

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н. Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра математической кибернетики и компьютерных наук

**СИСТЕМА РАСПОЗНАВАНИЯ МЕДИЦИНСКОЙ ИНФОРМАЦИИ
ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ГАСТРОЭНТЕРОЛОГИЧЕСКИХ
ЗАБОЛЕВАНИЙ**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента 4 курса 411 группы

направления 02.03.02 — Фундаментальная информатика и информационные
технологии

факультета КНиИТ

Пантелеева Дмитрия Сергеевича

Научный руководитель

зав. каф. техн. пр., доцент

И. А. Батраева

Заведующий кафедрой

к. ф.-м. н., доцент

С. В. Миронов

Саратов 2022

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1 Использование нейронных сетей в медицине	4
1.1 Медицинская нейроинформатика	4
1.2 Архитектуры нейросетей	4
1.3 Проблематика применения нейросетей в медицине	4
1.4 Постановка задач	5
2 Практическая реализация	7
2.1 Разработка нейросети	7
2.1.1 Подготовка датасета	7
2.1.2 Разметка датасета	8
2.1.3 Создание и обучение модели	8
2.2 Разработка приложения	8
2.2.1 Стэк технологий	8
2.2.2 Пользовательский интерфейс	9
2.2.3 Функционал	10
2.2.4 Сборка исполняемых файлов	11
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	12
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	13

ВВЕДЕНИЕ

Язва желудка и по сей день является одним из самых частых недугов как в России, так и в мире. От язвы желудка страдают порядка 180 человек на 100 тысяч населения России. Даже не смотря на достижения в области консервативного лечения, врачи отмечают увеличение числа осложнений при заболевании, как например внутреннего кровотечения и прободения желудка, образование застойного содержимого и др.

Все это приводит к тому, что порядка 6 тысяч человек, в возрасте от 18 до 65 лет умирают в России каждый год. Самым тяжелым лечением язвы желудка принято считать язву, осложненную внутренними кровотечениями желудка. В таком случае смертность от болезни достигает 15%, послеоперационная 35%, а в совсем тяжелых случаях вплоть до 80%. [1]

Так же стоит учитывать время. Для врача и пациента оно крайне ограничено, что обуславливает необходимость диагностировать и лечить в кратчайшие сроки. Неправильное лечение или неправильная диагностика в разы увеличивают риск осложнений и могут оказаться опасными для жизни и здоровья людей.

Необходимо использовать любой метод устранения неправильных шагов при выявлении и лечении заболеваний, что непременно приведет к улучшению качества и скорости оказания медицинской помощи, а также сокращению сроков и стоимости лечения.

В последнее время набирает оборот внедрение нейронных сетей для самых различных задач, в этой связи медицина представляется одной из сложнейших сфер, в силу ограниченности набора данных, его низкого качества и неоднородного состава одних и тех же заболеваний на медицинских снимках.

Целью данной дипломной работы является создание десктопного приложения для нужд медицинских работников на основе нейронных сетей.

Бакалаврская работа состоит из введения, двух глав, заключения, списка использованной литературы и приложения. Объем работы 62 страницы. Список литературы включает в себя 21 источник. Первая глава посвящена истории развития нейроинформатики. Описывается архитектура нейросетей и проблематика их использования в медицине. Вторая глава посвящена разработке нейросети, ее обучению и предшествующие этому процессы разметки датасета. Описана также реализованная автоматизация данных процессов. Далее следует подробное описание процесса разработки приложения.

1 Использование нейронных сетей в медицине

1.1 Медицинская нейроинформатика

Медицинская нейроинформатика позволяет анализировать задачи диагностики и прогнозирования различных заболеваний с помощью нейросетей. [2]

Понятие нейронной сети было определено в 1943 году, когда Уорен МакКаллог и Вальтер Питтс организовали первую математическую модель нейронной сети. Практическая модель при помощи компьютера была создана в 1957 году Франком Розенблаттом.

Под нейросетью понимается скопление нейронов, способное в совокупности распознавать какие-либо явления или объекты. Это скопление обучается, действует последовательно, запоминает данные, умеет обрабатывать запросы и выдавать информацию.

Принцип работы нейросети основан на алгоритмах работы биологических нейронных сетей. [3] Поступающие в искусственные нейроны сигналы суммируются, преобразуются и выдают нужный результат. Нейронную сеть можно обучать, указывая обобщающие параметры для выборки, чтобы она показывала корректные результаты.

Наиболее широкое распространение нейросети в медицине получили именно в области работы с изображениями. [4] Рабочие процессы медицинских учреждений неразрывно связаны со сбором, обработкой и анализом различных медицинских изображений.

1.2 Архитектуры нейросетей

Архитектуры нейросетей делятся по типу обучения:

- Обучение с учителем — существует две архитектуры пригодные для обучения с учителем: перцептрон, сверточные нейронные сети.
- Обучение без учителя — сети адаптивного резонанса.
- Смешанное обучение — сети радиальнобазисных функций.

Набором данных для обучения нейронной сети называется датасет. Это обработанная и структурированная информация по определенному признаку

1.3 Проблематика применения нейросетей в медицине

Точность является критически важным параметром в медицине. Из-за чего применимы только нейросети обученные с учителем. Из этого проистекает

основная проблема – датасет. Можно выделить три основных направления проблематики связанных с датасетом:

Ограниченность датасета – в силу низкой автоматизации медицинской сферы многие медицинские снимки находятся в аналоговом виде, также такие данные невозможно использовать без разрешения пациента, что зачастую является проблематичным. На фоне относительно небольшого количества таких данных это представляет серьезную проблему.

Низкое качество датасета – большинство оборудования является устаревшим [5] и не имеет функционала избавляющего от засветов, затемнений и цветовых искажений, а типичным разрешением фото и видео является 704 на 480 пикселей, что крайне мало по современным меркам.

Разметка медицинского датасета – основной проблемой при разметке датасета является специализация того, кто этот датасет размечает. Медики, разбирающиеся в заболеваниях и способные выделить его на изображении, зачастую не обладают техническими навыками для работы с ПО для разметки, и наоборот, технические специалисты, способные размечать данные, как правило не знают и не могут определить заболевания на снимках.

Ещё одно препятствие касается процесса внедрения уже готового продукта в рабочие процессы медицинских учреждений: это отсутствие в законодательстве конкретных стандартов, регламентирующих применение таких технологий в медицине. Но работа в этом направлении ведётся – уже разработана первая редакция проекта национального стандарта ГОСТ Р для искусственного интеллекта в здравоохранении. После утверждения он будет регулировать клинические испытания медицинских ИИ-систем в России.

1.4 Постановка задач

Исходя из поставленной цели и описанной проблематики, необходимо выполнить следующие задачи для успешного выполнения работы:

- Разработка нейросетевой модели;
- Частичная автоматизация разметки датасета;
- Обучение нейросети с учителем;
- Повышение точности автоматического прогнозирование заболеваний;
- Разработка приложения для популярных десктопных платформ.

2 Практическая реализация

2.1 Разработка нейросети

Основной задачей данной практической работы была разработка нейронной сети. Для ее выполнения были проделаны следующие шаги:

- Подготовка датасета
- Разметка датасета
- Создание модели
- Обучение

2.1.1 Подготовка датасета

Медиками из Саратовского Государственного Медицинского Университета был предоставлен доступ к базе данных гастроэнтерологических [6] фото и видео за последние 25 лет. Было выделено 4 основных класса [7]:

- Застойное содержимое желудка (Stagnant)
- Свежая кровь (Fresh blood)
- Редуцированная кровь (Reduced blood)
- Нормальная слизистая желудка (Normal)

Для преобразования видео в набор снимков был написан соответствующий скрипт VideoToImage.py.

Принцип работы скрипта заключается в разбиении видео на набор кадров и выборе из них одного каждые пол секунды.

После того, как все кадры сохранены, происходит обращение к другому скрипту, задачей которого является определить наличие максимально схожих кадров, если такие имеются и удалить их DuplicateRemover.py.

Работа скрипта по определению дубликатов изображений сводится к вычислению хэшсуммы для каждого, предварительно обработанного изображения. Если такая хэшсумма уже встречалась, то изображение считается дубликатом и удаляется.

Затем, все изображения были приведены к одному формату, PNG, с помощью следующего скрипта ConverterPNG.py.

Конечное количество изображений датасета составило 8300 изображений на класс, после чего изображения были случайно разбиты для обучения и валидации нейросети в соотношении 4 к 1, с помощью следующего скрипта FolderMaker.py.

2.1.2 Разметка датасета

Разметка датасета производилась с помощью программы SuperAnnotate.

После разметки изображений приложение позволяет выгрузить аннотации в виде набора json файлов в соответствии с количеством изображений.

Так как в качестве модели нейросети была выбрана YOLOv3, о чем будет сказано позднее, встала проблема: данная модель принимает аннотации в формате xml. Для решения данной проблемы был создан скрипт-конвертер аннотаций из json формата в xml Converter.py.

С целью упрощения процесса разметки 33200 изображений был разработан скрипт для частичной автоматизации, а именно скрипт для разметки класса "Нормальная слизистая желудка" NormalLabel.py.

2.1.3 Создание и обучение модели

За основу нейросети была выбрана модель YOLOv3, это позволило произвести трансферное обучение [8], подняв точность на ограниченном наборе снимков и одновременно сократив время на обучение.

С целью обучения был арендован сервер Google, содержащий два видеоускорителя Nvidia Tesla K80 с 32гб видеопамати каждый, 128гб оперативной памяти, а также процессор Intel Xeon Gold 6130 с 16 ядрами, работающими на частоте 3.7Ггц.

Размер batch файла был выбран 16, количество эпох 200. Обучение заняло 62 часа, далее код рассчитал точность для каждой эпохи и сохранил наилучшую, а также файл с конфигурацией детекции.

Точность составила около 90%.

2.2 Разработка приложения

2.2.1 Стэк технологий

Для разработки данного приложения был использован следующий стек технологий:

1. Язык программирования Python;
2. Библиотека imageai для работы с обученной моделью нейросети;
3. Библиотека SimpleGUI для создания оконного интерфейса приложения;
4. Библиотека copy для глубокого копирования переменных;
5. Библиотека json для работы с файлами-контейнерами формата json;

6. Библиотеки OS, platform и glob для работы с операционной и файловой системами;
7. Библиотеки smtplib и email для отправки электронных сообщений о найденных отклонениях;
8. Библиотеки requests и hashlib для формирования и отправки смс сообщений о найденных отклонениях;
9. Библиотеки cv2 и PIL (Pillow) для работы с растровой графикой.

2.2.2 Пользовательский интерфейс

Пользовательский интерфейс состоит из двух окон: основного и окна настроек.

Интерфейс имеет гибкую настройку, пользователь может выбрать из трех состояний основного окна:

- Текстовое и графическое отображение результатов анализа;
- Только текстовое отображение результатов анализа;
- Только графическое отображение результатов анализа;

При этом нельзя выключить и текстовое, и графическое отображение. При попытке сделать это, приложение автоматически включит либо одно, либо другое отображение, в зависимости от того, что пользователь пытается отключить последним.

При первичном запуске приложение создает рабочую папку приложения, в зависимости от системы, либо в /Users/cuasar/Documents/MetWork для MacOS, либо C:/MetWork/ для Windows, и выдает сообщение о том, что настройки не найдены и сброшены по умолчанию.

После чего автоматически открывается окно с настройками приложения.

Когда пользователь закончит настройку, настройки будут записаны в файл с конфигурацией, который будет использован при дальнейшем запуске программы.

Приложение способно обрабатывать как фото, так и видео файлы. Для ОС Windows было разработано ограничение по выбору файлов, в зависимости от их расширения, встроенное прямо в диалоговое окно.

Реализовать такое нативное ограничение для ОС MacOS не представляется возможным в силу ограничений системы, поэтому был реализован отдельный обработчик ошибок при выборе файла недопустимого расширения.

2.2.3 Функционал

Обработка изображений Приложение поддерживает анализ изображений следующих форматов:

- PNG;
- JPG/JPEG;
- BMP.

Для обработки изображения пользователю необходимо выбрать соответствующий файл в диалоговом окне и нажать кнопку «Анализ».

После чего приложение выведет результаты анализа в элемент текстового вывода, если таковой включен, и изображение с выделенным и подписанным предполагаемым заболеванием в элемент графического вывода, если таковой включен.

Обработка видео Приложение поддерживает анализ видео следующих форматов:

- MP4;
- AVI.

Для обработки видео пользователю необходимо выбрать соответствующий файл в диалоговом окне и нажать кнопку «Анализ».

После чего приложение выведет результаты анализа в элемент текстового вывода, если таковой включен, и изображение с выделенным и подписанным предполагаемым заболеванием в элемент графического вывода, если таковой включен.

Принцип анализа видео заключается в извлечении и анализе одного кадра из каждой секунды видео, поэтому по итогу анализа может быть несколько изображений. Если количество выходных изображений больше одного, то в интерфейсе приложения появляются кнопки «Пред» и «След», реализующие последовательный просмотр всех изображений.

Отправка смс уведомления В случае, если пользователь включил отправку смс уведомлений, то при обнаружении заболеваний на указанный номер отправляется смс с указанием конкретных заболеваний обнаруженных на анализируемых данных.

Для реализации данного функционала был использован отечественный сервис NotiSend. В данном сервисе был создан проект «Metwork» и сгенерирован api ключ к нему.

Для взаимодействия с api сервиса был создан и описан класс sms, реализующий хеширование и отправку смс через сервис:

Для непосредственной отправки смс уведомления была создана функция send_sms, получающая на вход текст сообщения.

Отправка email уведомления В случае, если пользователь включил отправку email уведомлений, то при обнаружении заболеваний на указанный почтовый адрес отправляется письмо с указанием конкретных заболеваний обнаруженных на анализируемых данных и прикрепленными обработанными изображениями.

Для отправки электронных сообщений в программе была реализована функция send_email, получающая на вход текст сообщения и список изображений.

2.2.4 Сборка исполняемых файлов

С целью созданию конечного приложения программный код необходимо скомпилировать в исполняемый файл. Данное приложение было скомпилировано для операционных систем Windows и MacOS.

Windows компиляция исполняемого файла для Windows производилась с помощью библиотеки «auto-py-to-exe», позволяющей с помощью интерфейса преобразовать файл .py в .exe.

Интерфейс интуитивно понятен и в объяснении не нуждается.

MacOS компиляция исполняемого файла для MacOS производилась с помощью библиотеки «py2app». Для сборки файла необходимо настроить среду установки. Для этого был сконфигурирован файл Setup.py.

После чего необходимо выполнить команду python setup.py py2app в терминале MacOS.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения практики были изучены нейросетевые модели, а также возможности их применения в медицинской сфере. Для достижения поставленной цели был разработан программный комплекс для обработки фото и видео с фагогастродуоденоскопического оборудования для выявления застойного содержимого желудка и крови в различных ее формах. Все поставленные задачи были выполнены успешно.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 *Беликов, А. В.* Ранняя диагностика рецидива язвенного гастродуоденального кровотечения / А. В. Беликов. — Саратов: ВолГМУ, 2017.
- 2 *Кулаков А. А., Серегин С. С.* История развития медицинских информационных систем / Серегин С. С. Кулаков А. А. // *Стоматология*. — 2015. — Т. 6. — С. 50–53.
- 3 *Ilker Ozsahin, Dilber Uzun Ozsahin.* Neural network applications in medicine / Dilber Uzun Ozsahin Ilker Ozsahin // *Developments in Biomedical Engineering and Bioelectronics*. — 2020. — Vol. 7. — Pp. 183–206.
- 4 *О., Кравченко В.* Методы использования искусственных нейронных сетей в медицине / Кравченко В. О. // *Устойчивое развитие науки и образования*. — 2019. — Т. 6. — С. 266–270.
- 5 *Cho, J. H.* A pilot study of single-use endoscopy in screening acute gastrointestinal bleeding / J. H. Cho, H. M. Kim // *World Journal of Gastroenterology*. — 2013. — Vol. 19. — Pp. 103 – 107.
- 6 *Бэйтсон Малькольм К., Бушьер Иэн А.Д.* Клинические исследования в гастроэнтерологии / Бушьер Иэн А.Д Бэйтсон Малькольм К. — М: ГЭОТАР-Медиа, 2021.
- 7 *Ashatkin V. V Bashkatov A. N., Genina E. A. Kapralov S. V. Tuchin V. V. Belikov A. V.* Optical properties of stomachic liquids: prognosis for gastroenterology // *Optical Technologies in Biophysics and Medicine VII*. — Vol. 6163. — Bellingham, WA, United States: 2005. — P. 616313.
- 8 *Алексеевич, Кан Каниа.* Нейронные сети. Эволюция / Кан Каниа Алексеевич. — М: ЛитРес, 2020.