

**РАЗРАБОТКА ВЕБ-СЕРВИСА
ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ПНЕВМОНИИ
ПОСРЕДСТВОМ АНАЛИЗА РЕНТГЕНОВСКИХ СНИМКОВ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ
КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ**

Аннотация. В работе представлен результат разработки RESTful веб-сервиса для классификации рентгеновских снимков по наличию признаков пневмонии. Из открытых источников сформирован набор данных, для которого применены методы аугментации. Протестированы модели сверточных нейронных сетей для решения задачи классификации. Разработаны RESTful API для отправки снимков на анализ и веб-приложение для просмотра результатов.

Ключевые слова: веб-сервис, рентгеновские снимки, сверточные нейронные сети, аугментация, RESTful.

Введение. Использование интеллектуальных систем поддержки принятия решений (ИСППР) в медицинских учреждениях является весьма распространенной практикой, например, в работе [1] описывается ИСППР для применения в области сердечно-сосудистых заболеваний. В исследовании [2] ИСППР используется для мониторинга пациентов с болезнью Паркинсона. При этом разрабатываемая информационная система, учитывая специфику предметной области, должна быть реализуема на различных устройствах, для этого в статьях [3, 4] предлагается использовать архитектурный стиль RESTful API.

Широкое применение в ИСППР нашли методы компьютерного зрения. Сверточные нейронные сети применяются в работе [5] для обнаружения патологий головного мозга на снимках магнитно-резонансной томографии.

В данной работе сверточные нейронные сети рассматриваются для автоматизированной диагностики пневмонии по рентгеновским снимкам легких с целью сокращения используемых человеческих

ресурсов во время проведения массовых профилактических мероприятий.

Постановка задачи. Опишем задачу классификации изображений в формальной постановке. Пусть X — множество объектов: рентгеновских снимков легких, Y — конечное множество классов: с наличием признаков пневмонии и без таковых. Существует неизвестная целевая зависимость: отображение $y^*: X \rightarrow Y$, значения которой известны только на обучающей выборке $X_m = \{(x_1, y_1), \dots, (x_m, y_m)\}$. Требуется реализовать алгоритм $a: X \rightarrow Y$, способный классифицировать объект $x \in X$, то есть присваивать снимку метку $y \in Y$.

Цель работы: разработать RESTful веб-сервис для бинарной классификации рентгеновских снимков легких, который позволит автоматизировать работу врачей по выявлению пневмонии, с точностью выявления заболевания 90%.

Материалы и методы. Первоначально все поступающие на вход изображения приводятся к размеру 512 x 512 пикселей, цветовому режиму Grayscale, приводятся к стандартному нормальному распределению. Для получения расширенной выборки осуществляется аугментация изображений: отражение по горизонтали и вертикали с вероятностью $p = 0.6$, изменение яркости и контрастности в диапазоне 0.7..1.3 относительно исходного изображения.

Сравниваются три искусственные нейронные сети: ResNet [6], AlexNet [7], и сеть, которую условно назовем «BaseNet», состоящая из двух сверточных и трех полносвязных слоев. Во избежание влияния дисбаланса различных классов используется взвешивание, обратно пропорциональное количеству объектов класса, которое применяется в кросс-энтропийной функции потерь, в качестве оптимизатора ошибки используется метод стохастического градиентного спуска.

Результаты. Обучение, валидация и тестирование рассмотренных моделей классификации осуществлялось на рентгеновских снимках из открытых источников [8] с использованием фреймворка PyTorch. Распределение классов представлено в табл. 1.

Таблица 1

Распределение классов по выборкам

Выборка	Здоровые	Пневмония
Обучающая	1341	3875
Валидационная	8	8
Тестовая	234	390

Результаты тестирования моделей, обученных на базовом и расширенном (с использованием методов аугментации изображений) наборах данных, представлены в табл. 2.

Таблица 2

Сравнение моделей на тестовой выборке

Обучающая выборка	Модель	Кол-во эпох	Точность	Точность выявления здоровых	Точность выявления больных	Размер файла с весами, МБ
Базовая	BaseNet	2	82%	57,7%	96,7%	114,5
	ResNet	5	71%	34,2%	94,1%	81,8
	AlexNet	5	71%	25,6%	99,2%	862,4
С аугментацией	BaseNet	2	83%	64,1%	94,4%	114,5
	ResNet	5	66%	15,8%	97,7%	81,8
	AlexNet	5	82%	54,3%	97,4%	862,4

Наивысшую точность определения снимков с больными легкими на показала сеть AlexNet, обученная на базовом наборе данных, однако точность выявления здоровых весьма низкая — всего четверть. Наивысшую точность классификации показала обученная на расширенном наборе данных модель BaseNet, которая, по сравнению с обученной на базовом наборе данных, показала снижение выявления ложно больных легких на 6,4%.

Таким образом, для дальнейшего использования в приложении выбрана модель BaseNet, обученная на расширенном наборе данных.

Архитектура разработанного приложения (рис. 1) включает в себя: модуль Backend с поддержкой REST API, реализованный с помощью фреймворка Flask, который инициализирует выгруженный классификатор на базе фреймворка PyTorch, нереляционная система управления базами данных MongoDB, в которой хранятся документы типов Analysis (анализ) и User (пользователь), модуль Frontend, реализованный с помощью фреймворка Vue.js, для взаимодействия пользователя-врача с приложением с целью изучения результатов анализов.

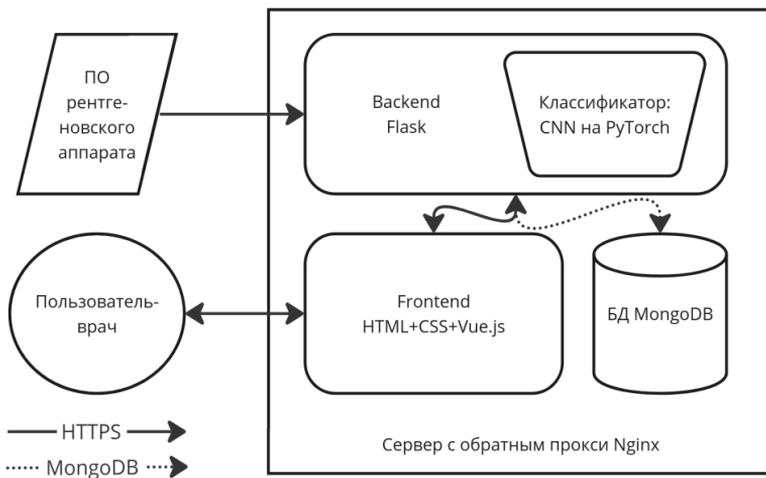


Рис. 1. Архитектура разработанного приложения

Модуль Frontend предоставляет пользователю веб-интерфейс с возможностью регистрации и авторизация пользователей, сортировки анализов по дате проведения и результату, фильтрации по пациентам, создания (проведения), просмотра (рис. 2) и удаления анализа.

Доступ к приложению осуществляется посредством обратного прокси-сервера Nginx. Приложение развернуто на публичном сервере под управлением ОС Ubuntu 20.04 и требует для работы 2 ядра CPU, 2 ГБ RAM, 8 ГБ дискового хранилища.

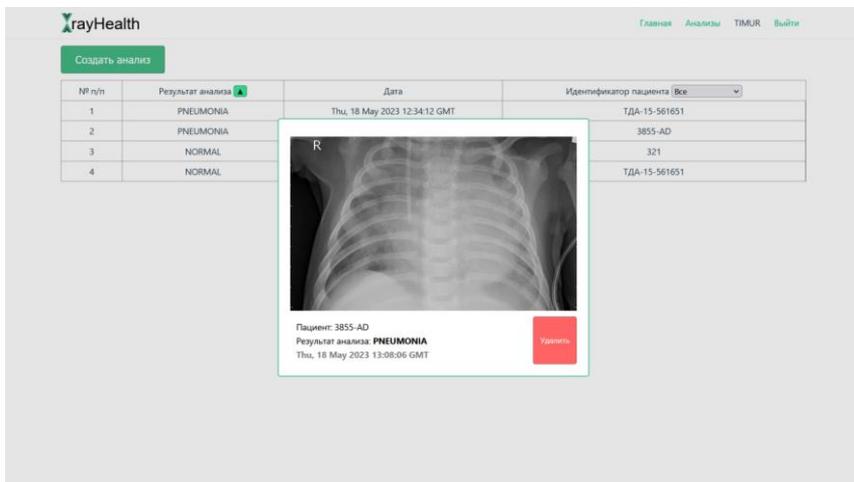


Рис. 2. Просмотр результата анализа в веб-интерфейсе

Заключение. Разработанный RESTful сервис для выявления пневмонии на рентгеновских снимках легких позволяет автоматизировать работу врачей во время проведения диспансеризации населения, способен принимать данные напрямую от специализированного программного обеспечения посредством API, диагностировать пневмонию с точностью 94,4%, демонстрировать результаты авторизованным пользователям посредством веб-интерфейса. Точность классификации обеспечивается за счет предварительных трансформаций (аугментации) изображений обучающей выборки.

В перспективе планируется расширение возможностей приложения для диагностирования других заболеваний легких посредством обучения сверточных нейронных сетей на соответствующих данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атьков О. Ю. Система поддержки принятия врачебных решений / О. Ю. Атьков, Ю. Ю. Кудряшов, А. А. Прохоров, О. В. Касимов. — Текст : непосредственный // Врач и информационные технологии. — 2013. — № 6. — С. 67-75.

2. Konogorov A. V. Medical information system for monitoring patients with Parkinson's disease / A. V. Konogorov. — Direct text // The 6th annual student scientific conference in English : conference proceedings, Vladivostok, May 27-31, 2019. — Vladivostok : Far Eastern Federal University, 2019. — Pp. 122-125.
3. Спорыш Д. Н. Информационная система для медицинского персонала и пациентов / Д. Н. Спорыш. — Текст : непосредственный // Мир компьютерных технологий : сборник статей студенческой научно-технической конференции, Севастополь, 04-07 апреля 2017 г. / науч. ред. Е. Н. Мащенко. — Севастополь: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Севастопольский государственный университет», 2017. — С. 121-123.
4. Swaroop K. N. A health monitoring system for vital signs using IoT / K. N. Swaroop, K. Chandu, R. Gorrepotu, S. Deb. — Direct text // Internet of Things. — 2019. — Vol. 5. — Pp. 116-129.
5. Агафонова Ю. Д. Сверточная нейронная сеть для обнаружения патологий на изображениях МРТ головного мозга / Ю. Д. Агафонова, А. В. Гайдель, П. М. Зельтер, А. В. Капишников. — Текст : непосредственный // Информационные технологии и нанотехнологии (ИТНТ-2020) : сборник трудов по материалам VI Международной конференции и молодежной школы: в 4 т. Самара, 26-29 мая 2020 г / / под ред. В. В. Мясникова. Т. 2. — Самара: Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, 2020. — С. 181-188.
6. He K. Deep residual learning for image recognition / K. He, X. Zhang, S. Ren, J. Sun. — Direct text // Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. — 2016. — Pp. 770-778.
7. Krizhevsky A. Imagenet classification with deep convolutional neural networks / A. Krizhevsky, I. Sutskever, G. E. Hinton. — Direct text. // Communications of the ACM. — 2017. — V. 60. — № 6. — Pp. 84-90.
8. Kermany D. Labeled Optical Coherence Tomography (OCT) and Chest X-Ray Images for Classification / D. Kermany; K. Zhang; M. Goldbaum. — URL: <https://data.mendeley.com/datasets/rsbjbr9sj/2> (date of the application 22.04.2023). — Text : electronic // Mendeley Data.