>

Рис. 4. Список изображений, принадлежащих пациенту  
Fig. 4. List of images belonging to the patient

В результате проведенной работы подготовлен практический вариант АРМ МИС для хранения и обработки медицинских данных о пациентах с учетом их разнородности и специфики графического формата DICOM, что потребовало использования специальной библиотеки Pydicom. С учетом того, что разработанная информационная система является веб-платформой, т. е. приложением с клиент-серверной архитектурой, возникла необходимость разработать клиентское и серверное программное обеспечение для рассматриваемого приложения. Серверная часть при-

ложения (Backend) разработана для использования на UNIX-системе, поскольку в основном разработка на языке Python ведется именно на таких системах. Интерфейсная или клиентская часть приложения (Frontend) предназначена для работы на Windows. Разворачивание такой достаточно сложной архитектуры системы выполнено с применением технологии Docker Compose, которая используется для одновременного управления несколькими контейнерами, входящими в состав приложения. Этот инструмент предлагает те же возможности, что и Docker, но позволяет работать с более сложными приложениями. Структура Docker Compose представлена на рис. 5.

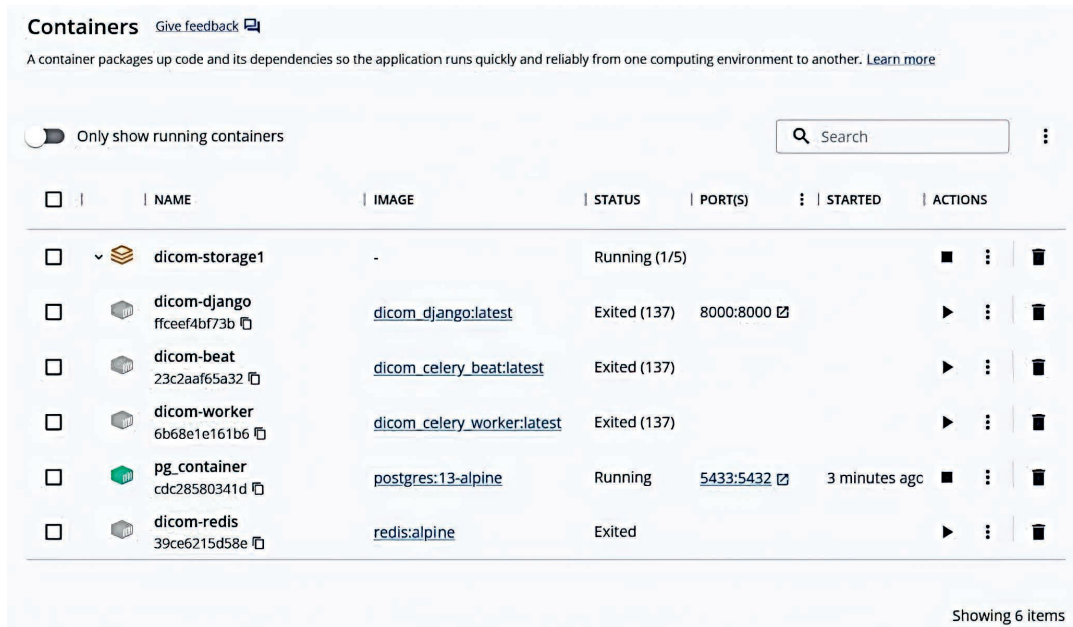


Рис. 5. Контейнеры в Docker Compose  
Fig. 5. Containers in Docker Compose

АРМ МИС с хранилищем медицинских данных об исследованиях пациентов, представленных в DICOM-формате, в настоящее время в тестовом режиме используется в региональном учреждении здравоохранения. Разработка АРМ МИС с автоматизированным централизованным хранилищем медицинских данных является первым этапом в реализации методики [12] и предоставляет возможность для перехода ко второму этапу разработки системы автоматической диагностики на основе использования ИИ.

### Второй этап разработки медицинской информационной системы

В настоящее время выполнены все перечисленные выше задачи первого этапа разработки МИС для оториноларингологического отделения. Ведется работа по накоплению медицинских данных о пациентах до объемов, необходимых для обучения и последующего тестирования нейронной сети. Параллельно после завершения тестовых и опытных испытаний АРМ МИС для хранения и обработки результатов медицинских исследований необходимо решать новые задачи по интеграции МИС в существующий технологический процесс в медицинском учреждении, анонимизации исследований пациентов для передачи на обучение искусственной нейронной сети и, собственно, автоматической диагностики патологии лор-заболеваний.

На практике возможна ситуация, когда какие-то данные вводятся с ошибкой: ошибки написания фамилии, индивидуального номера. В программе необходимо предусмотреть возможность исправления выявленных неточностей. Также ошибка может быть обнаружена только при повторном обращении. Соответственно поиск по базе не может быть ограничен одним параметром конкретного пациента. Возможна ситуация изменения личных данных: смена фамилии, имени, гражданства. И в этом случае необходимо предусмотреть возможность прикрепления новых рентгеновских изображений к уже существующей базе данных конкретного пациента.

Отдельно следует отметить, что есть вероятность поступления пациентов, у которых по объективным причинам невозможно собрать весь комплекс данных для заполнения предложенной фор-

мы. Бригада скорой помощи может доставить пациента в бессознательном состоянии. В лечебном учреждении такой пациент некоторое время будет иметь только номер медицинской карты как единственную описательную характеристику. В последующем паспортные данные могут быть установлены. Соответственно в программе должна быть предусмотрена возможность объединения новой информации с базой уже имеющихся данных о пациенте, если ранее с его стороны были обращения в медицинское учреждение. Результатом рентгенологического исследования будет не только само изображение, но и заключение врача-рентгенолога. Это заключение должно быть прикреплено к вносимому в базу изображению. Может сложиться такая ситуация, что места для хранения изображений будет недостаточно. Необходимо иметь возможность, если требуется, удалять изображения из хранилища, но сохранять текстовое заключение. Теоретически для использования в научных и исследовательских целях должна быть предусмотрена возможность поиска изображений по текстовому описанию из заключения врача-рентгенолога. Также следует отметить, что некоторые пациенты приносят изображения, сделанные в других учреждениях и записанные на диске. В МИС должна быть реализована возможность внесения рентгеновских изображений не только из учреждения, где эти изображения создаются. Для анализа всех представленных выше внештатных ситуаций в помощь врачу также может быть использован ИИ.

### Заключение

1. Полученные результаты обзора и анализа существующих медицинских систем с искусственным интеллектом для распознавания медицинских изображений подтвердили актуальность разработки медицинских информационных систем для оториноларингологии с искусственным интеллектом. Идет работа по накоплению данных и подготовке датасетов для обучения нейронной сети с учетом наличия трех групп лор-органов.

2. Актуальность задачи накопления и широкого применения исследований в формате DICOM была рассмотрена в [12]. В ходе исследований по первому этапу разработки медицинских информационных систем с искусственным интеллектом в полном объеме выполнены следующие задачи:

- разработаны структура и организация хранилища медицинских данных;
- реализованы процедуры загрузки, хранения и просмотра результатов медицинских исследований в формате DICOM;
- разработаны процедуры идентификации каждого пациента для предоставления всех связанных с ним результатов исследований;
- разработаны критерии разбиения изображений по категориям (ТРГ, РКТ);
- обеспечен доступ к серверу с компьютеров в корпоративной сети оториноларингологического отделения (в среде архитектуры клиент-сервер).

Также прошли опытную апробацию следующие режимы взаимодействия программного обеспечения с врачом:

- обеспечена поддержка различных видов поиска (ФИО, id, дата рождения и т. д.);
- выполнены процедуры для режимов разграничения доступа к определенным разделам, идентификации для доступа к системе через админ-панель, отслеживания несанкционированного доступа к системе.

3. Первый этап разработки реализован в виде автоматизированного рабочего места медицинских информационных систем для хранения и обработки результатов медицинских исследований. Подготовлено руководство, адресованное пользователям автоматизированного рабочего места медицинских информационных систем, в котором приведено полное описание функциональных возможностей и приемов работы автоматизированного рабочего места. Тестовые испытания и опытная эксплуатация подтвердили соответствие автоматизированного рабочего места медицинских информационных систем заданным критериям разработки.

На втором этапе выполнены разработка искусственной нейронной сети для анализа и диагностирования рентгеновских изображений и интеграция автоматизированного рабочего места медицинских информационных систем в существующий технологический процесс в лор-отделении.

4. Новизна полученных результатов выражается в возможности:

- одновременного занесения и извлечения данных о пациентах и результатов в виде КТ-снимков в DICOM-формате;



– накопления исследований по каждому конкретному пациенту;  
– просмотра исследований изображений компьютерной томографии и других исследований в DICOM-формате и их масштабирования для увеличения выбранной области изображений непосредственно на экране рабочего места врача взамен традиционному использованию специальных DICOM Viewer-программ сторонних производителей, требующих предварительной загрузки на компьютер врача.

5. Конечная цель разработки новой медицинской информационной системы – возможность ее адаптации и тиражирования для заинтересованных медицинских учреждений с учетом цифровой трансформации процессов обработки результатов исследований и помощь врачу в постановке диагноза.

### Список литературы

1. Национальная медицинская ассоциация оториноларингологов. Режим доступа: <https://нмао.рф/?ysclid=lo8ce45iyx209581379>. Дата доступа: 11.10.2023.
2. Тульских, О. Искусственный интеллект поможет в диагностике лор-заболеваний [Электронный ресурс] / О. Тульских // Проект «Берза». Режим доступа: <https://berza.ru/digital-diaphanoscopy-ml>. Дата доступа: 17.10.2023.
3. Концепция развития электронного здравоохранения Республики Беларусь на период до 2022 года. Режим доступа: [https://minzdrav.gov.by/upload/dadvfiles/CONCEPT\\_E-Health.pdf](https://minzdrav.gov.by/upload/dadvfiles/CONCEPT_E-Health.pdf). Дата доступа: 11.10.2023.
4. DICOM архив. Режим доступа: [https://rentgenogram.com/dicom\\_big\\_data](https://rentgenogram.com/dicom_big_data). Дата доступа: 12.09.2023.
5. PACS/РИС решения. Режим доступа: <https://multivox.ru>. Дата доступа: 12.09.2023.
6. Диагностика легких по снимкам КТ на базе ИИ. Режим доступа: <https://sbermed.ai/diagnostic-center/our-algorithms/ct-lungs/?ysclid=lo8ert2dmc752066814>. Дата доступа: 16.10.2023.
7. Полностью автоматическая система анализа КТ-изображений на основе искусственного интеллекта для точного выявления, диагностики и количественной оценки тяжести туберкулеза легких / Янь Ченгун [и др.] // *European Radiology*. 2022. No 32. P. 2188–2199. Режим доступа: <https://doi.org/10.1007/s00330-021-08365-z>. Дата доступа: 16.10.2023.
8. Искусственный интеллект для выявления пневмонии COVID-19 при компьютерной томографии грудной клетки с использованием многонациональных наборов данных / С. А. Хармон [и др.] // *Nature Communications*. 2020. No 11. Режим доступа: <https://doi.org/10.1038/s41467-020-17971-2>. Дата доступа: 16.10.2023.
9. Искусственный интеллект и визуализация острого инсульта / Э. Соун Дж. [и др.] // *American Journal of Neuroradiology*. 2021. Vol. 42, No 1. P. 2–11. Режим доступа: <https://doi.org/10.3174/ajnr.A6883>. Дата доступа: 17.10.2023.
10. Глубокое обучение: многообещающий метод прогнозирования гистологического класса опухолей молочной железы в маммографии / Р. Е. Ника [и др.] // *Journal of Digital Imaging*. 2021. No 34. P. 1190–1198. Режим доступа: <https://doi.org/10.1007/s10278-021-00508-4>. Дата доступа: 17.10.2023.
11. Классификация рака кожи на уровне дерматолога с помощью глубоких нейронных сетей / А. Эстева [и др.] // *Nature*. 2017. No 542. P. 115–118. Режим доступа: <https://doi.org/10.1038/nature21056>. Дата доступа: 17.10.2023.
12. Информационно-коммуникационные технологии в обосновании рентгеновского обследования оториноларингологических пациентов / Д. А. Якимов [и др.]. // *Проблемы здоровья и экологии*. 2022. Т. 19, № 3. С. 3–19. Doi: 10.51523/2708-6011.2022-19-3-19.
13. Кренке, Д. М. Теория и практика построения баз данных / Д. М. Кренке; пер. с англ., 9-е изд. СПб.: Питер, 2005.
14. Саммерфилд, М. Программирование на Python 3. Подробное руководство / М. Саммерфилд; пер. с англ. СПб.: Символ-плюс, 2016.
15. McGaw, J. *Beginning Django E-Commerce* / J. McGaw. NY: Apress, 2009.
16. Милл, И. *Docker на практике* / И. Милл, Э. Х. Сейерс; пер. с англ. М.: ДМК Пресс, 2020.

### References

1. *National Medical Association of Otorhinolaryngologists*. Available: <https://нмао.рф/?ysclid=lo8ce45iyx209581379> (Accessed 11 October 2023) (in Russian).
2. Tulsikh O. (2023) Artificial Intelligence Will Help in the Diagnosis of ENT Diseases. *The Berza Project*. Available: <https://berza.ru/digital-diaphanoscopy-ml> (Accessed 17 October 2023) (in Russian).
3. *The Concept of E-Health Development of the Republic of Belarus for the Period Up to 2022*. Available: [https://minzdrav.gov.by/upload/dadvfiles/CONCEPT\\_E-Health.pdf](https://minzdrav.gov.by/upload/dadvfiles/CONCEPT_E-Health.pdf) (Accessed 11 October 2023) (in Russian).

4. *DICOM Archive*. Available: [https://rentgenogram.com/dicom\\_big\\_data](https://rentgenogram.com/dicom_big_data) (Accessed 12 September 2023) (in Russian).
5. *PACS/PIC Solutions*. Available: <https://multivox.ru> (Accessed 12 September 2023) (in Russian).
6. *Lung Diagnostics Based on CT Scans Based on AI*. Available: <https://sbermed.ai/diagnostic-center/our-algorithms/ct-lungs/?ysclid=lo8ert2dmc752066814> (Accessed 16 October 2023) (in Russian).
7. Chenggong Yan, Lingfeng Wang, Jie Lin, Jun Xu, Tianjing Zhang, Jin Qi, et al. (2022) A Fully Automatic Artificial Intelligence-Based CT Image Analysis System for Accurate Detection, Diagnosis, and Quantitative Severity Evaluation of Pulmonary Tuberculosis. *European Radiology*. (32), 2188–2199. Available: <https://doi.org/10.1007/s00330-021-08365-z> (Accessed 16 October 2023).
8. Harmon S. A., Sanford T. H., Sheng Xu, Turkbey E. B., Roth H., Ziyue Xu, et al. (2020) Artificial Intelligence for the Detection of COVID-19 Pneumonia on Chest CT Using Multinational Datasets. *Nature Communications*. (11). Available: <https://doi.org/10.1038/s41467-020-17971-2> (Accessed 16 October 2023).
9. Soun J. E., Chow D. S., Nagamine M., Takhtawala R. S., Filippi C. G., Yu W., et al. (2021) Artificial Intelligence and Acute Stroke Imaging. *American Journal of Neuroradiology*. 42 (1), 2–11. Available: <https://doi.org/10.3174/ajnr.A6883> (Accessed 17 October 2023).
10. Nica R.-E., Șerbănescu M.-S., Florescu L.-M., Camen G.-C., Streba C. T., Gheonea I.-A. (2021) Deep Learning: A Promising Method for Histological Class Prediction of Breast Tumors in Mammography. *Journal of Digital Imaging*. 34 (5), 1190–1198. Available: <https://doi.org/10.1007/s10278-021-00508-4> (Accessed 17 October 2023).
11. Esteva A., Kuprel B., Novoa R. A., Ko J., Swetter S. M., Blau H. M., et al. (2017) Dermatologist-Level Classification of Skin Cancer with Deep Neural Networks. *Nature*. (542), 115–118. Available: <https://doi.org/10.1038/nature21056> (Accessed 17 October 2023).
12. Yakimov D. A., Demidenko O. M., Yakimov E. A., Vygovskaya N. V. (2022) Information and Communication Technologies in the Justification of X-Ray Examination of Otorhinolaryngology Patients. *Health and Ecology Issues*. 19 (3), 3–19. Doi: 10.51523/2708-6011.2022-19-3-19 (in Russian).
13. Krenke D. (2005) *Theory and Practice of Building Databases*. St. Petersburg, Peter Publ. (in Russian).
14. Summerfield M. (2016) *Programming in Python 3. A Detailed Guide*. St. Petersburg, Symbol-Plus Publ. (in Russian).
15. McGaw J. (2009) *Beginning Django E-Commerce*. NY, Apress Publ.
16. Miell I., Sayers A. H. (2020) *Docker in Practice*. Moscow, DMK Press Publ. (in Russian).

### Вклад авторов / Authors' contribution

Авторы внесли равный вклад в написание статьи / The authors contributed equally to the writing of the article.

#### Сведения об авторах

**Якимов Д. А.**, канд. мед. наук, врач-оториноларинголог высшей квалификации, Могилевская областная клиническая больница

**Выговская Н. В.**, ст. преп. каф. автоматизированных систем управления, Белорусско-Российский университет

**Дроздов И. В.**, инж.-програм. ООО «Финвин Технолоджис»

#### Адрес для корреспонденции

212030, Республика Беларусь,  
г. Могилев, пл. Славы, 4–4  
Белорусско-Российский университет  
Тел.: +375 29 541-41-95  
E-mail: vygovskaya-natalya@mail.ru  
Выговская Наталья Владимировна

#### Information about the authors

**Yakimov D. A.**, Cand. of Sci., Otorhinolaryngologist of the Highest Qualification, Mogilev Regional Clinical Hospital

**Vygovskaya N. V.**, Senior Lecturer at the Automated Control Systems Department, Belarusian-Russian University

**Drozdov I. V.**, Software Engineer, LLC “Finwin Technologies”

#### Address for correspondence

212030, Republic of Belarus,  
Mogilev, Slavy Sq., 4–4  
Belarusian-Russian University  
Tel.: +375 29 541-41-95  
E-mail: vygovskaya-natalya@mail.ru  
Vygovskaya Natallia Vladimirovna