

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1 Характеристика предприятия «Белорусский металлургический завод».....	4
1.1 Общие сведения о предприятии	4
1.2 История предприятия. Автоматизация технологических процессов ..	6
1.3 Корпоративная политика и этический кодекс	7
2 Аналитический обзор аналогов и средств разработки приложения «срезах КТ головы».....	10
2.1 Задача классификации и локализации сосудов головы. Анализ предметной области	10
2.2 Аналитический обзор существующих методов	12
2.3 Обзор технологий для реализации программного обеспечения	15
2.4 Требования к программному обеспечению.....	20
3 Программное «Бинарная классификация артерий основания черепа на КТ срезах».....	21
3.1 Модель предметной области	21
3.2 Структура и реализация программного обеспечения	22
3.3 Верификация и анализ программного обеспечения	26
Заключение	27
Список использованных источников	28
Приложение А Должностная инструкция инженера-программиста	29
Приложение Б Охрана труда.....	32
Приложение В Исходный код программы	35

ВВЕДЕНИЕ

Преддипломная практика на предприятии даёт возможность молодому специалисту ознакомиться со специальным оборудованием и программным обеспечением, применяемом при разработке, сопровождении и эксплуатации информационных систем. Также, нахождение на предприятии специалиста под контролем руководителя позволит обрести и закрепить знания, и приобрести практический опыт работы.

Автоматизация – одно из направлений научно-технического прогресса, использующее саморегулирующие технические средства и математические методы с целью освобождения человека от участия в процессах получения, преобразования, передачи и использования энергии, материалов, изделий или информации, либо существенного уменьшения степени этого участия или трудоёмкости выполняемых операций.

В настоящее время все больший интерес к искусственным нейронным сетям проявляют различные отрасли промышленности и непромышленной сферы. Искусственные нейронные сети эффективно используются для распознавания видеоизображений, письменного текста и речи, решения разнообразных задач прогнозирования и во многих других областях. Известно большое число коммерческих программных систем моделирования, позволяющих исследовать и разрабатывать искусственные нейронные сети для различных приложений, а также разработано значительное число нейрокомпьютерных систем.

По статистике, на долю смертности от заболеваний сердечно-сосудистой системы в общем приходится до 60% от общего числа умерших. Программное средство может быть использовано для выбора наиболее удачного варианта реконструктивной операции.

Целью преддипломной практики является разработка приложения «Бинарная классификация сосудов основания головы на срезах КТ» с использованием нейронной сети и изображений срезов компьютерной томографии (КТ) головы человека.

Основные задачи, которые должны быть выполнены за период прохождения преддипломной практики:

- ознакомление с базой прохождения практики;
- ознакомление со структурой организации, перечнем решаемых задач и внутренним распорядком;
- сбор информации индивидуального задания «Бинарный классификатор для определения наличия сонной артерии и яремной»;
- создание приложения, выполняющее классификацию крупных сосудов основания черепа головы человека.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРЕДПРИЯТИЯ «БЕЛОРУССКИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ЗАВОД»

1.1 Общие сведения о предприятии

Открытое акционерное общество (ОАО) «Белорусский металлургический завод» (БМЗ) – является управляющей компанией холдинга «Белорусская металлургическая компания» (БМК) – это уникальное предприятие металлургической отрасли Беларуси, относящееся к разряду современных минизаводов европейского уровня. БМЗ является национальным достоянием государства и внесено в государственный реестр предприятий республики с высокотехнологичным производством [1].

Сферой деятельности предприятия является:

- производство непрерывнолитой и горячекатаной заготовки;
- проката фасонного, сортового, арматурного для железобетонных конструкций;
- заготовки трубной, катанки стальной, металлокорда, проволоки стальной различного назначения, горячедеформированных бесшовных труб, стальной фибры.

По объему товарной продукции БМЗ входит в число пяти крупнейших предприятий республики.

На основании оценки результатов научно-технической и инновационной деятельности предприятия, которую провели специалисты Государственного комитета по науке и технологиям и Национальной академии наук Беларуси, в феврале 2017-го года предприятию присвоен статус научной организации.

Сегодня предприятие структурно состоит из четырех, связанных одной технологической цепочкой, производств – сталеплавильное, прокатное, трубное, метизное – и цехов инфраструктуры, подразделений управления жизнедеятельностью предприятия.

Функционирующие на БМЗ два электросталеплавильные цеха за счет проведенной модернизаций нарастили свой производственный потенциал до 3 миллионов тонн стали в год. В настоящее время электросталеплавильные цеха осуществляют выплавку и разливку рядовых марок сталей, а также конструкционных и легированных. Электросталеплавильные цеха оборудованы тремя современными дуговыми электропечами емкостью по 100 тонн каждая. Все необходимые элементы технологии доводки стали по составу, имеющиеся в цехах, тщательно обеспечены контролем электронно-вычислительных машин (ЭВМ), что позволяет всегда получать металл высокого качества.

Сортопрокатное производство БМЗ представлено двумя цехами. Один сортопрокатный цех производит выпуск крупносортового и мелкосортного проката, а также катанки. Другой сортопрокатный цех оснащен современным мелкосортно-проволочным прокатным станом.

Трубное производство представлено трубопрокатным агрегатом, включающий в себя косовалковый прошивной стан, 4-клетевой стан и редуционно-растяжной стан для производства труб, ориентированных преимущественно на нефтегазовую отрасль и машиностроение.

Метизное производство Белорусского металлургического завода представлено тремя сталепроволочными цехами и вспомогательным цехом тары и волок. Перечень выпускаемой ими продукции включает следующие позиции: металлокорд, бортовая бронзированная проволока для автомобильных шин, латунированная проволока для армирования рукавов высокого давления, арматурная, сварочная, пружинная, спицевая, гвоздевая проволока, проволока общего назначения и фибра стальная (анкерная, волновая и микрофибра).

На рисунке 1.1 предоставлена фотография здания управления.



Рисунок 1.1 – Здание управления ОАО «Белорусский металлургический завод» – управляющая компанией холдинга «БМК»

Перечень участников холдинга «Белорусская металлургическая компания»:

– ОАО «Белорусский металлургический завод – управляющая компания холдинга «БМК»;

– ОАО «Могилевский металлургический завод», «Речицкий метизный завод», «Завод «Легмаш», «Белвторчермет», «Полесьеэлектромаш», «Белцветмет», «Минский подшипниковый завод», «Жлобинский карьер формовочных материалов», «Слуцкий завод «Эмальпосуда», «БЕЛНИИЛИТ», "Кобринский инструментальный завод "СИТОМО", "НИИ Подшипник";

– частные производственно-торговые унитарные предприятия «Сервисный центр «БМЗ» и "Металлургторг";

– частные производственные унитарные предприятия "Цветмет", "Гродновторчермет", "Брествторчермет", "Витебсквторчермет", "Гомельвторчермет", "Могилеввторчермет";

– частное сельскохозяйственное унитарное предприятие "Папоротное";

– частное строительное унитарное предприятие "Жлобинметаллургстрой";

– частное транспортное унитарное предприятие "Металлургтранс".

1.2. История предприятия. Автоматизация технологических процессов БМЗ

БМЗ построен фирмами «Фест-Альпине» (Австрия) и «Даниели» (Италия). Первоначальная производственная мощность завода – 700 тысяч тонн стали в год. Первая плавка, как и разливка СТАЛЬ 1 ГОСТ, была произведена 15 октября 1984 года. Первый директор БМЗ – Дерожант Левонович Акопов.

Согласно программе развития завода на 2011 – 2015 года, на БМЗ была проведена самая масштабная в его истории модернизация. В 2014 году была завершена реконструкция сталеплавильной печи и машины непрерывного литья заготовок. Реализованные мероприятия позволили увеличить производительность агрегатов до 1 и 1,2 млн тонн в год, соответственно. Также в начале 2014 года завершено строительство новой известково-обжигательной установки. Данный объект позволяет удовлетворить нарастающую потребность производства в свежееобожжённой извести. Проведена комплексная реконструкция пылегазоулавливающей установки, которая позволила улучшить экологическую обстановку вокруг предприятия, снизить потери тепла с первичными отходящими газами и обеспечить полное дожигание угарного газа. Ключевым проектом данной программы модернизации стало строительство мелкосортно-проволочного стана, который был введен в эксплуатацию в сентябре 2015 года. В ноябре 2016 года новый цех вышел на проектную мощность производства.

На БМЗ все технологическое оборудование металлургического, метизного и энергетических производств работает в автоматическом режиме. Именно это является неотъемлемой составляющей экономической эффективности работы завода в целом.

Металлургическое и метизное производства с точки зрения построения систем автоматического управления подобны, но в то же время в силу специфики технологии и объектов управления имеют существенные отличия.

Металлургическое производство включает в себя крупные объекты управления, технологически связанные в реальном времени (единый объект, имеющий единую систему управления). Такая система управления построена на базе нескольких контроллеров, регулируемых приводов, устройств визуализации, связанных между собой теми либо иными интерфейсами. Системы управления металлургического производства реализованы в основном на базе контроллеров фирмы «Сименс».

Метизное производство также имеет крупные объектные управления, аналогичные объектам металлургического производства, это линии гальваники и станы глубокого сверления. Все остальные, а их большинство, технологические установки как объекты управления являются небольшими и автономными. Система управления такими объектами построена на базе одного небольшого контроллера и одного или нескольких регулируемых приводов. Системы управления метизного производства построены на базе восьми типов различных контроллеров.

Существует и становится весьма актуальной еще одна область применения систем базовой автоматики – энергосбережение. Отделами главного электрика, главного энергетика и лабораторией технологической автоматизации и электропривода проделана работа по изучению этого направления. Должностная инструкция инженера-программиста приведена в приложении А.

Общезаводской и централизованной структурой является лаборатория технологической автоматизации и электропривода.

Помимо текущей эксплуатации и обслуживания, службам автоматизации завода решаются задачи, связанные с развитием систем управления, вызванным совершенствованием технологии или заменой выработавших свой ресурс и снятых с производства аппаратных средств [2].

1.3 Корпоративная политика и этнический кодекс

ОАО «БМЗ» – устойчиво развивающаяся и постоянно обновляющаяся организация, учитывающая изменения, тенденции и риски, связанные с внутренними и внешними факторами, такими как персонал, поставщики и потребители, которые влияют на способность достигать ожидаемых результатов.

Миссия – безопасное и высокотехнологичное производство металлопродукции (в том числе для автомобильной и нефтегазовой промышленности) для повышения доходности предприятия при соблюдении сохранности окружающей

среды и здоровья людей, обеспечения устойчивого развития предприятия, высокого уровня жизни работников завода и удовлетворение всех заинтересованных сторон.

Стратегическая цель – быть лучшим поставщиком металлопродукции (в том числе для автомобильной и нефтегазовой промышленности), удовлетворяющей потребности отечественных и зарубежных потребителей на всех освоенных сегментах рынка металлургической продукции за счет использования прогрессивных энергоэффективных и экологически безопасных технологий, рационального использования ресурсов и оптимальной организации процессов производства и управления.

Предприятие является экспортоориентированным и социально ответственным предприятием, осуществляющим свой бизнес на основе общепризнанных принципов и норм международного права, Глобального Договора ООН, стандартов и конвенций Международной организации труда, законодательства Республики Беларусь.

В области прав человека:

- поддерживает и уважает защиту провозглашенных на международном уровне прав человека;
- признает неприкосновенность прав человека (включая запрет на торговлю людьми) и принимает все необходимые меры для их обеспечения и защиты;
- поддерживает постоянный процесс эскалации с целью своевременного реагирования посредством систем «Прямая телефонная линия», «Одно окно», «Внимание человеку», «Прием по личным вопросам», «Электронная приемная генерального директора» и т.д.

В области охраны окружающей среды:

- соблюдает экологические нормы и требования и расширяет производственных объектов;
- содействует повышению экологической культуры персонала и воспитанию экологического сознания;
- разрабатывает и внедряет в производство ресурсосберегающие, малоотходные, экологически безопасные технологии.

Правила охраны труда приведены в приложении Б.

В области борьбы с коррупцией:

- противостоит всем формам коррупции, включая вымогательство и взяточничество.

Свои взаимоотношения с потребителями, поставщиками, государственными и общественными организациями и другими заинтересованными сторо-

нами предприятие строит на основе действующего законодательства, а также выработанных мировым сообществом правил поведения с учетом общечеловеческих ценностей.

Базовые этические принципы ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК»:

- доверие и уважение при ведении бизнеса, как основы конструктивного взаимодействия и поддержки для получения взаимной выгоды;
- стремление сторон, участвующих в бизнесе, к минимизации затрат и воздействия на окружающую среду, возникающих в процессе ведения совместного бизнеса, и избежанию конфликта интересов;
- честное и последовательное выполнение партнерами по бизнесу договорных обязательств, открытое и ответственное корпоративное управление;
- соблюдение конфиденциальности всей коммерческой и технической информации и данных о деятельности друг друга, полученных в процессе ведения бизнеса, неразглашение этой информации третьей стороне без согласия партнера по бизнесу;
- поддержание социальной стабильности, развития региона и его инфраструктуры, защита окружающей среды, своевременная выплата налогов и заработной платы;
- пунктуальность, четкое и своевременное исполнение принятых обязательств;
- рациональное использование собственного рабочего времени и уважительное отношение ко времени заинтересованных сторон;
- соответствие стиля одежды деловой сфере деятельности предприятия для поддержания имиджа организации и проявления уважения к партнерам и коллегам по работе [1].

2 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ АНАЛОГОВ И СРЕДСТВ РАЗРАБОТКИ ПРИЛОЖЕНИЯ «БИНАРНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ И ЛОКАЛИЗАЦИЯ СОСУДОВ ГОЛОВЫ ЧЕЛОВЕКА НА КТ»

2.1 Задача классификации и локализации сосудов головы.

Анализ предметной области

По статистике, сердечно-сосудистые заболевания на сегодняшний день являются одной из основных причин инвалидности и смерти жителей большинства современных развитых стран, причем на долю смертности от заболеваний сердечно-сосудистой системы в общем приходится до 60% от общего числа умерших.

Нередко для восстановления кровообращения в пораженных сосудах помимо медикаментозного лечения проводятся реконструктивные операции, и часто невозможно объективно оценить, какой тип оперативного вмешательства будет оптимальным для конкретного пациента, а также насколько близок будет кровоток в сосуде к нормальному после операции.

Целью работы является разработка и верификация программного обеспечения, решающее следующее:

- задача бинарной классификации наличия сосудов у основания головы на изображениях срезов компьютерной томографии;
- задача локализации сосудов головы.

Для этого следует поставить следующие задачи:

- обзор и анализ информации по предметной области распознавания и классификации сосудов головы;
- обзор современных технологий создания и использования нейронных сетей;
- разработка требования к приложению;
- разработка функциональную модель задачи распознавания и классификации моделей;
- разработка структуру и состав информационного обеспечения задачи, разработать модель нейронной сети, выполнить ее описание;
- верификация разработанного программного обеспечения.

Практическая ценность работы заключается в том, что программное средство «Бинарная классификация и локализация сосудов головы человека на КТ» может быть использовано для выбора наиболее удачного варианта реконструктивной операции.

Перспективной областью применения является изготовление моделей для предоперационного планирования. На первое место тут выходят травматология

и нейрохирургия. Стоит отметить, что изготовление прототипов для подготовки к операции не требует специальной сертификации.

Также, достаточно обширной областью представляется печать демонстрационных моделей для студентов, ординаторов и самих пациентов, так как наглядное представление гораздо облегчает общение с человеком, далеким от анатомии человека.

Предметной областью является анатомическая часть тела – голова. Исследуемая анатомическая структура – сосуды.

На сегодняшний день самые популярные и распространенные послойные исследования анатомических частей и структур организма человека – компьютерная томография и магнитно-резонансная томография (МРТ).

Компьютерная томография – метод, основанный на поглощении тканями рентгеновского излучения. Он хорошо дифференцирует ткани по плотности: воздух черный, мягкие ткани серые, кость черная.

Магнитно-резонансная томография – метод, основанный на резонансе атомов водорода. Хорошо различаются ткани с разной концентрацией соотношения воды, белков, жиров металлов.

Основные отличия КТ от МРТ: обе методики визуализируют патологии организма, но если МРТ дает информацию о состоянии мягких тканей, то КТ в большей степени применяется для оценки здоровья костей и других твердых тканей.

Однако для прохождения МРТ существуют противопоказания, при наличии которых, диагностика невозможна, в отличие от КТ:

- наличие различных электронных устройств и металлических имплантатов в исследуемых участках организма;
- лишний вес, который может не позволить пациенту поместиться внутри аппарата МРТ.

Так же рентгеновский компьютерный томограф для КТ-сканирования наиболее распространен в больницах и клиниках, в отличие от томографа для МРТ-сканирования. Такое распространение обусловлено ценой аппаратов сканирования.

Для КТ-снимков доступны различные виды серий изображений:

- аксиальный (разрез, идущий в поперечной плоскости тела, т. е. снизу-вверх вдоль оси тела);
- сагиттальный (разрез, идущий в плоскости двусторонней симметрии тела, т. е. справа-налево перпендикулярно оси тела);
- фронтальный (разрез, идущий вдоль переднезадней оси тела перпендикулярно оси тела).

2.2 Аналитический обзор аналогов

2.2.1 Веб-приложение «*e-Anatomy*» от компании «*IMAIOS*» – это атлас по анатомии человека предназначено для врачей, радиологов, студентов-медиков и рентгенологов. Приложение содержит более чем 375 тысяч точек, соответствующих более чем 5400 анатомическим частям.

Модули делятся на три анатомических области:

- голова и шея;
- грудная клетка;
- брюшная полость и таз;
- опорно-двигательный аппарат.

Модули содержат изображения, полученные пятью различными способами:

- компьютерная томография;
- магнитно-резонансная томография;
- рентгенограмма;
- анатомические схемы;
- изотопные изображения.

На рисунке 2.1 предоставлен экранный снимок приложения «*e-Anatomy*» анатомической области головы с использованием аксиальной серии изображений КТ. Была использована функция отображения анатомической структуры «Артерии».



Рисунок 2.1 – Экранный снимок приложения «*e-Anatomy*»

Преимущество приложения в том, что модули приложения содержат изображения нескольких анатомических областей, которые были получены при помощи различных способов. Информация предоставлена на сериях изображений (срезов). Доступны различные виды серий изображений: аксиальный, фронтальный, сагиттальный. Пользователю предоставлена информация в виде названия и локализации каждой анатомической структуры на изображении. есть мобильные приложения для операционных систем *Android* и *MAC*.

Недостаток приложения заключается в том, что приложение носит информативный характер. Медицинская информация в данном приложении приводится в качестве инструмента и справочного материала для использования лицензированными медицинскими специалистами и компетентными специалистами в области здравоохранения [3].

Вся классификация элементов на изображении была обозначена специалистом данной области. В рамках предметной области (сосуды головы человека на КТ) наличие сосудов и их обозначение на сериях снимков обозначены и подписаны медицинским специалистом данной области.

Пользователю доступны не все функции приложения. Для получения некоторых функций требуется регистрация в системе. Для получения большего количества функций предлагается платная подписка на пользование разным количеством функций.

2.2.2 «InVesalius» – это бесплатное медицинское программное обеспечение, предназначенное для создания виртуальных реконструкций структур человеческого тела. На основе двумерных изображений, полученных с помощью компьютерной томографии или оборудования для магнитно-резонансной томографии, программа создает виртуальные трехмерные модели, соответствующие анатомическим частям человеческого тела [4].

После построения трехмерных изображений *DICOM* программное обеспечение позволяет создавать файлы *STL* (стереолитографии). Эти файлы можно использовать для быстрого прототипирования.

Приложение «*InVesalius*» является интернационализированным, мультиплатформенным и предоставляет следующие инструменты:

- поддержка *DICOM*;
- средства манипулирования изображениями (масштабирование, панорамирование, вращение, яркость/контраст и т. д.);
- сегментация на основе *2D*-срезов;
- сегментация на основе водораздела;
- предварительно заданные пороговые диапазоны в соответствии с интересующей тканью;
- инструменты редактирования на основе *2D*-срезов;

- создание 3D-поверхности;
- инструменты 3D-подключения к поверхности;
- экспорт 3D-поверхности (включая: двоичные файлы и ASCII STL, OBJ, VRML, Inventor);
- высококачественная проекция объемного рендеринга;
- предустановленные предустановки объемного рендеринга;
- MIP, MinIP, MeanIP, MIDA, Contour MIP и Contour MIDA-проекции;
- обрезающая плоскость объемного рендеринга [5].

На рисунке 2.2 предоставлен экранный снимок приложения «*InVesalius*» головы с использованием всех серий изображений КТ.

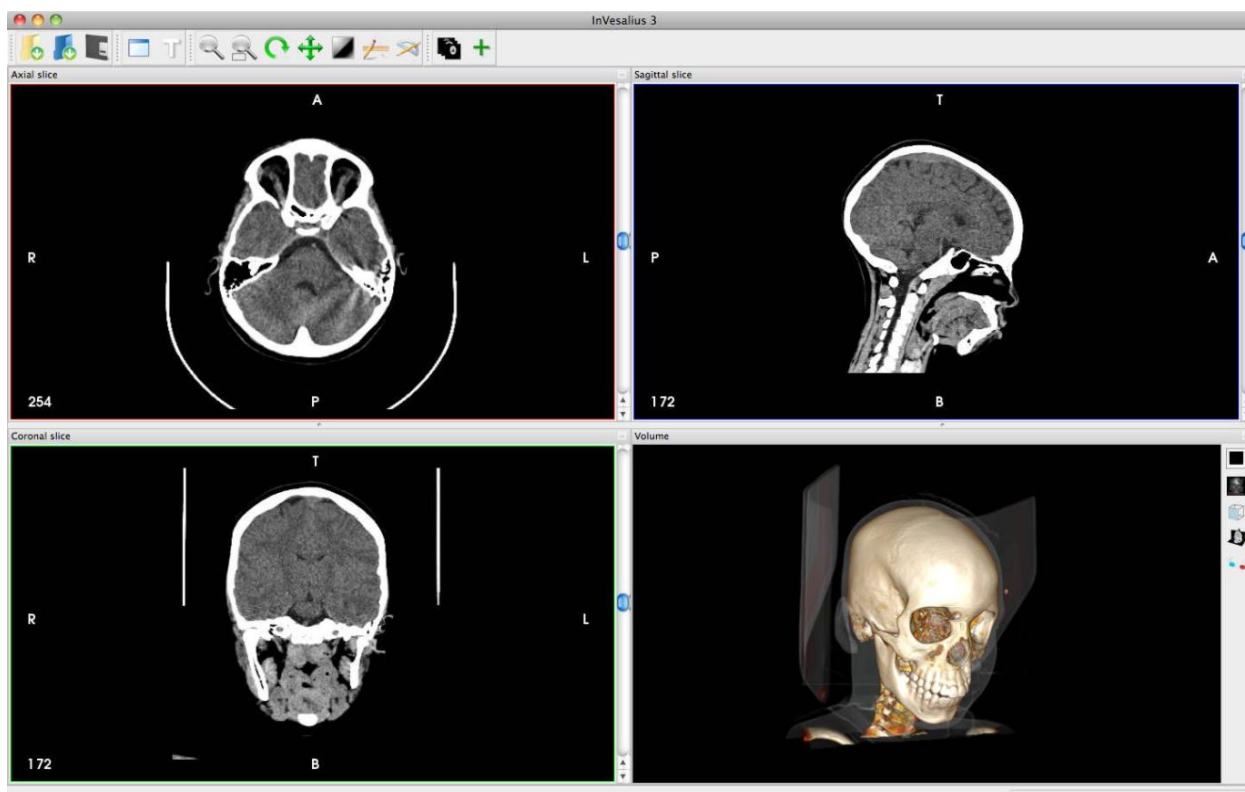


Рисунок 2.2 – Экранный снимок приложения «*InVesalius*»

Преимущество приложения «*InVesalius*» в том, что программа создает виртуальные трехмерные модели, соответствующие анатомическим частям человеческого тела, на основе данных КТ и МРТ файлов. Доступны различные виды серий изображений: аксиальный, фронтальный, сагиттальный. А также представление модели в 3D.

Недостатком приложения является то, что при использовании приложения «*InVesalius*», не будут видны опухоли, сосуды и паренхиматозные органы. Приложение использует диапазон плотности в пару сотен единиц Хаусфилда (HU), а у всех органов разница 15 – 30 HU. Исключение составит только контрастное

исследование сосудов, и то только в том случае, когда правильно подобрано время прохождения контраста, иначе разница с мягкими тканями будет минимальна.

Приложение «Классификация и локализация сосудов головы человека на КТ» в отличие от своих аналогов будет обладать особенностью: классификация и локализация сосудов будет проводиться с помощью нейронной сети. Альтернативная

2.3 Обзор технологий для реализации по

2.3.1 Искусственные нейронные сети – это вычислительные системы, основанные на принципах биологических нейронных сетей, составляющих мозг животных. Такие системы учатся (постепенно улучшают свои способности) выполнять задачи, как правило, без программирования для решения конкретных задач.

Глубокая нейронная сеть – это искусственная нейронная сеть с несколькими слоями между входным и выходным слоями.

Схема глубокой нейронной сети с N скрытых слоев приведена на рисунке 2.3.

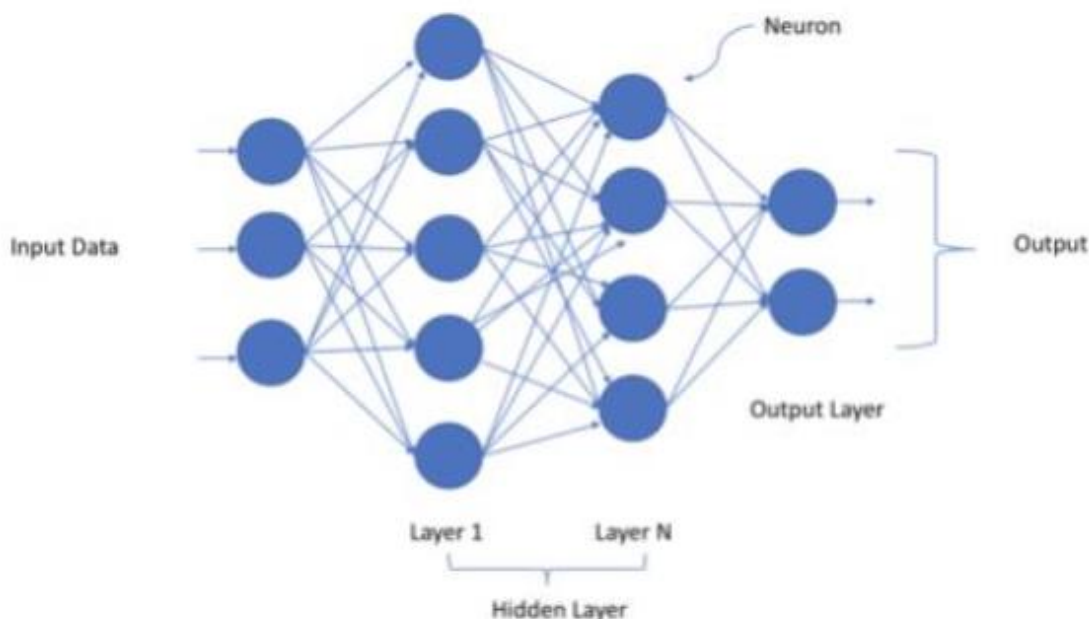


Рисунок 2.3 – Глубокая нейросеть с N скрытых слоев

Для задачи классификации чаще всего используются свёрточные и рекуррентные нейронные сети.

Рекуррентные нейронные сети – вид нейронных сетей, имеющую одну или несколько обратных связей. Обратные связи могут быть локального и глобального типов [6, с. 919].

Вычисления в большинстве типовых рекуррентных сетей можно разложить на три блока параметров и соответствующих им преобразования:

- преобразование входа в скрытое состояние;
- преобразование от предыдущего скрытого состояния в следующее скрытое состояние;
- преобразование скрытого состояния в выход.

Рекуррентная сеть, имеющая рекуррентные зависимости между элементами скрытого слоя, читает входную последовательность данных и обеспечивает единственный выходной сигнал. Выходному элементу требуется полная информация о прошлом, чтобы предсказать будущее [7, с 11].

Применение обратных связей позволяет использовать описание нейронных сетей в виде множества состояний, что делает их удобными устройствами в следующих областях:

- нелинейное прогнозирование и моделирование;
- адаптивное выравнивание каналов связи;
- обработка речевых сигналов;
- управление предприятием;
- диагностика автомобильных двигателей [6, с. 919].

Схема рекуррентной нейронной сети приведена на рисунке 2.4.

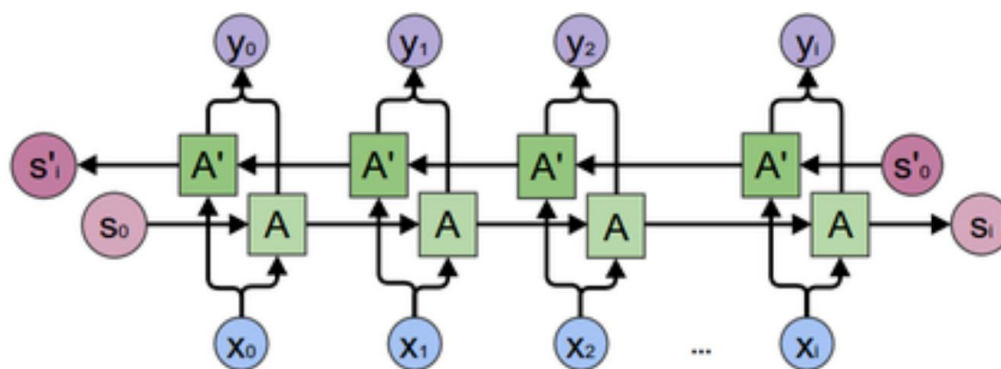


Рисунок 2.3 – Рекуррентная нейронная сеть

Сверточная нейронная сеть – специальная архитектура нейронных сетей, использующая свертку. Выходы промежуточных слоев образуют матрицу или набор матриц.

Сверточная нейронная сеть состоит из разных видов слоев: сверточные (convolutional) слои, субдискретизирующие (subsampling, подвыборка) слои и слои «обычной» нейронной сети – персептрона.

Входной слой учитывает двумерную топологию изображений и состоит из нескольких карт (матриц), карта может быть одна, в том случае, если изображение представлено в оттенках серого, иначе их 3, где каждая карта соответствует изображению с конкретным каналом (красным, синим и зеленым).

Сверточный слой представляет из себя набор карт (карты признаков, обычные матрицы), у каждой карты есть синаптическое ядро (сканирующее ядро или фильтр).

Подвыборочный слой также, как и сверточный имеет карты, но их количество совпадает с предыдущим (сверточным) слоем, их 6. Цель слоя – уменьшение размерности карт предыдущего слоя. Если на предыдущей операции свертки уже были выявлены некоторые признаки, то для дальнейшей обработки настолько подробное изображение уже не нужно, и оно уплотняется до менее подробного. К тому же фильтрация уже ненужных деталей помогает не переобучаться.

Последний из типов слоев это слой обычного многослойного персептрона. Цель слоя – классификация, моделирует сложную нелинейную функцию, оптимизируя которую, улучшается качество распознавания.

Выходной слой связан со всеми нейронами предыдущего слоя. Количество нейронов соответствует количеству распознаваемых классов.

Для уменьшения количества связей и вычислений для бинарного случая можно использовать один нейрон. Выход нейрона со значением «-1» означает принадлежность к одному классу, выход нейрона со значением «1» – означает принадлежность к другому классу.

Пример схемы сверточной нейронной сети приведена на рисунке 2.5.

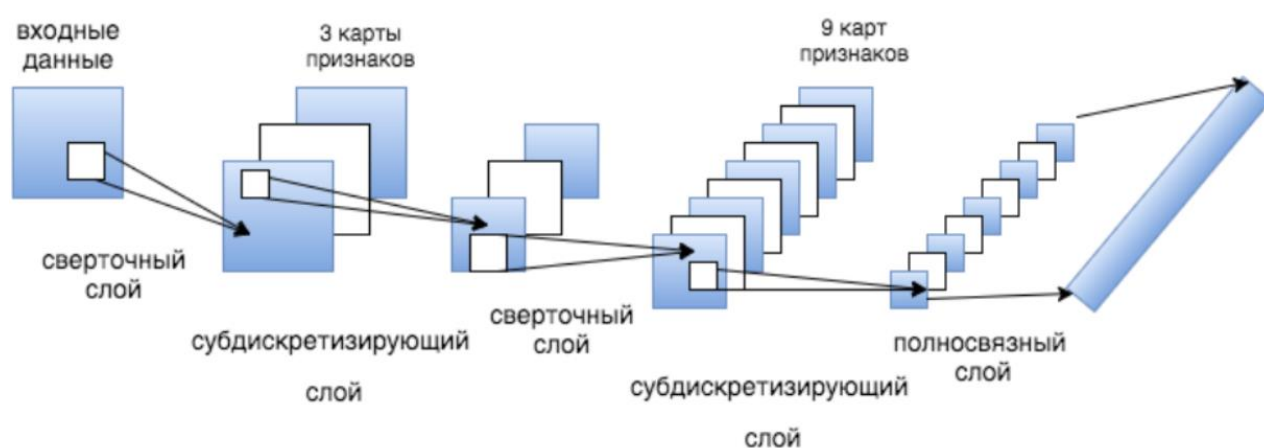


Рисунок 2.3 – Сверточная нейросеть

Разница между сверточной и рекуррентной нейронными сетями заключается в следующем:

а) сверточная нейронная сеть:

1) принимает входы фиксированного размера и генерирует выходы фиксированного размера;

2) сверточная нейронная сеть – это тип обратной связи искусственной нейронной сети – это вариации многослойных персептронов, которые предназначены для использования минимальных объемов предварительной обработки;

3) использует паттерн связности между своими нейронами и вдохновляется организацией зрительной коры животных, чьи отдельные нейроны расположены таким образом, что они реагируют на перекрывающиеся области, покрывающие поле зрения;

4) в сети обычно используется квадратное скользящее окно $2D$ вдоль оси и свертка (с исходным входным изображением $2D$) для идентификации паттернов;

5) идеально подходят для обработки изображений и видео;

б) рекуррентная нейронная сеть:

1) может обрабатывать произвольные длины ввода-вывода.

2) в отличие от прямых нейронных сетей – могут использовать свою внутреннюю память для обработки произвольных последовательностей входных данных.

3) использует информацию временных рядов, то есть то, что я говорил последним, повлияет на то, что я буду говорить дальше.

4) в сети используется ранее вычисленная память (нейронная сеть *LSTM* (длительная кратковременная память), которая является особым видом рекуррентных нейронных сетей);

5) идеально подходит для анализа текста и речи [8].

На данный момент сверточная нейронная сеть и ее модификации считаются лучшими по точности и скорости алгоритмами нахождения объектов на сцене. Начиная с 2012 года, нейросети занимают первые места на известном международном конкурсе по распознаванию образов *ImageNet* [9].

2.3.2 Для работы с нейронными сетями в основном используется язык программирования *Python*. Самое главное преимущество перед другими языками является предельно простое взаимодействие между кодом на *Python* и кодом на *C/C++*.

TensorFlow – является одной из лучших открытых библиотек для машинного обучения, разработанная компанией *Google* для решения задач построения и тренировки нейронной сети с целью автоматического нахождения и классификации образов, достигая качества человеческого восприятия. Применяется как для исследований, так и для разработки собственных продуктов *Google*. *DeepMind*, *Uber*, *AirBnB* или *Dropbox* выбрали этот фреймворк для своих нужд.

Основной *API* для работы с библиотекой реализован для *Python*, также существуют реализации для *R*, *C#*, *C++*, *Haskell*, *Java*, *Go* и *Swift*.

Существует множество плюсов библиотеки *TensorFlow*:

- для библиотеки написано большое количество руководств и документации;
- библиотека предлагает мощные средства мониторинга процесса обучения моделей и визуализации (*Tensorboard*);
- поддерживается большим сообществом разработчиков и техническими компаниями;
- обеспечивает обслуживание моделей;
- поддерживает распределенное обучение;
- *TensorFlow Lite* обеспечивает вывод на мобильные устройства с низкой задержкой [10].

Недостатком является то, что библиотека *Tensorflow* достаточно низкоуровневая и требует много шаблонного кода, так же требуется более высокий входной порог знаний для начинающих. Режим «определить и запустить» для *Tensorflow* значительно усложняет процесс дебага.

PyTorch является преемником *Python* для библиотеки *Torch* и большим конкурентом *TensorFlow*. Он был разработан *Facebook* и использовался *Twitter*, *Salesforce*, Оксфордским Университетом и многими другими компаниями.

PyTorch используется в основном, чтобы обучать модели быстро и эффективно, поэтому это выбор большого количества разработчиков.

У него есть множество важных преимуществ:

- благодаря архитектуре фреймворка, процесс создания модели достаточно прост и прозрачен;
- фреймворк поддерживает популярные инструменты для дебага, такие как *pdb*, *ipdb* или дебаггер *PyCharm*;
- поддерживает декларативный параллелизм данных;
- имеет много предварительно обученных моделей и готовых модульных частей, которые легко комбинировать;

У этого фреймворка и несколько неоспоримых минусов:

- недостаточная поддержка моделей;
- недостает интерфейсов для мониторинга и визуализации, как *TensorBoard* – однако он имеет внешнее подключение к *Tensorboard*.

Keras – это *API*-интерфейс высокого уровня, который стоит поверх других фреймворков *Deep Learning*. Он представляет собой надстройку над фреймворками *TensorFlow* и *Theano*. Нацелен на оперативную работу с сетями глубинного обучения, при этом спроектирован так, чтобы быть компактным, модульным и расширяемым.

Библиотека *Keras* содержит многочисленные реализации широко применяемых строительных блоков нейронных сетей, таких как слои, целевые и передаточные функции, оптимизаторы, и множество инструментов для упрощения работы с изображениями и текстом.

Этот фреймворк хорош в кейсах для перевода, распознавании изображений, речи и т.п.

Преимущества библиотеки *Keras*:

- прототипирование действительно быстрое и простое;
- достаточно маловесный для построения моделей глубокого обучения для множества слоев;
- имеет полностью конфигурируемые модули;
- имеет простой и интуитивно-понятный интерфейс, соответственно, хорош для новичков;
- имеет встроенную поддержку для обучения на нескольких *GPU*;
- может быть настроен в качестве оценщиков для *TensorFlow* и обучен на кластерах *GPU* на платформе *Google Cloud*;
- поддерживает *GPU* от *NVIDIA*, *TPU* от *Google*, *GPU* с *Open-CL*, такие как *AmMD*.

Так же библиотека имеет несколько несущественных недостатков:

- может оказаться слишком высокоуровневым и не всегда легко кастомизируется;
- требуется наличие фреймворков *Tensorflow*, *CNTK* и *Theano*.

Для решения задачи классификации создание и обучение нейронной сети целесообразно использовать *API*-интерфейс *Keras* в составе фреймворка *TensorFlow*.

2.4 Требования к приложению

Приложение «Бинарная классификация и локализация сосудов на срезах КТ» должно представлять собой настольное приложение, выполняющее анализ изображения медицинского среза компьютерной томографии головы человека.

Классификация сосудов основания черепа

Программный комплекс должен обладать следующим функционалом:

- загрузка пользовательского изображения, предназначенного для анализа;
- анализ изображения на наличие сосудов;
- вывод результата анализа пользователю;
- возможность перезагрузить пользовательское изображения для последующего анализа.

Нейронная сеть должна выполнять следующую функцию:

- бинарная классификация среза КТ.

Результатом работы программы должна быть информация, сообщающая информацию согласно классификатору, а также информация о локализации сосудов головы человека.

3 СТРУКТУРА ПРИЛОЖЕНИЯ «БИНАРНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ АРТЕРИЙ ОСНОВАНИЯ ЧЕРЕПА НА КТ СРЕЗАХ»

3.1 Модель предметной области

Для классификации наличия крупных сосудов основания черепа человека следует требуется изображения КТ срезов, которые будут отображать наличие или отсутствия крупных сосудов.

Изображение – двумерная матрица пикселей. С каждым пикселем связано одно значение пикселя, указывающее яркость или темноту этого пикселя, причем более высокие числа означают более темный. Это значение пикселя представляет собой целое число от 0 до 255.

Так же каждый пиксель состоит из трех цветных субпикселей: красного, зеленого и синего. Комбинируя эти три базовых цвета и меняя их яркость относительно друг друга, можно получить любой цвет пикселя. Субпиксель так же имеет значение яркости в диапазоне от нуля до 255.

Изображение КТ среза в большинстве случаев имеет 512 пикселей в высоту и 512 пикселей в ширину и растровый графический формат «*jpg*». Следовательно, удобно использовать данный размер и формат изображений для всей выборки данных.

На рисунке 3.1 предоставлен пример наличия крупных сосудов на изображении среза КТ основания черепа головы человека.



Рисунок 3.1 – Изображение с наличием сосудов основания черепа головы

На рисунке 3.2 предоставлен пример отсутствия крупных сосудов на изображении среза КТ основания черепа головы человека.

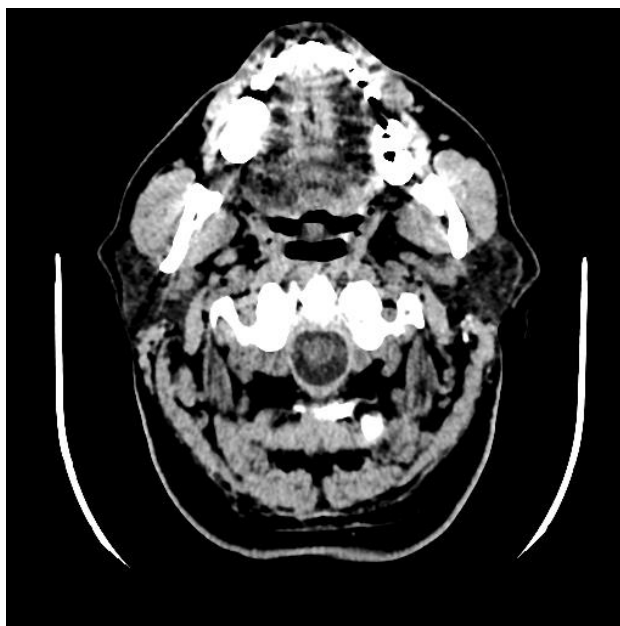


Рисунок 3.2 – Изображение с отсутствием сосудов основания черепа головы

Для выборки следует отобрать равное количество изображений с наличием и отсутствием сосудов.

3.2 Структура и реализация программного обеспечения

Для классификации наличия крупных сосудов на изображениях срезов КТ основания черепа человека следует спроектировать модель нейронной сети.

Так как входное изображение является трехканальным и имеет размеры 512 пикселей на 512 пикселей, то входной слой свёрточной нейронной сети должен иметь размерность выходного пространства $3 \times 512 \times 512$. Количеством выходных фильтров – 32. Для объединения двумерных пространственных данных используется окно 2×2 .

Следующий слой – $2D$ свёрточный слой с количеством выходных фильтров равным 64 и максимальным значением окна 3×3 . Для объединения двумерных пространственных данных используется окно 2×2 .

Следующий два слоя – $2D$ свёрточные слои с количеством выходных фильтров равным 128 и максимальным значением окна 3×3 . Для объединения двумерных пространственных данных используется окно 2×2 .

Полносвязный слой – слой с размерностью выходного пространства 512.

В качестве функции активации предыдущих слоев следует использовать функцию *Rectified Linear Unit*.

Выходной слой имеет размерность равную единице, так как стоит задача бинарной классификации. В качестве функции активации – сигмоидная функция.

На рисунке 3.3 представлена структура модели сверточной нейронной сети для бинарной классификации.

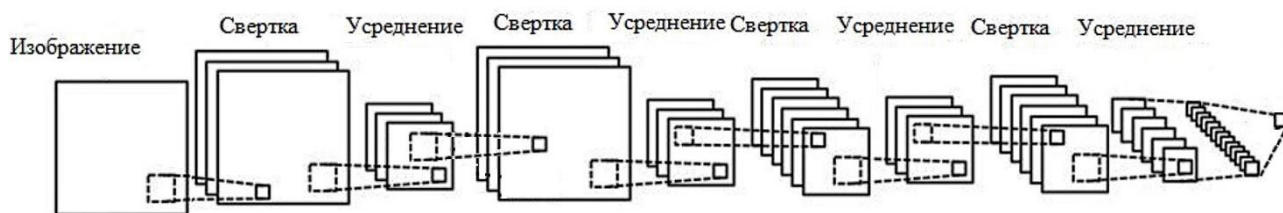


Рисунок 3.3 – Структура модели сверточной нейронной сети

Для создания модели нейронной сети, согласно структуре, следует использовать модули *layers* и *models* библиотеки *keras*.

Для создания последовательно модели существует класс *Sequential* модуля *tf.keras.models*. Конструктор *Sequential* принимает аргумент *name* (имя модели).

Для добавления экземпляра слоя существует метод *add* с аргументом экземпляра слоя – *layer*.

Для создания 2D свёрточного слоя существует класс *Conv2D* модуля *tf.keras.layers*. При использовании этого слоя в качестве первого слоя в модели следует указать аргумент *input_shape* (кортеж целых чисел, не включает ось выборки).

Аргументы конструктора *Conv2D*:

- *filters* – размерность выходного пространства (т. е. количество выходных фильтров в свертке);

- *kernel_size* – целое число или кортеж, список из двух целых чисел, определяющих высоту и ширину окна двумерной свертки;

- *activation* – функция активации.

Для объединения двумерных пространственных данных существует класс *MaxPooling2D* модуля *tf.keras.layers*. Предназначен для уменьшения выборки входного представления, принимая максимальное значение в окне. Аргумент *pool_size* – размер окна, превышающий максимальное значение.

Для развертки модели в одномерный массив существует класс *Flatten* модуля *tf.keras.layers*.

Для создания полносвязного слоя нейронной сети существует класс *Dense*. Аргументы конструктора класса *Dense*:

- размерность выходного пространства;

- *activation* – функция активации.

Для настройки модели имеется метод *compile* для модели нейронной сети. Метод *compile* имеет следующие параметры:

- *loss* – целевая функция;

- *optimizer* – оптимизатор;

– *metrics* – список показателей, которые должна оценивать модель во время обучения и тестирования.

Для обучения нейронной сети есть метод *fit* для модели нейронной сети. Метод *fit* имеет следующие входные параметры:

- входные данные;
- *epochs* – количество эпох для обучения модели;
- *validation_data* – данные, по которым оцениваются потери, и любые метрики модели в конце каждой эпохи.

Входными данными для метода *fit* могут выступать:

- массив *Numpy* (или подобный массиву) или список массивов;
- тензор *TensorFlow* или список тензоров;
- набор *tf.data* данных;
- генератор или *keras.utils.Sequence*.

Для создания генератора пакетов данных, предназначенного для обучения нейронной сети, существует класс *ImageDataGenerator* модуля *keras.preprocessing.image*. Конструктор класса принимает аргумент *rescale* (коэффициент масштабирования).

Для создания генератора существует метод *flow_from_directory* экземпляра класса *ImageDataGenerator*, который имеет следующие входные параметры:

- *directory* – путь к каталогу для чтения изображений;
- *labels* – либо «предполагаемый» (метки генерируются из структуры каталогов), либо список / кортеж целочисленных меток того же размера, что и количество файлов изображений, найденных в каталоге;
- *target_size* – размеры, до которых будут изменены все найденные изображения;
- *batch_size* – размер пакетов данных;
- *image_size* – размер для изменения размера исходных изображений после их чтения;
- *shuffle* – значение для перемешивания данных;
- *class_mode* – тип меток для классов.

Метод *flow_from_directory* возвращает объект *tf.data.Dataset*.

Для сохранения модели нейронной сети следует использовать метод *save* модели нейронной сети, в качестве аргумента выступает параметр названия модели в формате «*h5*».

Для загрузки обученной модели нейронной сети существует класс *load_model* модуля *keras.models*. Аргументом конструктора класса является название модели.

Для создания прогноза класса существует метод *predict_classes*, входным параметром которого является пакет данных. Метод возвращает массив предсказаний классов.

3.3 Верификация и анализ программного обеспечения

В процессе создания неронной сети была получена модель нейронной сети, состоящая:

- на первом слое количество параметров нейронной – 896;
- на следующем слое количество параметров нейронной сети – 18 496;
- на следующем слое количество параметров нейронной сети – 73 856;
- на следующем слое количество параметров нейронной сети – 147 584;
- на слое после развертки сети количество параметров нейронной сети составляет 58 982 912.

Количество параметров всей модели свёрточной модели нейронной сети составляет 59 224 257.

На рисунках 3.4 и 3.5 предоставлены графики изменения точности и потерь по эпохам на этапах обучения и валидации сети.

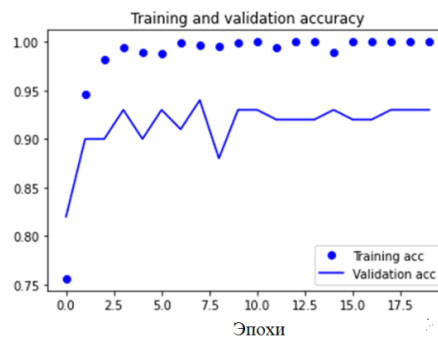


Рисунок 3.4 – Графики изменения точности и потерь по эпохам

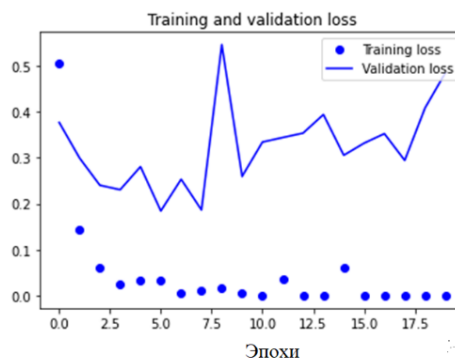


Рисунок 3.4 – Графики изменения точности и потерь по эпохам

На этапе обучения точность модели приближается к единице.

На этапе валидации точность модели приближается к среднему значению – 0,9, а точность потерь стремится к нулю.

Максимальная точность валидации – 0.9399. Минимальная точность валидации – 0.8199.

На этапе обучения потери приближается к единице.

Для тестирования обученной модели нейронной сети, следует использовать тестовое изображение среза КТ основания черепа человека, не участвующее на этапах обучения и валидации нейронной сети.

Тестовая выборка содержит 100 изображений КТ срезов с наличием и отсутствием сосудов основания черпа головы человека.

Для получения наглядного результата бинарной классификации разработан код для генерации случайного изображения из тестовой выборки, а также последующее создание пакета данных из сгенерированного изображения. Весь программный код приведён в приложении В.

Результатом является следующая информация:

- отображение случайно выбранного изображения среза КТ из тестового набора данных;
- результат классификации в текстовом виде (*«Yes vessels in the image»* – есть сосуды на изображении и *«No vessels in the image»* – сосуды на изображении отсутствуют).

Результат классификации наличия крупных сосудов на изображениях срезов КТ предоставлен на рисунке 3.5.

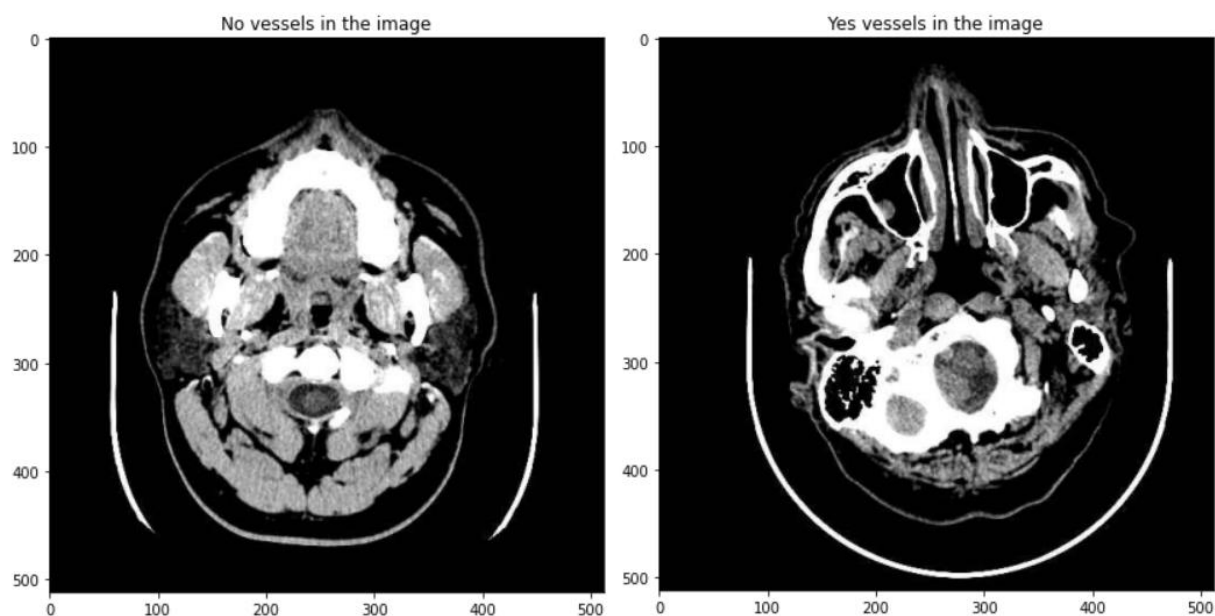


Рисунок 3.5 – Результат классификации изображений КТ срезов

Из рисунка 3.5 можно сделать вывод, что на первом изображении сосудов нет и нейронная сеть выдала верный результат. На втором изображении также нейронная сеть выдала верный результат – наличие сосудов на изображении.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках прохождения преддипломной практики были получены основные сведения о структуре предприятия. Было разработано приложение «Бинарная классификация артерий основания черепа на КТ» с использованием нейронной сети и изображений компьютерной томографии головы человека.

Актуальность прохождения данной практики заключается в закреплении и усовершенствовании навыков по профессии инженер-программист.

Итогом преддипломной практики стало приложение, осуществляющее классификацию наличия или отсутствия сосудов основания черепа головы человека на изображениях срезов компьютерной томографии.

Вначале был проведён анализ предметной области, затем была проведена подготовка данных для нейронной сети, также была разработана модель нейронной сети, которая в последующем была обучена и проанализирована.

По результатам тестирования обученной свёрточной нейронной сети сделан вывод: нейронная сеть верно классифицирует изображения по двум классам.

Преддипломная практика дает возможность глубже изучить структуру предприятия, условия труда, а также требования, предъявляемые к сотрудникам. Освоить на практике теоретические знания, полученные в ходе обучения в университете.

Список использованных источников

1. Белорусский металлургический завод. – Электрон. данные. – Режим доступа: <https://belsteel.com/index.php/>. – Дата доступа: 9.04.2021.
2. Байдалов Е.А. Автоматизация технологических процессов на РУП «БМЗ» / Байдалов А.Ю // Литье и металлургия. – 2004. – №3. – С. 188–190.
3. IMAO e-Anatomy – атлас анатомии человека. – Электрон. данные. – Режим доступа: <https://apps.apple.com/ru/app/imaio-e-anatomy/id334876403>. – Дата доступа: 15.04.2021.
4. Центр информационных технологий Ренато Арчера. InVesalius 3. – Электрон. данные. – Режим доступа: <https://www.cti.gov.br/pt-br/invesalius>. – Дата доступа: 15.04.2021.
5. InVesalius 3. – Электрон. данные. – Режим доступа: <https://8d9.ru/program/invesalius-3>. – Дата доступа: 15.04.2021.
6. Хайкин, С. Нейронные сети. Полный курс / Саймон Хайкин. – М. : Вильямс, 2018. – 1104 с.
7. Кустикова, В. Рекуррентные нейронные сети / В. Кустикова. – Нижний Новгород : ННГУ, 2018. – 68 с.
8. В чем разница между сверточными и рекуррентными нейронными сетями? – Электрон. данные. – Режим доступа: <https://coderoad.ru/20923574/>. – Дата доступа: 23.04.2021.
9. Сверточная нейронная сеть. – Электрон. данные. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/348000/>. – Дата доступа: 24.04.2021.
10. Сравнение фреймворков для глубокого обучения. – Электрон. данные. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/company/otus/blog/443874/>. – Дата доступа: 25.04.2021.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

Должностная инструкция инженера-программиста

Общие положения:

Инженер-программист относится к категории специалистов, принимается на работу и увольняется с работы приказом директора предприятия;

На должность инженера-программиста назначается лицо, имеющее высшее техническое или инженерно-экономическое образование без предъявления требований к стажу работы или среднее специальное образование и стаж работы в должности техника I категории не менее 3 лет либо на других должностях, замещаемых специалистами со средним специальным образованием, не менее 5 лет.

На должность инженера-программиста II категории назначается лицо, имеющее высшее техническое или инженерно-экономическое образование и стаж работы в должности инженера-программиста или на других инженерно-технических должностях, замещаемых специалистами с высшим образованием, не менее 3 лет.

На должность инженера-программиста I категории назначается лицо, имеющее высшее техническое или инженерно-экономическое образование и стаж работы в должности инженера-программиста II категории не менее 3 лет.

В своей деятельности инженер-программист руководствуется:

- 1) нормативными документами по вопросам выполняемой работы;
- 2) методическими материалами, касающимися соответствующих вопросов;
- 3) уставом предприятия;
- 4) правилами трудового распорядка;
- 5) приказами и распоряжениями директора предприятия (непосредственного руководителя);
- 6) настоящей должностной инструкцией;

Инженер-программист должен знать:

- 1) постановления, распоряжения, приказы и другие руководящие и нормативные документы, касающиеся методов программирования и использования вычислительной техники при обработке информации;
- 2) технико-эксплуатационные характеристики, конструктивные особенности, назначение и режимы работы оборудования, правила его технической эксплуатации;
- 3) технологию механизированной обработки информации;
- 4) виды технических носителей информации;

- 5) методы классификации и кодирования информации;
- 6) формализованные языки программирования;
- 7) действующие стандарты, системы счислений, шифров и кодов;
- 8) методы программирования;
- 9) порядок оформления технической документации;
- 10) передовой отечественный и зарубежный опыт программирования и использования вычислительной техники;
- 11) основы экономики, организации труда и организации производства;
- 12) правила и нормы охраны труда, техники безопасности, производственной санитарии и противопожарной защиты;

Во время отсутствия инженера-программиста его обязанности выполняет в установленном порядке назначаемый заместитель, несущий полную ответственность за надлежащее исполнение возложенных на него обязанностей.

На инженера-программиста возлагаются следующие функции:

- разработка программ, направленных на решение экономических и иных задач;
- отладка программ;
- сопровождение внедренных программ и программных средств;
- участие в разработке форм документов, подлежащих машинной обработке.

Для выполнения возложенных на него функций инженер-программист обязан:

- на основе анализа математических моделей и алгоритмов разрабатывать программы, реализующие решение экономических и других задач;
- разрабатывать технологию, этапы и последовательность решения;
- осуществлять выбор языка программирования и перевод на него используемых моделей и алгоритмов задач;
- определять информацию, подлежащую обработке на электронной вычислительной машине, ее объемы, структуру, макеты и схемы ввода, обработки, хранения и выдачи информации, методы ее контроля;
- определять объем и содержание данных тестовых примеров, обеспечивающих наиболее полную проверку соответствия программ их функциональному назначению;
- выполнять работу по подготовке программ к отладке и проводить отладку;
- разрабатывать инструкции по работе с программами, оформлять необходимую техническую документацию;
- определять возможность использования готовых программных средств;
- осуществлять сопровождение внедренных программ и программных средств;

- проводить камеральную проверку программ на основе логического анализа;
- определять совокупность данных, обеспечивающих решение максимального числа условий, включенных в программу, выполнять работу по ее подготовке к отладке;
- проводить отладку разработанных программ, корректировать их в процессе доработки;
- разрабатывать и внедрять методы автоматизации программирования, типовые и стандартные программы, программирующие программы, трансляторы, входные алгоритмические языки;
- выполнять работу по унификации и типизации вычислительных процессов;
- принимать участие в создании каталогов и картотек стандартных программ, в разработке форм документов, подлежащих машинной обработке, в проектных работах по расширению области применения вычислительной техники.

Инженер-программист имеет право:

- знакомиться с проектами решений руководства предприятия, касающимися его деятельности;
- получать от руководителей структурных подразделений, специалистов информацию и документы, необходимые для выполнения своих должностных обязанностей;
- привлекать специалистов всех структурных подразделений предприятия для решения возложенных на него обязанностей (если это предусмотрено положениями о структурных подразделениях, если нет – с разрешения руководителя предприятия);
- требовать от руководства предприятия оказания содействия в исполнении своих должностных обязанностей и прав.

Инженер-программист несет ответственность:

- за неисполнение (ненадлежащее исполнение) своих должностных обязанностей, предусмотренных настоящей должностной инструкцией, в пределах, определенных действующим трудовым законодательством Республики Беларусь;
- за совершенные в процессе осуществления своей деятельности правонарушения – в пределах, определенных действующим административным, уголовным и гражданским законодательством Республики Беларусь;
- за причинение материального ущерба – в пределах, определенных действующим трудовым, уголовным и гражданским законодательством Республики Беларусь.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(обязательное)

Охрана труда

Охрана труда – это система обеспечения безопасности жизни и здоровья, работающих в процессе трудовой деятельности, включающая правовые, социально-экономические, организационные, технические, психофизиологические, санитарно-гигиенические, реабилитационные и иные мероприятия и средства.

Основными принципами государственной политики в области охраны труда являются:

- приоритет жизни и здоровья работников по отношению к результатам производственной деятельности;
- обеспечение гарантий права работников на охрану труда;
- установление обязанностей всех субъектов правоотношений в области охраны труда, полной ответственности работодателей за обеспечение здоровых и безопасных условий труда;
- совершенствование правоотношений и управления в этой сфере, включая внедрение экономического механизма обеспечения охраны труда.

Основными направлениями государственной политики в области охраны труда являются:

- приоритет сохранения жизни и здоровья работающих;
- ответственность работодателя за создание здоровых и безопасных условий труда;
- комплексное решение задач охраны труда на основе республиканских, отраслевых и территориальных целевых программ по улучшению условий и охраны труда с учетом направлений экономической и социальной политики, достижений в области науки и техники;
- социальная защита работающих, возмещение вреда лицам, потерпевшим при несчастных случаях на производстве и (или) получившим профессиональные заболевания;
- установление единых требований по охране труда для всех работодателей; использование экономических методов управления охраной труда, участие государства в финансировании мероприятий по улучшению условий и охраны труда;
- информирование граждан, обучение работающих по вопросам охраны труда;
- взаимодействие республиканских органов государственного управления и иных государственных организаций, подчиненных Правительству Республики Беларусь, местных исполнительных и распорядительных органов, органов, уполномоченных на осуществление контроля (надзора), профессиональных союзов, работодателей;
- сотрудничество между работодателями и работающими.
- использование международного опыта организации работы по улучшению условий и повышению безопасности труда.

ИТ-специалисты, также могут быть подвержены определённому риску, поэтому, они должны изучить правила охраны труда либо в учебном центре, либо в рамках самой организации. Кроме того, ИТ-специалисты имеют свою группу по электробезопасности:

- группа I – неэлектротехническому персоналу (тем, кто напрямую не связан с электроустановками, но имеют риск поражения электрическим током);
- II и выше – электротехническому и электротехнологическому персоналу (тем, кто непосредственно занят эксплуатацией или наладкой электрооборудования).

Чтобы присвоить работникам группу I по электробезопасности, не нужно их специально обучать – достаточно инструктажа. Провести его должен ответственный за электрохозяйство компании сотрудник с группой по электробезопасности не ниже III. Инструктаж должен повторяться не реже одного раза в год.

Закон обязывает работодателя направлять на предварительный и периодические медосмотры сотрудников, которые проводят за компьютером более 50 процентов рабочего времени. Труд ИТ-специалистов почти непрерывно связан с компьютером. Таким образом, медосмотры им нужны.

Микроклимат офисных помещений должен соответствовать нормам Сан-Пин 2.2.4.548-96. Если работа за компьютером является вспомогательной, то температура воздуха должна быть допустимой (20 – 21,9 °C), если работа является основной – то оптимальной (22 – 24 °C).

В офисе нужно провести замеры температуры сертифицированным прибором. Если она меньше оптимальной или допустимой, необходимо сообщить об этом руководству и потребовать привести условия труда в норму.

Важно создать сбалансированный режим труда и отдыха, предварительно проанализировав загрузку ИТ-специалистов. Сотрудники, работающие за компьютером, должны делать регулярные перерывы. Помещение, оборудованное компьютерами, нужно проветривать каждый час, а специалистам рекомендуется чередовать работу за компьютером и без него. Если такой возможности нет, лучше делать 10 – 15-минутные перерывы через каждые 45–60 минут работы.

Как правило, ИТ-специалисты трудятся по пятидневной рабочей неделе с двумя выходными днями. Но если производство непрерывное, такие сотрудники могут трудиться и посменно. В таком случае о графике работы сотрудников оповещают не менее, чем за месяц. Если специалиста нужно привлечь к работе не по графику (например, до начала смены или после, в выходные дни), должен соблюдаться порядок, установленный Трудовым кодексом.

ИТ-специалистам порой приходится сталкиваться с ситуациями, когда требуется задерживаются в офисе в период сдачи срочного проекта. В этом случае нужно оформить переработку и оплатить ее.

Работа будет сверхурочной, только если сотрудник выполняет ее по инициативе руководителя по окончании трудового дня (смены) или сверх нормального числа рабочих часов за учетный период. Переработку компенсируют за:

- первые два часа работы – не менее чем в полуторном размере;
- последующие часы – не менее чем в двойном размере.

По желанию работника денежную компенсацию можно заменить дополнительным отдыхом продолжительностью не менее отработанного времени.

Чтобы привлечь сотрудника к работе в выходной или праздничный день, нужно оформить следующие документы:

- уведомление о работе в нерабочий праздничный день (с обязательным указанием на право сотрудника отказаться от такой работы);
- приказ о привлечении к работе в нерабочий праздничный день и предоставлении дополнительных дней отдыха за работу в нерабочий праздничный день;
- заявление работника о предоставлении другого дня для отдыха.

Трудовой режим работника должен быть четко прописан в его трудовом договоре, должностной инструкции и локальных нормативных актах организации (например, в Правилах трудового распорядка). За их нарушения к работнику могут применяться дисциплинарные взыскания.

В области трудовых отношений ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК»:

- поддерживает право на свободу объединений и реальное признание права на заключение коллективных договоров;
- поддерживает запрет на использование детского труда;
- поддерживает исключение любой формы дискриминации в сфере трудовых отношений (найм, оплата труда, обучение и т.д.) и не препятствует удовлетворению потребностей, которые могут являться поводом для ее проявления;
- поддерживает устранение любой формы принудительного труда, притеснения, эксплуатации, жестокого обращения или насилия (психологического, физического), а также поведения (жесты, выражения и т.д.), являющегося угрожающим, оскорбительным и т.д.;
- стремится обеспечить конкурентоспособную заработную плату;
- обеспечивает соблюдение условий труда, в том числе рабочего времени и сверхурочных рабочих часов;
- создает и обеспечивает безопасные и здоровые условия труда, принимает меры для предотвращения возможных несчастных случаев, оценивает все возможные опасные ситуации и риски на рабочих местах для всех категорий работников (в том числе для беременных женщин, кормящих матерей) для принятия мер по их устранению или снижению.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

(Обязательное)

Исходный код программы

Листинг *Vessel.ipynb*:

```
from keras import layers
from keras import models
from keras import optimizers
from keras import losses
import matplotlib.pyplot as plt
from keras.preprocessing.image import ImageDataGenerator
from keras.preprocessing.image import image
from keras.models import load_model
from PIL import Image
import numpy as np
import matplotlib.cbook as cbook
from shutil import copyfile
import random, os

model = models.Sequential()
model.add(layers.Conv2D(32, (3,3), activation='relu', input_shape=(512,512,3)))
model.add(layers.MaxPooling2D((2,2)))
model.add(layers.Conv2D(64, (3,3), activation='relu'))
model.add(layers.MaxPooling2D((2,2)))
model.add(layers.Conv2D(128, (3,3), activation='relu'))
model.add(layers.MaxPooling2D((2,2)))
model.add(layers.Conv2D(128, (3,3), activation='relu'))
model.add(layers.MaxPooling2D((2,2)))
model.add(layers.Flatten())
model.add(layers.Dense(512, activation='relu'))
model.add(layers.Dense(1, activation='sigmoid'))
model.summary()
model.compile(loss=losses.BinaryCrossentropy(), optimizer=optimizers.RMSprop(learning_rate=1e-4),
              metrics=['acc'])

train_dir = 'D:\\Diplom\\Img\\classification\\train'
test_dir = 'D:\\Diplom\\Img\\classification\\test'
validation_dir = 'D:\\Diplom\\Img\\classification\\validation'

train_datagen = ImageDataGenerator(rescale=1./255)
validation_datagen = ImageDataGenerator(rescale=1./255)

train_generator = validation_datagen.flow_from_directory( train_dir,
    target_size=(512,512),
    batch_size=20,
    class_mode='binary')

validation_generator = validation_datagen.flow_from_directory(validation_dir,
    target_size=(512,512),
    batch_size=20,
    class_mode='binary')
```

```

history = model.fit(
    train_generator,
    epochs = 20,
    validation_data = validation_generator)

model.save('VasselClassification_30ep.h5')

acc = history.history['acc']
val_acc = history.history['val_acc']
loss = history.history['loss']
val_loss = history.history['val_loss']
epochs = range(len(acc))
plt.plot(epochs, acc, 'bo', label = 'Training acc')
plt.plot(epochs, val_acc, 'b', label = 'Validation acc')
plt.title("Training and validation accuracy")
plt.legend()
plt.figure()
plt.plot(epochs, loss, 'bo', label = 'Training loss')
plt.plot(epochs, val_loss, 'b', label = 'Validation loss')
plt.title("Training and validation loss")
plt.legend()
plt.show()

model1 = load_model('VasselClassification_30ep.h5')

path = 'D:\\Diplom\\Img\\classification\\testing'
random_filename = random.choice([
    x for x in os.listdir(path)
    if os.path.isfile(os.path.join(path, x))
])

file_path_random = 'D:\\Diplom\\Img\\classification\\testing\\' + random_filename
file_path_test = 'D:\\Diplom\\Img\\classification\\validation1'
file1 = 'D:\\Diplom\\Img\\classification\\validation1\\no\\1.jpg'
copyfile(file_path_random, file1)

test_d = ImageDataGenerator(rescale=1./255)
train_g = test_d.flow_from_directory('D:\\Diplom\\Img\\classification\\validation1',
    target_size=(512,512),
    batch_size=1,
    class_mode='binary')

result = model1.predict_classes(train_g)
title = ""
if result[0] == 0:
    title = 'No vessels in the image'
elif result[0] == 1:
    title = 'Yes vessels in the image'

with cbook.get_sample_data(file1) as image_file:
    image = plt.imread(image_file)
fig, ax = plt.subplots()
ax.imshow(image)
ax.set_title(title)
fig.set_figwidth(7) # ширина и
fig.set_figheight(7) # высота "Figure"
plt.show()

```