

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт кибернетики
Направление подготовки – 09.03.02 «Информационные системы и технологии»
Кафедра вычислительной техники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка алгоритма и программных средств для обнаружения образований в легких человека на снимках компьютерного томографа

УДК 004.93'1

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8И2Б	Максимова Елена Ивановна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ВТ	Хаустов П.А.	-		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. МЕН	Николаенко В.С.	-		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ЭБЖ	Мезенцева И.Л.	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ВТ	Марков Н.Г.	д.т.н.		

Томск – 2016 г.

**ЗАПЛАНИРОВАННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПО ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ
ПРОГРАММЕ ПОДГОТОВКИ БАКАЛАВРОВ 09.03.02 «ИНФОРМАЦИОННЫЕ
СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ», ИК ТПУ, ПРОФИЛЬ «ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ
СИСТЕМЫ»**

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P1	Применять базовые и специальные естественно научные и математические знания для комплексной инженерной деятельности по созданию, внедрению и эксплуатации геоинформационных систем и технологий, а также информационных систем и технологий в бизнесе.
P2	Применять базовые и специальные знания в области современных информационных технологий для решения инженерных задач.
P3	Ставить и решать задачи комплексного анализа, связанные с созданием геоинформационных систем и технологий, информационных систем в бизнесе, с использованием базовых и специальных знаний, современных аналитических методов и моделей.
P4	Выполнять комплексные инженерные проекты по созданию информационных систем и технологий, а также средств их реализации (информационных, методических, математических, алгоритмических, технических и программных).
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования, включающие поиск и изучение необходимой научно-технической информации, математическое моделирование, проведение эксперимента, анализ и интерпретация полученных данных, в области создания геоинформационных систем и технологий, а также информационных систем и технологий в бизнесе.
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современные геоинформационные системы и технологии, информационные системы и технологии в бизнесе, обеспечивать их высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья, безопасность труда, выполнять требования по защите окружающей среды.
<i>Универсальные компетенции</i>	
P7	Использовать базовые и специальные знания в области проектного менеджмента для ведения комплексной инженерной деятельности.
P8	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом. Владеть иностранным языком (углублённый английский язык), позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности.
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций.
P10	Демонстрировать личную ответственность за результаты работы и готовность следовать профессиональной этике и нормам ведения комплексной инженерной деятельности.

P11	Демонстрировать знания правовых, социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, а также готовность к достижению должного уровня физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.
-----	---

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт кибернетики
Направление подготовки 09.03.02 «Информационные системы и технологии»
Кафедра вычислительной техники

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

(Подпись) _____ (Дата) Марков И.Г.
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
8И2Б	Максимовой Елене Ивановне

Тема работы:

Разработка алгоритма и программных средств для обнаружения образований в легких человека на снимках компьютерного томографа	
Утверждена приказом директора (номер, дата)	№ 334/с 26.01.2016

Срок сдачи студентом выполненной работы:
--

30.05.2016

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Набор томограмм легких человека в виде аксиальных срезов.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	– анализ существующих методов обнаружения образований в легких человека на снимках КТ; – разработка собственного метода анализа изображений КТ; – создание программных средств для оценки качества работы предложенного метода; – оценка применимости разработанного метода на практике и перспективности метода; – финансовый менеджмент; – ресурсоэффективность и ресурсосбережение; – социальная ответственность.
Перечень графического материала	– UML диаграмма классов приложения; – UML диаграмма потоков данных алгоритма; – столбчатая диаграмма сравнения качества работы предложенного метода с общеизвестными.

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Николаенко Валентин Сергеевич
Социальная ответственность	Мезенцева Ирина Леонидовна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	22.09.2015
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ВТ	Хаустов Павел Александрович	-		22.09.2015

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8И2Б	Максимова Елена Ивановна		22.09.2015

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт кибернетики
 Направление подготовки 09.03.02 «Информационные системы и технологии»
 Уровень образования бакалавриат
 Кафедра вычислительной техники
 Период выполнения осенний / весенний 2015/2016 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
 выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	30.05.2016
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
22.10.15	Аналитический обзор	15
25.01.16	Разработка алгоритма для обнаружения образований в легких человека на снимках компьютерного томографа	30
28.03.16	Разработка программных средств для обнаружения образований в легких человека на снимках компьютерного томографа	20
29.04.16	Тестирование разработанных программных средств	10
19.05.16	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
19.05.16	Социальная ответственность	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ВТ	Хаустов П.А.	-		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ВТ	Марков Н.Г.	Д.Т.Н.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 102 страницы, 20 рисунков, 19 таблиц, 36 источников и 3 приложения.

Ключевые слова: компьютерная томография, образования в легких человека, искусственная нейронная сеть, межкадровые изменения, магнитуда градиента.

Объектом исследования являются томограммы легких человека.

Цель работы – разработка алгоритма и программных средств для обнаружения образований в легких человека на снимках компьютерного томографа, а также исследование результатов работы предложенного метода.

В процессе исследования были изучены и проанализированы существующие на данный момент алгоритмы обнаружения образований в легких человека на снимках компьютерного томографа.

В результате исследования был разработан алгоритм для обнаружения образований в легких человека на снимках компьютерного томографа, инвариантный к типу образования в легких, а также программные средства, позволившие оценить качество предложенного метода.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: программное приложение, созданное при помощи библиотеки OpenCV на языке программирования C++ в среде разработки MS Visual Studio 2010.

Степень внедрения: внедрено и используется кабинетом рентгенологии МЦ №2 СКБ ФГБУ СибФНКЦ ФМБА России.

Область применения: диагностика заболеваний легких человека, сбор статистической информации о видах заболеваний легких, проверка знаний студентов медицинских вузов в области рентгенологии.

Значимость работы заключается в практической разработке универсального метода для обнаружения образований легких человека –

алгоритм показал высокое качество классификации независимо от типа образования в легких.

В будущем планируется исследовать возможность отнесения найденного образования к конкретному типу, а также определения его местоположения, что может быть использовано для генерации начального текстового описания КТ-исследования.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ И НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

Программное обеспечение (ПО) – совокупность программ системы обработки информации и программных документов, необходимых для эксплуатации этих программ.

Компьютерная томография (КТ) – метод неразрушающего послойного исследования внутреннего строения предмета, основанный на измерении и компьютерной обработке разности ослабления рентгеновского излучения различными по плотности тканями.

Искусственная нейронная сеть (ИНС) – математическая модель, а также её программное или аппаратное воплощение, построенная по принципу организации и функционирования биологических сетей нервных клеток живого организма.

Операционная система (ОС) – комплекс взаимосвязанных программ, предназначенных для управления ресурсами компьютера и организации взаимодействия с пользователем.

МЦ – медицинский центр.

СКБ – Северская клиническая больница.

ФГБУ – федеральное государственное бюджетное учреждение.

СибФНКЦ – сибирский федеральный научно-клинический центр.

ФМБА – федеральное медико-биологическое агентство.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	12
1. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР	14
1.1. Обзор алгоритмов обнаружения образований в легких на снимках компьютерно томографа	14
1.2. Теоретические основы	16
1.2.1. Основы применения искусственных нейронных сетей.....	16
1.2.2. Функции активации нейрона	17
1.2.3. Виды искусственных нейронных сетей	21
1.2.4. Методы обучение искусственных нейронных сетей.....	22
1.2.5. Область применения искусственных нейронных сетей.....	25
1.2.6. Виды образований в легких человека	26
2. РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЙ В ЛЕГКИХ ЧЕЛОВЕКА НА СНИМКАХ КОМПЬЮТЕРНОГО ТОМОГРАФА ..	29
2.1. Подготовка выборки для обучения ИНС	30
2.2. Получение вектора признаков.....	31
2.3. Классификация областей снимков.....	34
2.4. Выбор исследуемой прямоугольной области на изображении	35
3. РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЙ В ЛЕГКИХ ЧЕЛОВЕКА НА СНИМКАХ КОМПЬЮТЕРНОГО ТОМОГРАФА	38
3.1. Проектирование	38
3.2. Программная реализация	43
3.2.1. Реализация приложения для подготовки обучающей выборки	43
3.2.2. Реализация предложенного алгоритма	44
4. ТЕСТИРОВАНИЕ РАЗРАБОТАННЫХ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ.....	45
4.1. Создание базы изображений компьютерного томографа	45
4.2. Оценка качества работы алгоритмов.....	47
4.2.1. Подбор параметров решения эмпирическим путем	47
4.2.2. Результаты работы базового решения	47
5. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	50

5.1. Оценка коммерческого потенциала.....	53
5.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования	53
5.1.2. Анализ конкурентных технических решений	54
5.1.3. Технология QuaD	56
5.1.4. SWOT-анализ.....	57
5.2. Планирование научно-исследовательских работ	59
5.2.1. Структура работ в рамках научного исследования	59
6. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	63
6.1. Производственная безопасность.....	66
6.1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения.....	67
6.1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения.....	72
6.2. Экологическая безопасность	74
6.2.1. Анализ влияния исследования на окружающую среду.....	74
6.2.2. Обоснование мероприятий по защите окружающей среды.....	74
6.3. Защита в чрезвычайных ситуациях	74
6.3.1. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований.....	74
6.3.2. Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС	75
6.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	76
6.4.1. Специальные правовые нормы трудового законодательства.....	76
6.4.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя	77
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	80
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	81
СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА.....	85
ПРИЛОЖЕНИЕ А ИСХОДНЫЙ КОД ПРОГРАММЫ	89
ПРИЛОЖЕНИЕ Б АКТ О ВНЕДРЕНИИ.....	102
ПРИЛОЖЕНИЕ В CD-ДИСК	103

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день компьютерная томография является ведущим методом уточнения или выявления многих заболеваний головного мозга, легких, поджелудочной железы, надпочечников и ряда других органов. Современные компьютерные томографы – мультиспиральные, что позволяет получать снимки с высоким пространственным разрешением в различных плоскостях. Время такого обследования составляет несколько минут. Однако процесс анализа снимков и получение заключения обследования занимает значительно больше времени, ввиду трудоемкости самого процесса и значительного количества пациентов, нуждающихся в проведении обследования. Более того, затраты на покупку и обслуживание томографов велики. Прежде всего, это обуславливается высоким требованиям к подобным программно-техническим комплексам, направленным на повышение точности обследований, а также на обеспечение допустимых доз рентгеновского излучения.

Важной частью компьютерного томографа является ПО, которое так же требует значительных материальных затрат для покупки и обновления. Специализированное ПО позволяет наиболее качественно проводить процедуру обследования и последующую обработку полученных изображений. Как правило, в комплект ПО для компьютерных томографов, приобретаемых российскими медицинскими учреждениями, не входят программные модули, предназначенные для автоматизированного анализа снимков и выявления патологий.

На территории Российской Федерации значительное число больных нуждается в проведении различного рода обследований при помощи компьютерного томографа. При этом ввиду дорожной стоимости аппаратов лишь часть медицинских учреждений оказывает услуги по диагностике заболеваний при помощи КТ. Стоит отметить, что множество из подобных учреждений частные. Таким образом, для проведения обследования пациент должен ждать своей очереди или обращаться в платное медицинское учреждение. Некоторые

заболевания нередко выявляются при прохождении обследования с использованием КТ. К таким заболеваниям можно отнести злокачественные опухоли, которые необходимо диагностировать на ранних стадиях. Поэтому в сложившейся ситуации высокую степень актуальности имеет задача повышения скорости проведения обследований путем частичной автоматизации процесса анализа изображений КТ, которая является предметом исследования. При этом объектом исследования являются КТ снимки легких человека.

Целью работы является разработка алгоритма и программных средств для обнаружения образований в легких человека на снимках компьютерного томографа, а также исследование качества предложенного метода.

Для достижения цели работы необходимо решить следующие задачи:

- проанализировать существующие методы обнаружения образований в легких человека на снимках КТ;
- предложить собственный метод анализа изображений КТ;
- разработать программные средства для оценки качества работы предложенного метода;
- оценить применимость разработанного метода на практике и сделать выводы о перспективности метода.

1. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

1.1. Обзор алгоритмов обнаружения образований в легких на снимках компьютерно томографа

На сегодняшний день существует множество алгоритмов компьютерного зрения, позволяющих проводить анализ изображений. Среди методов классификации изображений выделяют: использование сравнения с шаблонами, метод на основе нечетких классификаторов, статистические методы, эвристические методы.

Однако, не все из них применимы для анализа снимков компьютерного томографа. Прежде всего, это связано с особенностями изображения, главной из которых является представление изображения в градациях серого. Следовательно, некоторые статистические методы, главной идеей которых является анализ цветовых составляющих исходного изображения, оказываются неприменимыми при решении поставленной задачи. Еще одной важной особенностью КТ-снимков является их представление в виде множества срезов на заданном расстоянии, совокупность которых образует трехмерную модель исследуемого органа. При этом даже органы разных пациентов не полностью идентичны, то есть обладают некоторой спецификой, вызванной, как правило, различным возрастом, образом жизни. Подобная особенность объясняет невозможность применения простого сравнения с шаблонами при классификации [1].

Одним из широко используемых методов по анализу снимков компьютерного томографа на предмет обнаружения образований является определение некоторого вектора признаков, характеризующего конкретный вид образования. Метод, предложенный Ривз [2], ориентирован на поиск раковых образований, основан на сегментации изображения и предполагает анализ роста сегмента. Как известно, раковые клетки делятся быстрее обычных, что обуславливает высокую скорость роста образования. Идея алгоритма заключается в кластеризации изображения, вычисления объема кластеров и

сравнении этих объемов через некоторые интервалы времени [3]. Результаты работы алгоритма показали, что точность алгоритма можно повысить путем использования специальной математической модели, построенной на основе предыдущих сканирований [4]. При этом алгоритм с высокой точностью способен определять наличие онкологического образования, однако существенным недостатком является необходимость проведения минимум трех сканирований в течение некоторого времени.

Другой способ, описанный в источнике [5], так же предполагает проведение кластеризации исходного изображения и построение трехмерных моделей сегмента. Последующая обработка кластеров заключается в анализе размера, формы и плотности кластера. Однако более поздние исследования [6, 7] показали, что аналогичного результата распознавания онкологического образования можно добиться без использования информации о плотности и формы кластера. Общей проблемой этой группы методов является отсутствие каких-либо данных о зависимости рассматриваемых характеристик кластера от его принадлежности к раковому образованию. Для повышения точности таких методов необходим некоторый набор данных, характеризующий описанную зависимость. Поэтому и точность распознавания зависит от полноты используемого набора данных.

Еще одним традиционным подходом являются методы, основанные на сегментации изображения при помощи использования морфологических фильтров – дилатации и эрозии. Эти методы, как правило, используются для проведения начального анализа изображения, для снижения числа неверных обнаружений. Самостоятельно такие методы не применяются, так как зачастую показывают ложноположительный результат, то есть принимают сосуды за образования [8].

Так же распространенным методом является использование нечетких классификаторов. В источнике [9] вейвлет-преобразование применяется для получения вектора признаков сегмента, который впоследствии подается на вход машины опорных векторов или вероятностной нейронной сети. Для

улучшения качества распознавания используется двумерное вейвлет-разложение, которое позволяет избавиться от шума на изображении.

Как можно заметить, рассмотренные методы сводятся к обнаружению определенного вида образований на изображениях компьютерного томографа. С точки зрения качества распознавания такие подходы показывают высокий результат именно при обработке конкретных, как правило, онкологических образований на снимках КТ. Однако при решении задачи в общем случае результативность таких методов снижается.

1.2. Теоретические основы

1.2.1. Основы применения искусственных нейронных сетей

Искусственной нейронной сетью называют математическую модель, а также её программную или аппаратную реализацию, которая является результатом применения математического аппарата к исследованию работы нервной системы живых существ. ИНС представляет собой систему соединённых и взаимодействующих между собой простых процессоров, называемых формальными нейронами. Таким образом, формальный нейрон представляет собой основную структурную и функциональную часть ИНС [10]. Структура формального нейрона представлена на рисунке 1.1.

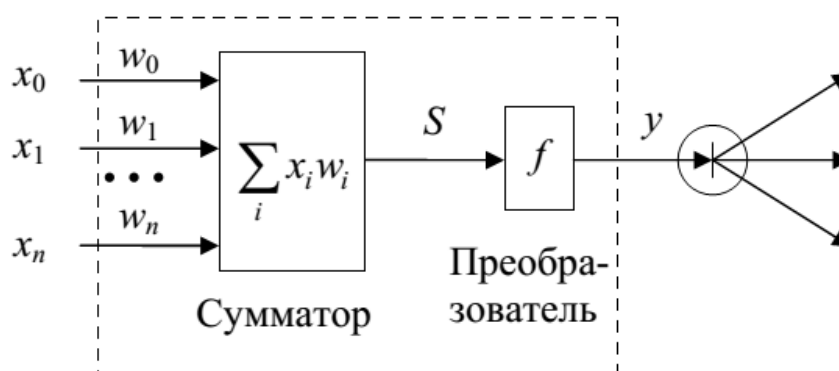


Рисунок 1.1 – Схема формального нейрона

На рисунке 1.1 $x_0, x_1, \dots, x_n$ – компоненты вектора входных сигналов, поступающих на данный нейрон, $w_0, w_1, \dots, w_n$ – значения весов входных сигналов, y – выходной сигнал данного формального нейрона.

На схеме формального нейрона можно выделить элементы трёх типов: умножители – синапсы, сумматоры и преобразователь. Синапс характеризует веса входных сигналов, или силу связи между двумя нейронами, по которой поступает данный входной сигнал. Сумматор выполняет операцию сложения входных сигналов, помноженных на соответствующие им веса. Преобразователь предназначен для получения выходного значения, которое вычисляется как функция выхода сумматора и называется функцией активации нейрона.

Таким образом, математическая модель формального нейрона может быть представлена системой (1.1):

$$\begin{cases} y = f(S) \\ S = \sum_{i=1}^n w_i x_i + b, \end{cases} \quad (1.1)$$

где S – выход сумматора нейрона, а b – смещение, предназначенное для инициализации нейрона, то есть смещение функции активации нейрона по горизонтальной оси [11].

1.2.2. Функции активации нейрона

Существуют распространенные функции активации нейрона, обладающие различными характеристиками. В таблице 1.1 перечислены основные виды функций активации формального нейрона.

Таблица 1.1 – Функции активации нейронов

Функция активации	Формула	Область значений
Пороговая	$f(S) = \begin{cases} 0, S < \theta \\ 1, S \geq \theta \end{cases}$	(0, 1)
Линейная	$f(S) = aS$	$(-\infty, +\infty)$
Лог-сигмоидная	$f(S) = \frac{1}{1 + e^{-aS}}$	(0, 1)
Гиперболический тангенс	$f(S) = \frac{e^{aS} - e^{-aS}}{e^{aS} + e^{-aS}}$	(-1, 1)

Далее приведем более подробное описание активационных функций, представленных в таблице 1.1, и особенности их применения.

1.2.2.1. Пороговая функция активации

Пороговая функция активации характеризуется изменением выходного сигнала с нуля на единицу при превышении заданного уровня сигнала на входе формального нейрона и может быть описана формулой (1.2):

$$f(S) = \begin{cases} 0, S < \theta \\ 1, S \geq \theta \end{cases} \quad (1.2)$$

где θ – заданное значение уровня сигнала на входе формального нейрона. На рисунке 1.2 представлен график пороговой функции активации нейрона.

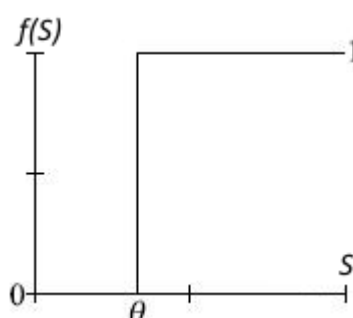


Рисунок 1.2 – Пороговая функция активации нейрона

Перцептрон, первая модель многослойной ИНС, состоит исключительно из нейронов такого типа.

Так как данная функция не дифференцируема на всей оси абсцисс, её нельзя использовать, если предполагается обучение методом обратного распространения ошибки или иным методом, для которого требуется обязательное соблюдения условия дифференцируемости функции активации.

1.2.2.2. Линейная функция активации

В случае линейной функции активации сигнал на выходе нейрона связан с выходом сумматора линейно. Линейная функция активации описывается формулой (1.3):

$$f(S) = aS, \quad (1.3)$$

где a – параметр функции.

График линейной функции активации представлен на рисунке 1.3. Как можно заметить из представленной формулы (1.3) и графика функции, линейная функция активации дифференцируема на всей области определения.

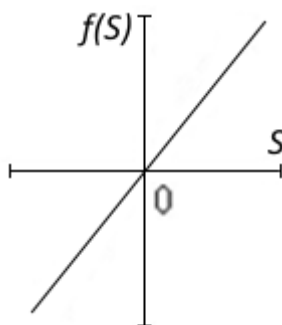


Рисунок 1.3 – Линейная функция активации

В искусственных нейронных сетях с многослойной структурой нейроны с функцией активации такого типа обычно составляют входной слой.

1.2.2.3. Лог-сигмоидная функция активации

Лог-сигмоидная (сигмоидальная) может быть задана формулой (1.4) и описывает сигмоиду.

$$f(S) = \frac{1}{1 + e^{-aS}}, \quad (1.4)$$

График лог-сигмоидной функции активации представлен на рисунке 1.4.

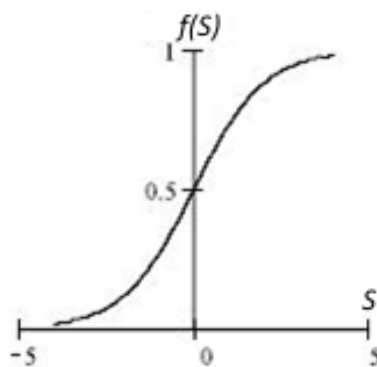


Рисунок 1.4 – Сигмоидальная функция активации

Функция, часто применяемая для ИНС с непрерывными сигналами. Важные положительные качества функции – гладкость и непрерывность. Непрерывность первой производной даёт возможность обучать сеть из таких нейронов градиентными методами.

1.2.2.4. Функция активации гиперболический тангенс

Функция активации гиперболический тангенс может быть описана формулой (1.5).

$$f(s) = \frac{e^{as} - e^{-as}}{e^{as} + e^{-as}}, \quad (1.5)$$

Графическое изображение функции активации гиперболический тангенс представлено на рисунке 1.5.

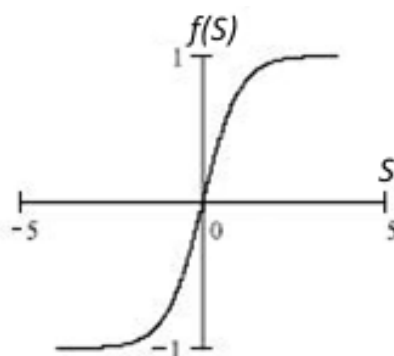


Рисунок 1.5 – Функция активации гиперболический тангенс

Также часто применяется в сетях с непрерывными сигналами. Производная может быть выражена через саму функцию [11].

1.2.3. Виды искусственных нейронных сетей

По структуре выделяют следующие классы ИНС:

- ИНС прямого распространения;
- рекуррентные ИНС.

В ИНС прямого распространения сигнал может передаваться только от входных нейронов к выходным. В соответствующем структуре ИНС орграфе циклы и петли отсутствуют. Пример структуры ИНС прямого распространения представлен на рисунке 1.6 а.

В ИНС с обратными связями (или рекуррентных ИНС) сигналы могут передаваться между нейронами независимо от их положения в структуре ИНС. Обратной связью в таких ИНС называют связь, следующую от логически более удалённого нейрона к менее удалённому. Соответствующий структуре ИНС орграф может иметь циклы и петли [11]. Пример структуры рекуррентной ИНС представлен на рисунке 1.6 б.

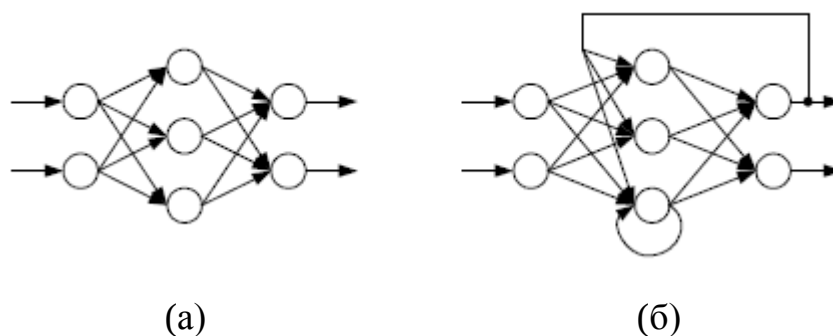


Рисунок 1.6 – Примеры структур нейронных сетей:

(а) ИНС прямого распространения, (б) рекуррентная ИНС

Особенности рекуррентных ИНС теоретически обеспечивают значительные возможности по моделированию биологических нейронных сетей, однако большинство из этих возможностей на сегодняшний день изучено недостаточно.

Следует отметить, что в многослойных ИНС могут также встречаться перекрёстные межнейронные связи. Перекрёстными называют связи,

следующие в направлении прямого распространения, однако связывающие нейроны из несмежных слоёв [12].

1.2.4. Методы обучение искусственных нейронных сетей

Под обучением ИНС подразумевается процесс настройки весов межнейронных связей с целью нахождения набора весов, обеспечивающего изменение выходных сигналов в необходимой зависимости от данного вектора входных сигналов.

Различают две основных парадигмы обучения ИНС: обучение с учителем и обучение без учителя.

1.2.4.1. Обучение с учителем

Парадигма обучение с учителем подразумевает наличие предварительно сформированной обучающей выборки, представляющей из себя набор векторов входных значений ИНС и сопоставленных каждому вектору выходных значений. Обучение, в этом случае, направлено на изменение весов межнейронных связей таким образом, чтобы минимизировать отличие выходных сигналов ИНС от эталонного сигнала для данного вектора входных значений.

Одним из примеров алгоритмов обучения ИНС с учителем является алгоритм обратного распространения ошибки или backpropagation. В этом алгоритме происходит распространение ошибки от выходов ИНС к входам, то есть в направлении, обратном распространению сигналов в обычном режиме работы. Согласно методу наименьших квадратов, минимизируемой целевой функцией ошибки ИНС является величина, определяемая формулой (1.6):

$$E(w) = \frac{1}{2} \sum_i E_i = \frac{1}{2} \sum_{i,k} \left(f_{i,k} - y_{i,k}^{(T)} \right)^2, \quad (1.6)$$

где $f_{i,k}$ – значение выходного сигнала k -го выходного нейрона сети при подаче на ее входы i -го набора обучающих данных, $y_{i,k}^{(T)}$ – требуемое значение выходного сигнала k -го выходного нейрона для i -го набора данных для обучения.

Суммирование происходит по всем нейронам выходного слоя и по всем обрабатываемым сетью образам. Обучение ИНС направлено на минимизацию функции $E(w)$. Минимизация ведется методом градиентного спуска, что означает подстройку весовых коэффициентов следующим образом:

$$\Delta w_{ij}^{(q)} = -\eta \frac{\partial E}{\partial w_{ij}}, \quad (1.7)$$

где $\Delta w_{ij}^{(q)}$ – величина изменения веса связи, соединяющий i -й нейрон $(q - 1)$ слоя с j -м нейроном слоя q ; η – коэффициент скорости обучения, $0 < \eta < 1$.

Обучение ИНС методом обратного распространения ошибки происходит в соответствии с представленным алгоритмом:

- 1) На входы ИНС подаётся случайно выбранный образец из обучающей выборки, после чего происходит расчёт выходных значений ИНС.
- 2) Рассчитывается величина ошибок для нейронов выходного слоя по формуле (1.8):

$$\delta_i = (f_{i,k}(S))'(f_{i,k} - y_{i,k}), \quad (1.8)$$

где $y_{i,k}$ – требуемое значение выходного сигнала k -го нейрона для i -го набора данных из обучающей выборки, $(f_{i,k}(S))'$ – значение производной активационной функции k -го нейрона для i -го набора обучающих данных.

- 3) Рассчитываются величины ошибок нейронов для всех остальных слоев по формуле (1.9):

$$\delta_i^{(q)} = (f_i^{(q)}(S))' \sum_j w_{ij} \delta_j^{(q+1)}, \quad (1.9)$$

где $\delta_i^{(q)}$ – ошибка i -го нейрона в слое q , $\delta_j^{(q+1)}$ – ошибка j -го нейрона в $(q + 1)$ слое, w_{ij} – вес связи, соединяющей эти нейроны, $(f_i^{(q)}(S))'$ – значение производной активационной функции в i -го нейрона слоя q .

- 4) Производится однократная коррекция весов связей по формуле (1.7).

- 5) Если в обучающей выборке есть неиспользованные в данной эпохе наборы данных, то переход на шаг 1.

б) Подсчет ошибки сети по формуле (1.6). Если ошибка сети больше заданной, то переход на шаг 1. В противном случае – конец обучения [11].

1.2.4.2. Обучение без учителя

При обучении без учителя обучающая выборка отсутствует, а обучение сети происходит спонтанно в результате конкуренции между нейронами, либо в результате корреляции выходных сигналов нейронов, между которыми существует связь [11].

В качестве одного из методов обучения без учителя можно привести обучение при помощи эволюционных алгоритмов, в частности, при помощи генетического алгоритма.

Такой метод работает с популяциями особей, в наборах генов которых закодирован некоторый фенотип. Первое поколение особей генерируется случайным образом, после этого для каждой особи поколения рассчитывается значение определённой функции приспособленности, которая характеризует, насколько особь соответствует требованиям к решению поставленной задачи. По результатам вычисления функции приспособленности происходит селекция, то есть отбор наиболее подходящих особей. После этого между отобранными особями происходит скрещивание, то есть применение к хромосомам особей некоторого оператора кроссинговера, в результате чего появляется новое поколение. В конце цикла особи сгенерированной особи претерпевают мутацию – некоторое случайное изменение генов хромосом особей с целью расширения поля поиска решения задачи и уменьшения риска вырождения популяций.

При обучении ИНС при помощи генетического алгоритма в качестве особей каждой популяции выступают наборы весов нейронной сети, каждый вес является геном особи, а в качестве функции приспособленности – некий параметр, рассчитанный на основе выходных значений ИНС [13]. На рисунке 1.7 приведена общая схема генетического алгоритма.

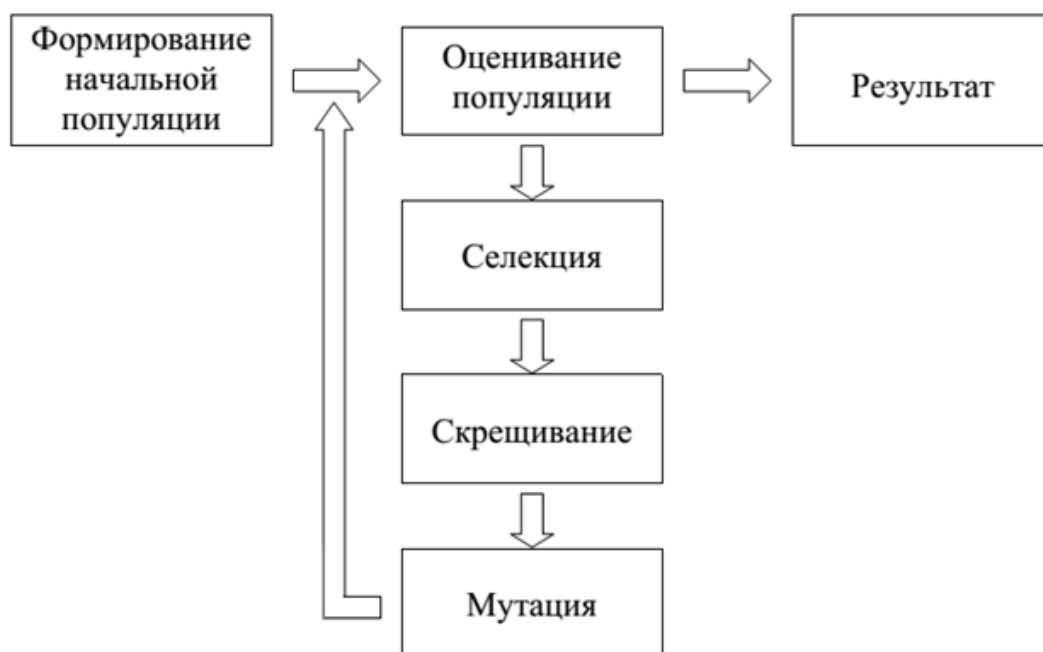


Рисунок 1.7 – Общая схема генетического алгоритма

1.2.5. Область применения искусственных нейронных сетей

На сегодняшний день искусственные нейронные сети широко применяются в следующих областях:

- классификация и распознавание образов;
- управление и принятие решений;
- кластеризация;
- аппроксимация;
- прогнозирование;
- оптимизация;
- сжатие данных.

ИНС могут применяться для классификации различных объектов, которыми могут выступать изображения, звуки, символы текста и др. Во время обучения сети предлагаются образцы объектов с указанием класса каждого из них. Образец представляется как вектор значений некоторого набора признаков, при этом совокупность всего набора значений должна однозначно определять класс, к которому относится данный образец. После прохождения обучения такая сеть способна предоставлять ответ о принадлежности к определённому классу новых, ранее не предъявленных образцов. Топология

такой сети характеризуется равенством количества нейронов выходного слоя и количества определяемых классов.

При выполнении данной задачи классификации подлежат ситуации, характеристики которых подаются на вход ИНС, после чего на выходе появляется признак принятого решения.

Кластеризация – процесс разбиения некоторого множества входных сигналов на классы при условии, что ни количество, ни признаки классов не известны заранее. Если сеть сигнализирует о том, что сигнал не относится к какому-либо из уже выделенных классов, это является признаком новых данных, отсутствовавших в обучающей выборке, что позволяет сети выделять неизвестные ранее классы сигналов.

ИНС, являясь системой каскадно соединённых нелинейных элементов, могут применяться для аппроксимации непрерывных функций. Подобные задачи предполагают попытки предугадать состояние системы, основываясь на её поведении в прошлом.

Задача оптимизации сводится к нахождению параметров функции, при которых она принимает наибольшее или наименьшее значение.

Способность ИНС к выявлению взаимосвязей между параметрами позволяет более компактно выразить данные большой размерности при условии, что данные достаточно тесно взаимосвязаны [11, 14], что делает возможным осуществлять сжатие данных, используя подобную математическую модель.

1.2.6. Виды образований в легких человека

Прежде чем автоматизировать процесс обнаружения образований в легких, необходимо определить их нормальное строение, а также варианты отклонения от нормы.

Легкие изображаются на компьютерных томограммах в виде двух участков низкой плотности (темных), ограниченных снаружи грудной стенкой, изнутри – средостением, снизу – диафрагмой. При анализе изображения в

нормальных легких можно различить сосуды, бронхи и легочную ткань (рисунок 4.1). Как можно заметить, внутрилегочные сосуды отчетливо видны на фоне воздухосодержащей легочной ткани. Совокупность внутрилегочных артериальных и венозных сосудов формирует легочный рисунок, который отчетливо виден в продольном, косом и поперечном сечении.



Рисунок 1.8 – Изображение здоровых легких человека на снимке КТ

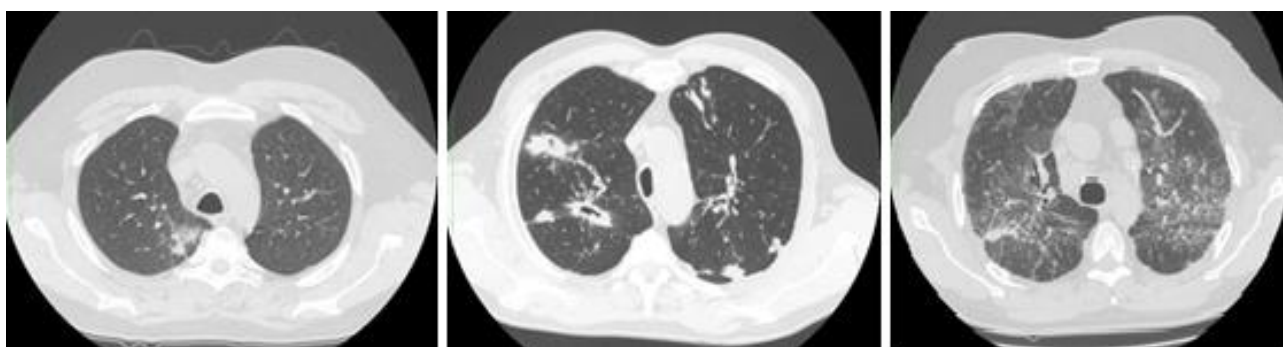
Основная задача заключается в том, чтобы выявить какую-либо закономерность расположения легочного рисунка. Одной из удобных особенностей изображений компьютерного томографа является возможность их представления в градациях серого, что существенно упрощает последующую обработку изображения. Однако, как можно заметить, строение легких человека достаточно специфично, поэтому процесс поиска и классификации частей легких, а так же отклонений от нормы, является трудоемким. Также стоит отметить, что каждый вид патологии легких имеет собственный набор отличительных признаков.

Инфекционные заболевания легких являются наиболее распространенными среди остальных патологий. К ним относят пневмонии, абсцесс, туберкулез (рисунок 1.9 а, 1.9 б). На томограмме изображены в виде локальных участков уплотнения легочной ткани различной формы, которые четко ограничены от неизменной легочной ткани.

Опухоли легких разделяют на первичные, происходящие из собственных тканей органов дыхания, и вторичные (метастатические), возникающие в

результате переноса опухолевых клеток в легкие и других органов и тканей. Как правило, как опухоли, так и метастазы характеризуются на изображении как обширные уплотнения легочной ткани, имеющие различную структуру.

Интерстициальные заболевания легких представлены большой группой заболеваний воспалительной, опухолевой и другой природы. Все заболевания этой группы отличаются своей распространенностью в легких. Саркоидоз представляет собой полиорганное заболевание, основным признаком которого является формирование множественных гранулем вдоль лимфатических сосудов (рис. 1.9 с) [15, 16].



(а)

(б)

(с)

Рисунок 1.9 – Виды патологий легких человека: (а) абсцесс, (б) туберкулез, (с) саркоидоз

2. РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЙ В ЛЕГКИХ ЧЕЛОВЕКА НА СНИМКАХ КОМПЬЮТЕРНОГО ТОМОГРАФА

Алгоритм для решения задачи обнаружения образований в легких человека на снимках компьютерного томографа, ранее предложенный в работе [17], достигает точности классификации образований в легких человека равной 94%. На оставшиеся 6% случаев приходятся ошибочные принятия частей бронх или больших сосудов за образования. Классификация таких образований приведена на рисунке 2.1.

В ходе анализа результатов предшествующих исследований [16] и [17] было установлено, что полученный процент ошибочно распознанных образований является следствием неточной кластеризации изображения. На приведенной круговой диаграмме на рисунке 2.1 можно заметить, что большая часть неправильно классифицированных образований относится к периферическому раку. Это объясняется тем, что в ходе кластеризации снимка КТ периферические образования не были выделены, как самостоятельные кластеры, так как имели общие пиксели с грудной клеткой или средостением на снимке.



Рисунок 2.1 – Ошибочно распознанные образования в легких человека при использовании предварительной кластеризации снимка КТ

Учитывая описанные особенности решения задачи обнаружения образований в легких человека на снимках компьютерного томографа, было решено отказаться от использования предварительной кластеризации изображения. Также точность распознавания можно повысить путем анализа не только совокупности кластеров, как в работах [16] и [17], но и межкадровых изменения легочного рисунка, что обеспечит получение более информативного пространства признаков.

Опираясь на полученные результаты анализа алгоритмов, было предложено использовать следующий алгоритм анализа снимка КТ:

- 1) выбор случайной прямоугольной области на изображении;
- 2) получение совокупности аксиальных и поперечных проекций, советующих выбранной области в пределах заданного количества снимков в исследовании;
- 3) формирование вектора признаков построенных проекций;
- 4) подача на вход ИНС вектора признаков для каждой проекции, с целью определения принадлежности выбранного прямоугольника к легочному рисунку или образованию.

2.1. Подготовка выборки для обучения ИНС

В соответствии с этапом выбора случайной прямоугольной области на изображении предложенного алгоритма необходимо научиться получать требуемые прямоугольные области на снимках КТ, информативные для обучения ИНС.

Полностью автоматизировать такой процесс не представляется возможным ввиду отсутствия способов различения содержимого выбранной прямоугольной области на изображении. Для частичной автоматизации рассматриваемой задачи было реализовано отдельное консольное приложение, функциональные возможности которого описаны в подразделе 3.2 раздела 3.

При помощи реализованного приложения была осуществлена работа с полученной базой изображений КТ. Путем просмотра исследований КТ и

выбора наиболее информативных прямоугольных областей были выбраны участки изображения, пригодные для обучения искусственной нейронной сети, содержащие все вариации и виды образований, имеющиеся в базе. Также были отобраны прямоугольные участки снимков, не имеющих образования, то есть соответствующие нормальному легочному рисунку. Так как в ходе работы алгоритма предполагается случайный выбор прямоугольной области и ее классификация, то в обучающую выборку были так же включены участки за пределами легких или на границе грудной клетки и фоном снимка КТ для обеспечения наиболее полной выборки.

Для каждого выбранного участка изображения была построена аксиальная проекция в пределах фиксированного числа идущих подряд снимков КТ в исследовании. Множество таких изображений было сохранено в созданной базе изображений КТ для последующего использования с целью извлечения из каждой проекции вектора признаков, который подается на вход нечеткому классификатору – ИНС.

2.2. Получение вектора признаков

Для использования информации о межкадровых изменениях легочного рисунка необходимо из имеющихся в базе снимков КТ, выполненных в аксиальной проекции, получить продольную или поперечную проекцию. При этом нет необходимости вычислять обе проекции сразу. Достаточность использования двух проекций обусловлена тем, что третья может быть выражена из двух построенных, и, следовательно, она не содержит дополнительной информации о пространственном расположении объектов. Пример получения такой проекции представлен на рисунке 2.2 и осуществляется для каждого пикселя в пределах очередной случайно выбранной прямоугольной области.

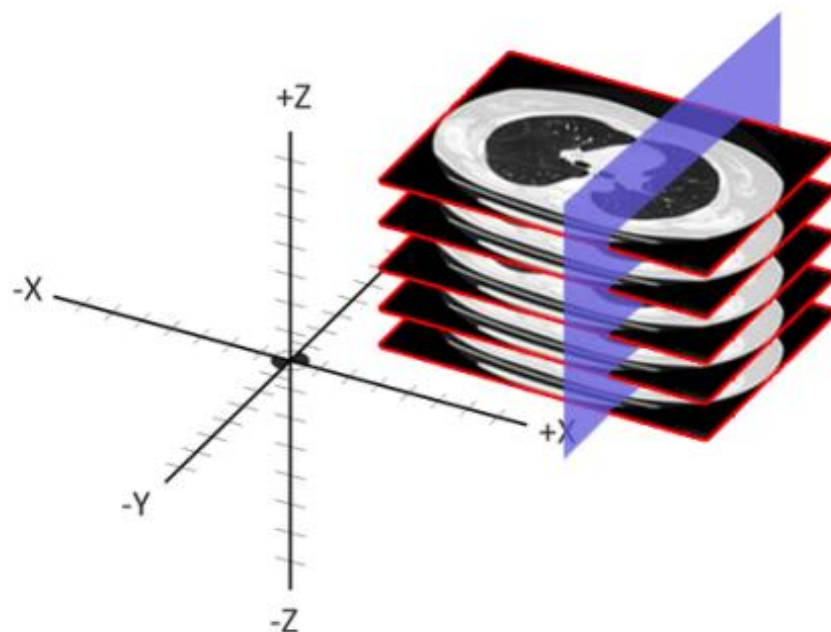


Рисунок 2.2 – Пример построения поперечной проекции

Построенные проекции включают множество изображений-срезов в двух плоскостях построения проекций. Подобное множество является трехмерным пространством признаков, которое может быть использовано для учета межкадровых изменений легочного рисунка.

Для получения вектора признаков был использован метод определения направления магнитуды градиента в пространстве [18]. Для каждого из двух множеств построенных проекций координатное пространство было разделено на 8 групп углов. Пример такого разбиения пространства для разных проекций представлен на рисунке 2.3, для двух проекция сразу – на рисунке 2.4.

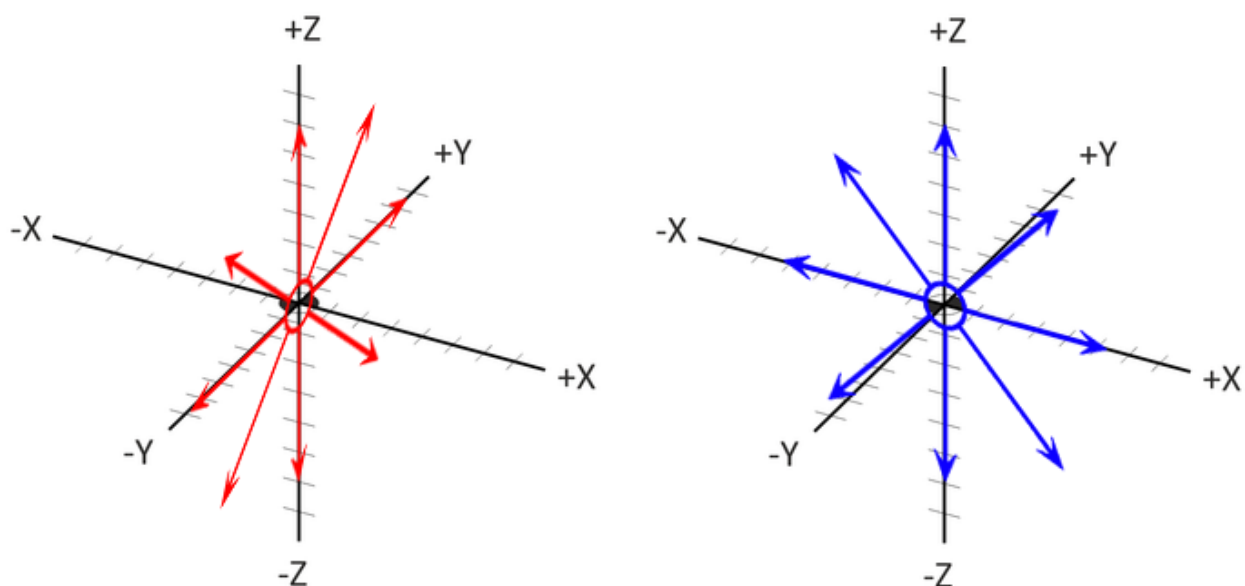


Рисунок 2.3 – Примеры разбиения координатного пространства на группы углов в различных плоскостях

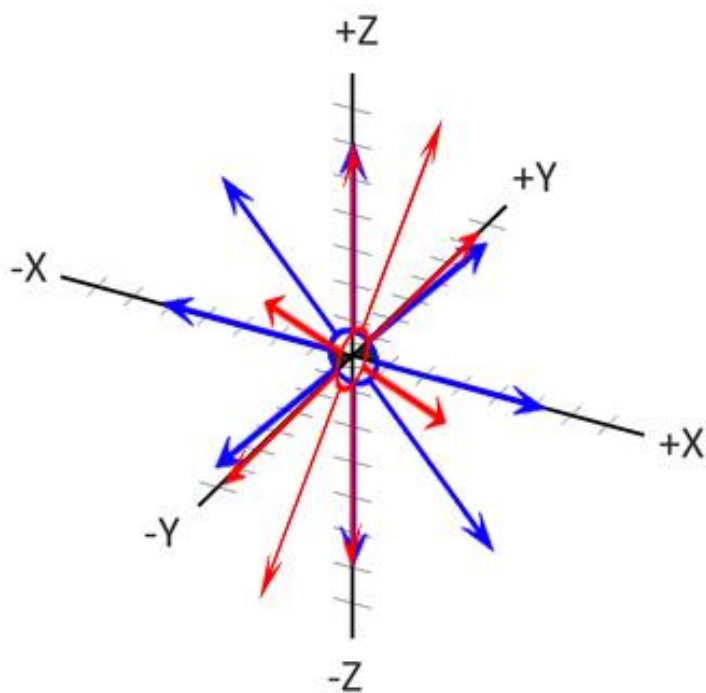


Рисунок 2.4 – Примеры разбиения координатного пространства на группы углов в различных плоскостях

При определении магнитуды градиента в пространстве рассчитывалась принадлежность угла между вектором магнитуды градиента и одной из осей координат в текущей проекции одной из групп углов. Стоит отметить, что в качестве оси координат, используемой для определения принадлежности угла к

одной из групп, может быть выбрана любая, так как это не влияет на получаемый результат. Важным является сохранение выбранной оси для каждой из двух проекция в рамках работы алгоритма.

Таким образом, кодируя принадлежность рассчитываемого угла, можно получить 64 различных значения для двух рассматриваемых проекций. При этом строя магнитуды градиента осуществляется учет не только направления изменения яркости пикселей в пространстве, но и степень изменения яркости, что дает дополнительную информацию необходимую для повышения точности классификации прямоугольных областей.

2.3. Классификация областей снимков

В качестве классификатора используется нечеткий классификатор – искусственная нейронная сеть, особенности применения которой описаны в разделе 1. В соответствии со способом получения вектора признаков для ИНС, эмпирически подобранных параметров и наличием эталонных изображений в итоговой реализации алгоритма используются параметры ИНС, представленные в таблице 2.1. Подробное описание параметров и их возможных значений представлено в разделе 1.

Таблица 2.1 – Используемые параметры ИНС

Параметр	Значение
Тип сети	Прямого распространения
Количество слоев	3
Способ обучения	Без учителя – алгоритм обратного распространения ошибки
Количество нейронов во входном слое	64
Количество нейронов в скрытом слое	30
Количество нейронов в выходном слое	1
Функция активации	Лог-сигмоида

Для того чтобы не усложнять реализацию была выбрана сеть прямого распространения, содержащая три слоя – входной, скрытый и выходной. Ввиду наличия эталонных изображений, способ получения которых описан в подразделе 2.1 настоящего раздела, и выбранного типа сети для обучения ИНС использовался алгоритм обратного распространения ошибки.

Метод получения вектора признаков для подачи на вход ИНС обуславливает необходимость наличия 64-х нейронов во входном слое. При этом выходной слой может содержать всего один нейрон, так как на выходе нейронной сети необходимо получить единственное значение. Диапазон получаемого значения определен сигмоидальной функцией активации. Это значение равно или близко к нулю, в случае отнесения очередной прямоугольной области снимка КТ к элементу легочного рисунка или части снимка, не имеющей образований, равно или близко к единице, в случае отнесения области к образованию.

Количество нейронов в скрытом слое было подобрано эмпирическим путем из соображений высокого быстродействия алгоритма и обеспечения высокого качества классификации.

2.4. Выбор исследуемой прямоугольной области на изображении

В ходе работы алгоритма осуществляется выбор случайной прямоугольной области. Эмпирическим путем было установлено, что оптимальное количество случайно генерируемых прямоугольников равняется 2000 для каждого нового снимка.

Для выбора случайной прямоугольной области случайным образом генерируется точка, принадлежащая внутренней области очередного снимка КТ. При этом точка генерируется так, чтобы минимальное расстояние от нее до одной из границ снимка было не менее 10 пикселей. Подобное число было выбрано ввиду особенностей снимков томографа – образования или элементы легочного рисунка отсутствуют вблизи границ изображения. Аналогичным

образом осуществляется генерация второй точки, однако при этом осуществляются дополнительные проверки:

- вторая сгенерированная точка не должна совпадать с первой;
- минимальный размер стороны прямоугольника, построенного на двух точках, не должен быть меньше 1% от наибольшего из значений в пикселях величин высоты или ширины прямоугольника;
- максимальный размер стороны прямоугольника, построенного на двух точках, не должен превышать 30% от наименьшего из значений в пикселях величин высоты или ширины прямоугольника.

Сгенерировав прямоугольную область на снимке, по описанным выше правилам в соответствии с подразделом 2.2 текущего раздела осуществляется вычисление его проекции и получение вектора признаков, характеризующего полученные проекции.

Полученный вектор признаков подается на вход предварительно настроенному и обученному классификатору – ИНС. После чего результатов классификации является единственное число, близкое или равное нулю, в случае отнесения прямоугольной области к элементу легочного рисунка или части снимка, не имеющей образований, близкое или равное единице, в случае отнесения области снимка к образованию.

Получив результат классификации, осуществляется дальнейшее уточнение выходного значения следующим способом:

1) Если результатом классификации является число меньше 0,6, текущая прямоугольная область не относится к образованию, результатом работы является отнесение текущей области к элементу легочного рисунка или части снимка, не имеющей образований.

2) Если результатом классификации является число больше или равное 0,6, выбирается новая область снимка таким образом, что высота и ширина начальной области в пикселях увеличиваются на 30%, но при этом соблюдаются соотношения, используемые для генерации начального прямоугольника.

3) Увеличенная область принимается за начальную, и алгоритм повторяется до стадии уточнения, которая повторно не осуществляется. Другими словами, теперь осуществляется генерация прямоугольников в новой области и их классификация.

4) Классифицируя вектора признаков полученных прямоугольных областей к областям, содержащим образования, относятся те, выходное значение классификатора для которых больше 0,9.

5) Прямоугольные области, распознанные как образования, выделяются на итоговом изображении.

Подобный алгоритм используется для каждой из 2000 первично генерируемых прямоугольных областей каждого исследуемого снимка КТ.

3. РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЙ В ЛЕГКИХ ЧЕЛОВЕКА НА СНИМКАХ КОМПЬЮТЕРНОГО ТОМОГРАФА

3.1. Проектирование

Микроархитектура программного компонента, необходимого для анализа снимков компьютерного томографа с целью обнаружения образований в легких человека, представлена при помощи UML-диаграммы классов на рисунке 3.1.

Представленная диаграмма иллюстрирует взаимосвязь и содержимое основных классов проектируемого программного компонента, в основе которого лежит предложенный алгоритм.

Назначение и краткое описание классов, необходимых для реализации программного компонента, приведены в таблице 3.1.

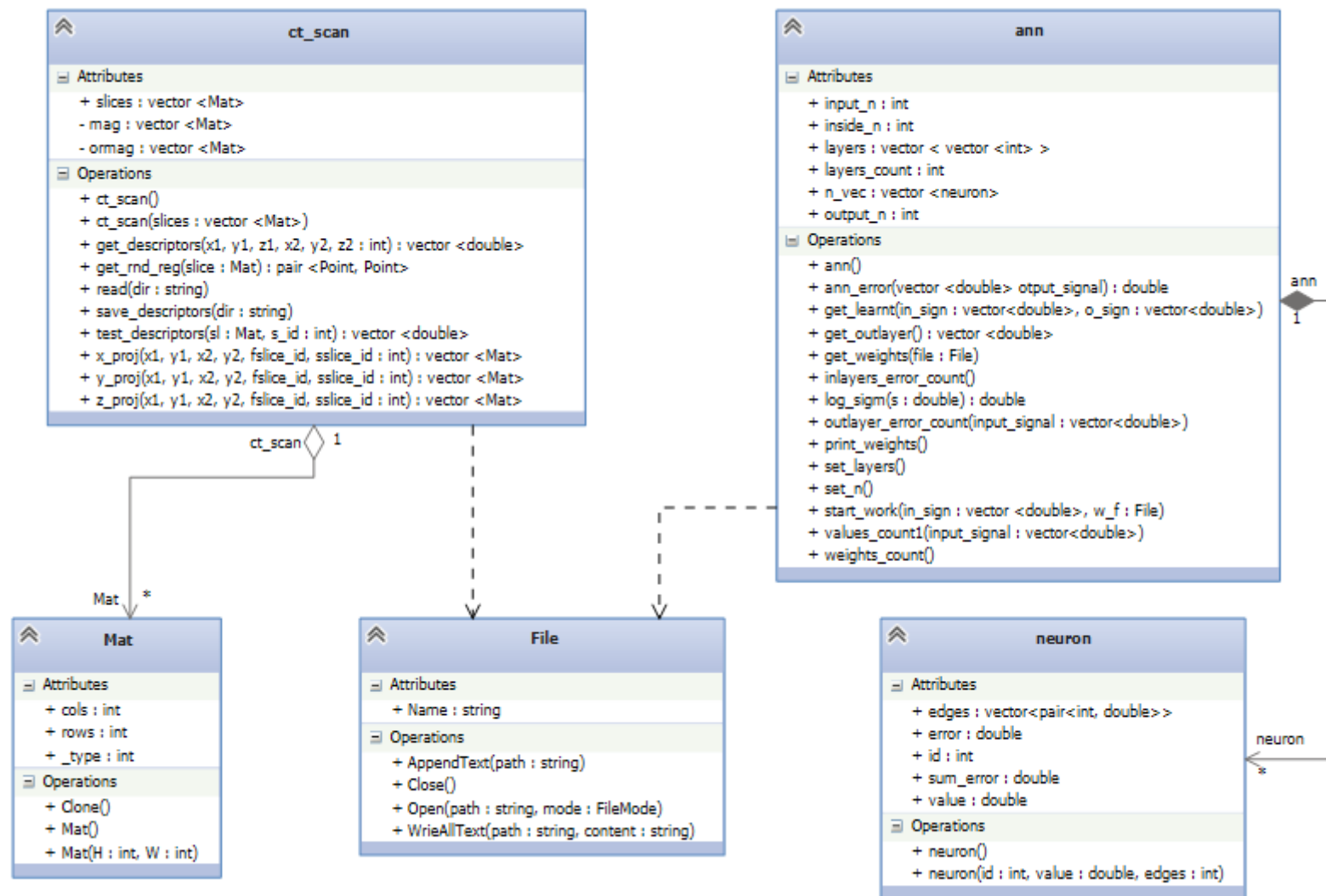


Рисунок 3.1 – Диаграмма классов проектируемого приложения

Таблица 3.1 – Описание классов реализованного алгоритма

Класс	Описание
Neuron	Описывает нейрон в искусственной нейронной сети. Имеет поля для хранения параметров нейрона – список выходящих ребер, идентификатор, значение, ошибку.
Ann	Представляет собой искусственную нейронную сеть. Имеет поля, описывающие структуру сети – количество слоев сети, количество нейронов в каждом слое, распределение нейронов по слоям. Содержит методы, обеспечивающие функционирование ИНС.
ct_scan	Описывает КТ-исследование. Содержит поля для хранения серии снимков КТ, значений магнитуд градиентов и их направления, а также методы по их обработке – построение проекций, получение вектора признаков, выбор прямоугольных областей снимка.
Mat	Класс библиотеки OpenCV для работы с изображениями. Предоставляет поля и методы для загрузки изображений, работы с пикселями, создания изображений.
File	Класс пространства имен iostream. Имеет методы для работы с файлами – создание, запись, дозапись, открытие, закрытие.

Для представления иерархии функциональных процессов предложенного алгоритма, связанных потоками данных на рисунке 3.2 приведена диаграмма потоков данных.

Диаграмма демонстрирует, как каждый процесс преобразует свои входные данные в выходные, в ходе получения и классификации каждой

прямоугольной области снимка и отображает отношения между этими процессами.

Стоит отметить, что представленные процессы выполняются для каждой вновь сгенерированной прямоугольной области исследуемого снимка. При этом физически хранятся лишь файлы со снимками КТ – входное изображение и результирующее. Промежуточные вектора, используемы в ходе работы алгоритма, содержатся в оперативной памяти, так как они актуальны только в рамках классификации одного снимка и не нужны при переходе к анализу нового снимка.

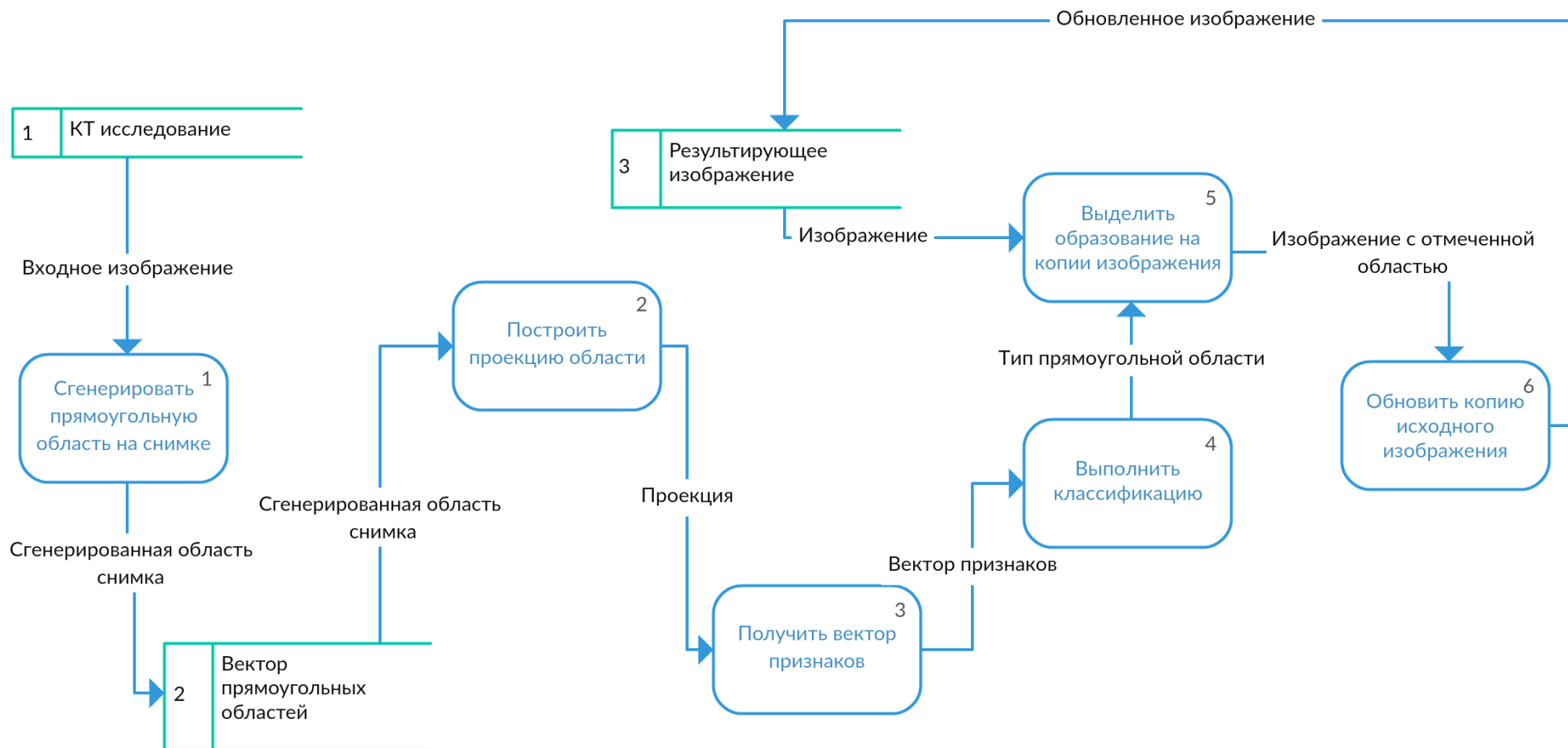


Рисунок 3.2 – Диаграмма потоков данных процесса получения и классификации каждой прямоугольной области снимка КТ

3.2. Программная реализация

3.2.1. Реализация приложения для подготовки обучающей выборки

Реализованное приложение применяется для получения требуемых прямоугольных областей на снимках КТ, информативных для обучения ИНС, а также для последующего тестирования предложенного метода.

Функционал приложения позволяет:

- переключаться между исследованиями, содержащимися в сформированной базе;
- просматривать снимки КТ каждого исследования;
- самостоятельно выбирать наиболее информативные прямоугольные области на изображении;
- просматривать аксиальную проекцию прямоугольной области на заданное количество срезов с целью подтверждения информативности проекции выбранной прямоугольной области на соседних срезах;
- сохранять указанные проекции прямоугольных областей в виде совокупности прямоугольных изображений.

Приложение реализовано на языке программирования C++ с использованием средств библиотеки компьютерного зрения OpenCV. Характеристики реализованного приложения представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Описание характеристик реализованного приложения для подготовки обучающей выборки

Характеристика	Описание
Тип приложения	Консольное
Входные параметры	Директория, в которой находится база изображений КТ, директория для сохранения созданных проекций
Выходные параметры	Проекции прямоугольных областей в виде совокупности прямоугольных изображений
Совместимость с ОС	Приложение можно скомпилировать под любую ОС, под которой можно собирать консольные приложения на языке программирования C++, в том числе Windows и Linux

3.2.2. Реализация предложенного алгоритма

Реализованный программный компонент выполняет функции обнаружения образований в легких человека на снимках КТ и является основным приложением, необходимым для апробации предложенного метода для решения поставленной задачи.

Архитектура реализованного программного компонента полностью соответствует спроектированной архитектуре, представленной в подразделе 3.1. настоящего раздела.

Программный компонент реализован на языке программирования C++ с использованием средств библиотеки OpenCV.

OpenCV представляет собой библиотеку алгоритмов компьютерного зрения, обработки изображений и численных алгоритмов общего назначения с открытым кодом [19]. Из средств OpenCV, используемых при реализации алгоритма стоит отметить функционал, позволяющий осуществлять работу со снимками КТ – загрузка, просмотр, создание, обращение к пикселям, сохранение, выделение прямоугольных областей, обрезка, конвертация форматов снимков, а также функционал для реализации построения магнитуд градиента и определение степени изменения яркости пикселей. Характеристики реализованного приложения представлены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Описание характеристик реализованного приложения для обнаружения образований в легких человека на снимках КТ

Характеристика	Описание
Тип приложения	Консольное.
Входные параметры	Директория, в которой находится база изображений КТ, директория для сохранения созданных проекций.
Выходные параметры	Проекции прямоугольных областей в виде совокупности прямоугольных изображений
Совместимость с ОС	Приложение можно скомпилировать под любую ОС, под которой можно собирать консольные CPP-приложения, например, Windows, Linux.

4. ТЕСТИРОВАНИЕ РАЗРАБОТАННЫХ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ

В ходе работы было произведено тестирование алгоритма в различных его вариациях для того, чтобы показать оптимальность итогового подбора параметров.

Тестирование производилось на ПК следующей конфигурации:

- процессор: Intel Core i7-4500 CPU @ 1.80 Ghz 2.40 Ghz;
- оперативная память: 8 Гб;
- операционная система: Windows 8.1;
- компилятор: Microsoft Visual C++ 2010.

Для апробации предложенного алгоритма была использована база изображений одного из медицинских учреждений томской области, описание которой приведено далее. При подсчете точности распознавания образований на снимках КТ за единицу измерения был принят процент. Процент точности распознавания подсчитывался путем определения отношения верно обработанных снимков к общему количеству снимков, используемых при тестировании и умножения полученного результата на 100 для нормирования.

Под верно обработанным снимком подразумевается исходное изображение, на котором выделены участки образований (большая их часть), в случае их наличия, или на котором ничего не выделено, в случае отсутствия каких-либо отклонений от нормы.

4.1. Создание базы изображений компьютерного томографа

Используемая база изображений КТ легких человека была предоставлена медицинским учреждением Томской области.

Для формирования базы, необходимой для апробации алгоритма, был использован программный продукт OsirX, который представляет собой решение для обработки изображений DICOM. Программный продукт входит в пакет ПО, установленного в рентген-кабинете медицинского учреждения. Изображения DICOM помещаются в специальную базу после проведения очередного обследования при помощи КТ. С помощью OsirX изображения

DICOM были конвертированы в формат JPEG, а также задано оптимальное расстояние между срезами для получения серии наиболее детальных снимков КТ для различных видов заболеваний из сформированной базы в ходе проведения КТ-исследования.

Также была произведена работа с базой данных медицинского учреждения для получения заключений, соответствующих сериям полученных изображений.

Из полученных JPEG изображений была сформирована собственная база пригодная для обучения ИНС и тестирования предложенного алгоритма. Сформированная база включает в себя изображения КТ с различными видами образований: пневмонии, туберкулезы, туберкулемы, абсцессы, эмфиземы, саркоидозы, рак (центральный и периферический), метастазы. В полученной базе содержатся КТ-исследования в количестве 50 штук. Каждой КТ-исследование включает более 100 изображений-срезов и сопровождается некоторым текстовым описанием. Текстовое описание каждого КТ-исследования включает сведения о количестве изображений-срезов в исследовании, типе заболевания, величине шага среза и создано с целью автоматического поиска изображений в базе и анализа параметров изображений.

В ходе выполнения исследования были проведены консультации с врачом-рентгенологом для выяснения особенностей выявления образований легких человека на практике, а также изучены виды образований легких человека при помощи специальной литературы, рекомендованной рентгенологами. Для правильности определения диагноза использовались текстовые файлы с заключениями рентгенологов, полученные из базы описаний КТ-исследований.

4.2. Оценка качества работы алгоритмов

4.2.1. Подбор параметров решения эмпирическим путем

Для обеспечения оптимальной скорости обучения и работы алгоритма в совокупности с высоким качеством классификации количество нейронов в скрытом слое было подобрано эмпирическим путем.

Для этого в соответствии с предложенным алгоритмом производилось обучение ИНС и последующее тестирование скорости обработки одного снимка, а также точности распознавания образований. Полученные статистические результаты представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Зависимость характеристик алгоритма от количества нейронов в скрытом слое

Количество нейронов в скрытом слое	Время обучения ИНС, мин	Точность распознавания, %	Время обработки одного снимка, с
10	10	90	4
20	14	94	6
30	17	97	10
40	22	97	14
50	28	97	18
60	35	97	24

Результаты зависимости времени обучения ИНС, точности распознавания и времени обработки одного снимка от количества нейронов в скрытом слое, представленные в таблице 4.1, послужили основанием для использования 30 нейронов в скрытом слое ИНС, в качестве наиболее оптимального параметра. Выбранные параметры алгоритма были использованы в качестве базового решения.

4.2.2. Результаты работы базового решения

Базовое решение было опробовано на базе изображений кабинета рентгенологии МЦ №2 СКБ ФГБУ СибФНКЦ ФМБА России. Сформированная

тестовая выборка включает 40 различных исследований КТ, содержащих по 100 изображений-срезов в каждом.

Тестирование показало, что реализованный метод решил проблему некорректной классификации в случаях периферических образований в легких человека, а также позволил учесть межкадровые изменения легочного рисунка, что способствовало увеличению точности распознавания образований до 97%.

Результатом работы алгоритма является изображение аналогичное исходному, на котором выделены прямоугольные области, распознанные как образования в легких. Примеры результатов работы алгоритма представлены на рисунках 4.1, 4.2.

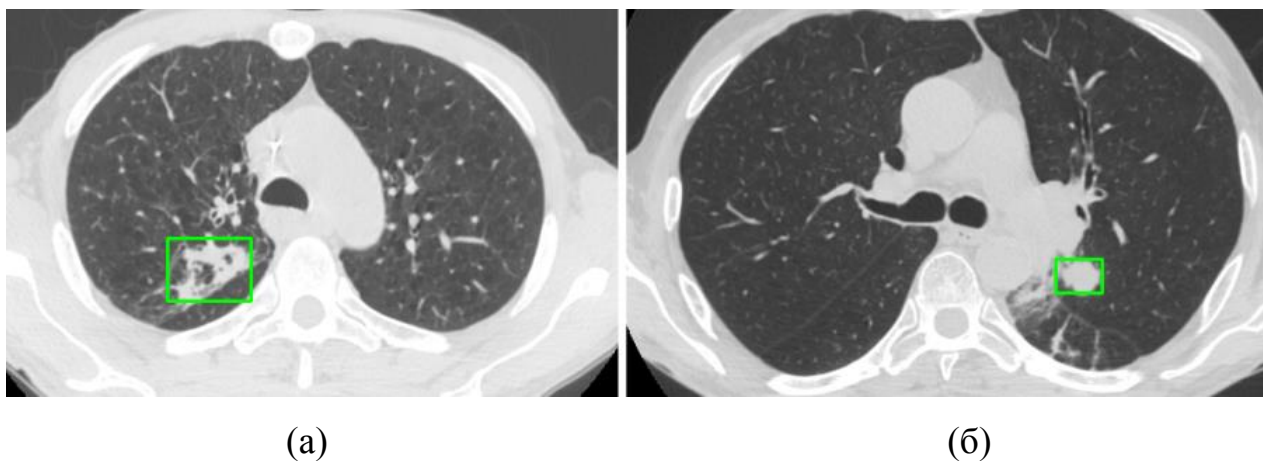


Рисунок 4.1 – Примеры результатов обнаружения одиночных образований в легких: (а) абсцесс, (б) периферический рак

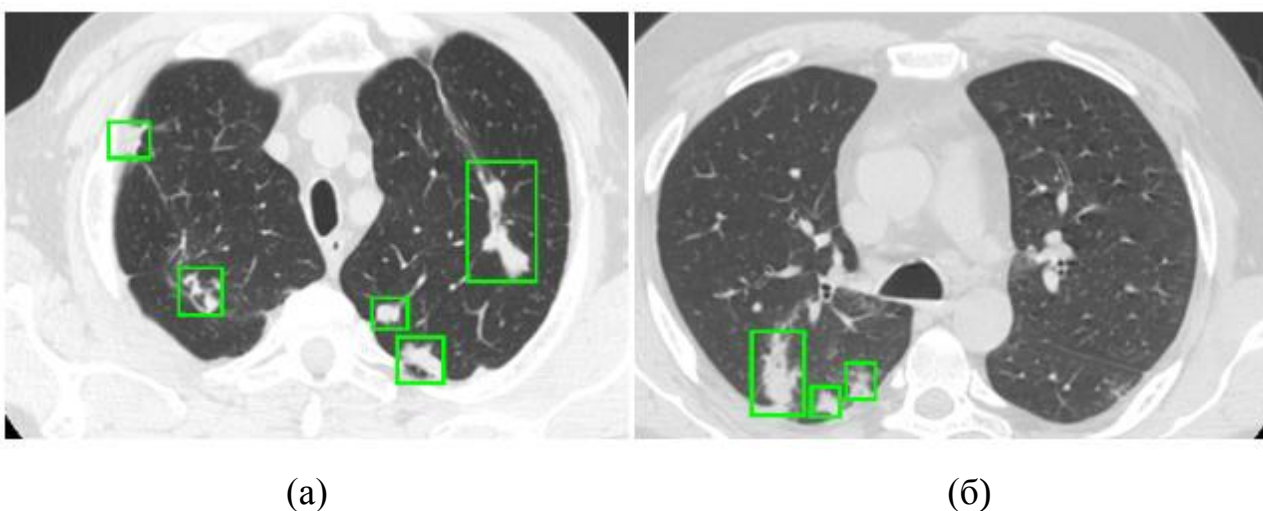


Рисунок 4.2 – Примеры результатов обнаружения множественных образований в легких: (а) туберкулез, (б) пневмония

Как можно заметить из приведенных изображений результатов работы, алгоритм пригоден как для обнаружения одиночных образований (рисунок 4.1), так и для обнаружения множественных образований (рисунок 4.2).

В настоящее время алгоритм используется в медучреждении для выявления образований, а также для анализа частоты возникновения различных видов образований в легких и их местоположения.

Для сравнения качества распознавания предложенного метода с алгоритмами, рассмотренным в первом разделе, была построена столбчатая диаграмма, представленная на рисунке 4.3.

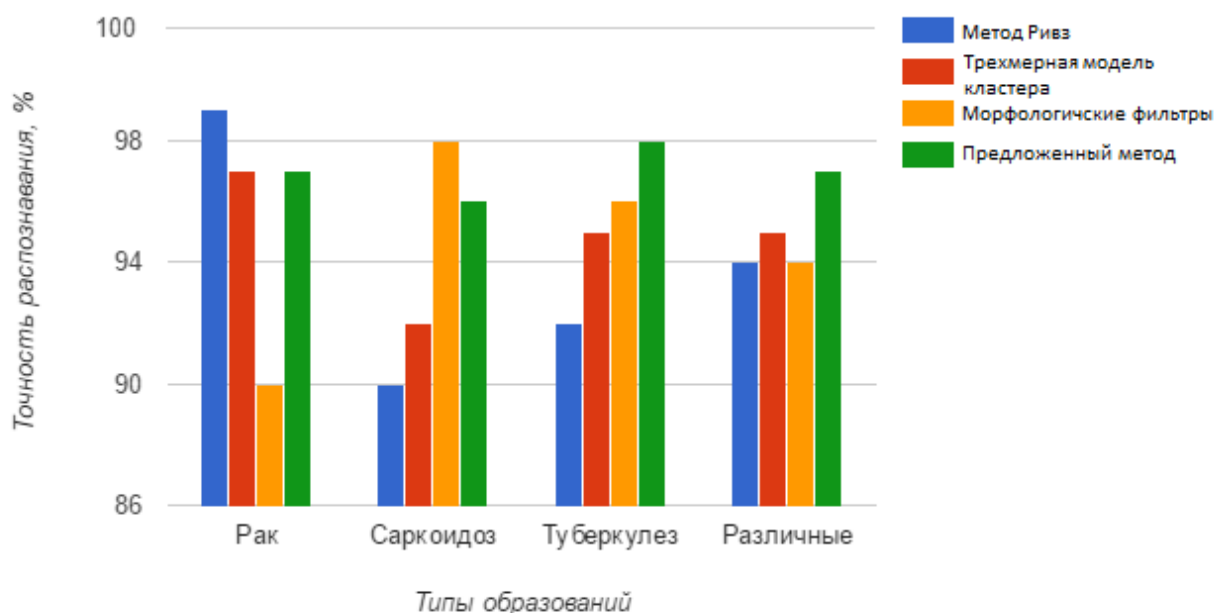


Рисунок 4.3 – Сравнения точности распознавания образований на снимках КТ для рассмотренных алгоритмов

Как можно заметить, предложенный алгоритм несколько уступает в точности распознавания методам, ориентированным на поиск определенного вида образования: метод Ривз – рак, морфологические фильтры – саркоидоз. Однако при поиске и выделении различных видов образований предложенный метод опережает рассмотренные, что является его главным преимуществом, так как использование различных алгоритмов для обработки одного изображения требует больших временных и вычислительных ресурсов.

5. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Студенту:

Группа	ФИО
8И2Б	Максимовой Елене Ивановне

Институт	Кибернетики	Кафедра	Вычислительной техники
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	09.03.02 «Информационные системы и технологии»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих 2. Нормы и нормативы расходования ресурсов 3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	4. Человеческие ресурсы 2 чел.
---	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения. 2. Планирование и научно-исследовательских работ.	1. Определение потенциальных потребителей. 2. Анализ конкурентных технических решений. 3. Сравнение конкурентных технических решений с использованием технологии QuaD. 4. Проведение SWOT-анализа. 5. Определение структуры работ. 6. Разработка календарного плана-графика работ.
--	---

Перечень графического материала:

1. Оценка конкурентоспособности технических решений 2. Матрица SWOT 3. График проведения НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Николаенко Валентин Сергеевич	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8И2Б	Максимова Елена Ивановна		

Введение. На территории Российской Федерации значительное число больных нуждается в проведении различного рода обследований при помощи компьютерного томографа. При этом, ввиду дорогой стоимости аппаратов, лишь часть медицинских учреждений оказывает услуги по диагностике заболеваний при помощи КТ. Стоит отметить, что множество из подобных учреждений частные. Таким образом, для проведения обследования пациент должен ждать своей очереди или обращаться в платное медицинское учреждение. Некоторые заболевания нередко выявляются при прохождении обследования с использованием КТ. К таким заболеваниям можно отнести злокачественные опухоли, которые необходимо диагностировать на ранних стадиях. Поэтому в сложившейся ситуации высокую степень актуальности имеет задача повышения скорости проведения обследований путем частичной автоматизации процесса анализа изображений КТ.

Несмотря на очевидную перспективность научного исследования «Разработка алгоритма для обнаружения образований в легких человека на снимках компьютерного томографа», ценность работы необходимо определять не только масштабом открытия, оценить который верно на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта достаточно трудно, но и коммерческой ценностью разработки.

Поэтому оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Это важно для разработчиков, которые должны представлять состояние и перспективы проводимых научных исследований.

Цели. Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

В рамках выбранной тематики проведения научного исследования «Разработка алгоритма для обнаружения образований в легких человека на снимках компьютерного томографа» целесообразным является:

- Определить востребованность разработки;
- Определить достоинства и недостатки относительно существующих решений;
- Установить целесообразность вложения средств в научно-исследовательский проект;
- Оценить возможные риски, связанные с разработкой и внедрением решения;
- Осуществить планирование проведения исследования и выбор ответственных участников исследования ввиду большого объема работ.

В связи с вышеупомянутыми особенностями научного исследования в качестве приоритетных целей раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» были определены: «Оценка перспективности и альтернатив проведения научного исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения коммерческого потенциала» и «Планирование научно-исследовательских работ», раскрывающие наиболее актуальные вопросы в рамках тематики научного исследования.

Задачи. Для достижения описанных выше целей необходимо решить следующие задачи:

- Определение потенциальных потребителей для анализа необходимости выполнения исследования путем рассмотрения целевого рынка и проведения его сегментирования;
- Анализ конкурентных технических решений для своевременного внесения корректив в научное исследование, чтобы успешно противостоять конкурентным решениям.
- Сравнение конкурентных технических решений с использованием технологии QuaD, позволяющей измерить характеристики, описывающие качество новой разработки и ее перспективности на рынке, а также

позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект;

- Проведение SWOT-анализа для комплексной оценки угроз, возможностей, сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта, а также для анализа внешней и внутренней среды проекта;

- Определение структуры работ в рамках научного исследования для обеспечения возможности формирования календарного плана-графика работ с учетом участников работ;

- Разработка календарного плана-графика работ в рамках научного исследования для осуществления планирования в рамках научного исследования.

5.1. Оценка коммерческого потенциала

5.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Произведем анализ рынка потенциальных потребителей. Поскольку разработка, которой посвящено данное исследование, является не только теоретической, но и практической, первичными потребителями являются другие лица (как физические, так и юридические), занимающиеся научно-исследовательской деятельностью в области анализа изображений компьютерного томографа, а так же сбора статистической информации о заболеваниях легких человека. Главными потребителями разработки являются медицинские учреждения, оказывающие услуги по КТ-диагностики легких.

Таким образом, в качестве основного критерия сегментации является профессия и/или специализация потенциального потребителя, а также его территориальное расположение (рис. 5.1).

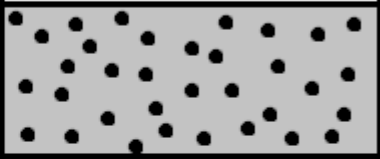
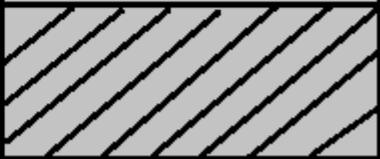
		Территориальное расположение	
		В РФ	За пределами РФ
Специализация потребителя	Медицинское учреждение		
	Компания по сбору статистики заболеваний легких		
	Исследования видов заболеваний и их структуры на снимке КТ		

Рисунок 5.1 – Карта сегментирования рынка услуг по использованию алгоритмов обнаружения образований в легких человека на снимках компьютерного томографа:

 Метод Ривз
  Метод сегментации снимка
  Метод применения морфологических операций

Как можно заметить из приведенной карты сегментирования рынка услуг по использованию алгоритмов обнаружения образований в легких человека на снимках компьютерного томографа подобные исследования ведутся за рубежом, а российский рынок не представляет серьезной конкурентоспособности.

5.1.2. Анализ конкурентных технических решений

В качестве основных конкурентных технических решений были выбраны следующие разработки:

- Метод применения морфологических операций (в таблице обозначен как «1»),
- Метод сегментации снимка (в таблице обозначен как «2»),

- Алгоритм, предлагаемый в данной работе (в таблице обозначен как «3»).

Результаты конкурентного анализа приведены в таблице 5.1:

Таблица 5.1 – Результаты конкурентного анализа

Критерии оценки	Вес	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б ₁	Б ₂	Б ₃	К ₁	К ₂	К ₃
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Скорость работы	0,3	5	4	4	1,5	1,2	1,2
2. Универсальность	0,35	4	3	5	1,4	1,05	1,75
3. Простота эксплуатации	0,05	2	2	2	0,1	0,1	0,1
4. Функциональная мощность	0,1	5	3	4	0,5	0,3	0,4
5. Потенциал разработки	0,1	3	3	4	0,3	0,3	0,5
Экономические критерии оценки эффективности							
6. Доступность	0,1	4	3	5	0,4	0,3	0,5
7. Законченность работы	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
Итого:		29	24	26	4,7	3,75	3,95

Поясним некоторые пункты:

- Под «Универсальностью» подразумевается мощность множества входных тестов, на которых гарантируется высокая производительность алгоритма.

- Под «Доступностью» понимается то, насколько открытой является разработка. Например, метод применения морфологических операций является полностью открытой разработкой – код находится в открытом доступе, равно как и теоретические основы. С другой стороны, код алгоритма в методе сегментации снимка находится в закрытом доступе.

- Критерий «Функциональная мощность» отражает наличие либо отсутствие дополнительных возможностей. Метод применения морфологических операций является доминирующим алгоритмом по данному параметру, поскольку в пакете также предоставляются и функции, например, по предобработке анализируемого изображения, так как механизм применения морфологических операций частично может решать эту задачу.

- Критерий «Потенциал разработки» отражает возможности по улучшению алгоритма без внесения значительных изменений в его архитектуру. Здесь наилучшим образом показывают себя алгоритмы, использующие эволюционный подход, поскольку их структура содержит ряд легко настраиваемых параметров, оказывающих очень значительное влияние на работу, по этой причине предложенный алгоритм имеет высокие баллы для этого критерия.

По результатам конкурентного анализа предложенный алгоритм имеет наивысшую конкурентоспособность в сравнении с другими рассмотренными методами, которая достигается за счет универсальности алгоритма – может быть выявлен любой тип образования в легких.

5.1.3. Технология QuaD

Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений приведена в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Оценочная карта

Критерии оценки	Вес	Баллы	Макс. балл	Отн. знач.	Ср.-взвеш. знач.
Показатели оценки качества разработки					
1. Скорость работы	0,3	70	100	0,7	0,21
2. Универсальность	0,35	80	100	0,8	0,28
3. Простота эксплуатации	0,05	40	100	0,4	0,02
4. Функциональная мощность	0,1	40	100	0,4	0,04
5. Потенциал разработки	0,1	90	100	0,9	0,09
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
8. Доступность	0,1	80	100	0,8	0,08
9. Законченность работы	0,1	80	100	0,6	0,08
Итого:					0,8

Из приведенных результатов можно заметить, что интегральный показатель конкурентоспособности данной разработки составляет 0,8, что является благоприятным для продолжения исследований и говорит о перспективности разработки.

5.1.4. SWOT-анализ

В ходе проведения SWOT-анализа была составлена итоговая матрица (таблица 5.3), содержащая описание сильных и слабых сторон проекта, выявление возможностей и угроз, а также их корреляцию.

Таблица 5.3 – Результаты SWOT-анализа

	Сильные стороны С1. Использование инновационного подхода С2. Широкие возможности по масштабированию и улучшению проекта С3.Открытость разработки	Слабые стороны Сл1. Проигрыш в скорости относительно конкурентов на некоторых типах изображений Сл2. Необходимость наличия обучающей выборки для конкретного типа томографа
Возможности В1. Отсутствие точных методов решения задачи поиска образований на снимках В2. Тенденция к увеличению популярности использования алгоритмов компьютерного зрения для решения задач по автоматизации процессов В3. Неравномерность скорости работы у конкурентных разработок	В2С2: В связи с пристальным вниманием к алгоритмам компьютерного зрения в последнее время, возможно появление новых оптимизаций и эвристик, которые в будущем можно будет легко интегрировать в имеющуюся разработку, тем самым значительно улучшая ее конкурентоспособность В3С1: Предложенный подход не опирается на свойства каких-то конкретных классов образований, тем самым обеспечивая значительную универсальность	В3Сл2: Сложность подготовки обучающей выборки и большие временные затраты на обучение искусственной нейронной сети для обеспечения работы алгоритма

Угрозы У1. Отсутствие мотивации (в том числе и материальной) к дальнейшему развитию проекта У2. Недостаток человеческих ресурсов по сравнению с конкурентными разработками.	У1У2С2: Недостаток ресурсов для обеспечения масштабирования проекта и создания дополнительных модулей	У1У2Сл1: В случае прекращения исследований по данной теме, разработка не сможет раскрыть своего потенциала и улучшить отстающие параметры по сравнению с конкурентами
--	--	--

Таким образом, можно сделать вывод, что проект необходимо развивать в направлении наибольшей универсальности, не привязываясь к каким-то конкретным классам образований. При этом следует внимательно следить и по возможности применять новейшие разработки в общей теории алгоритмов компьютерного зрения.

Интерактивная матрица проекта представлена в таблицах 5.4, 5.5:

Таблица 5.4 – Интерактивная матрица проекта (сильные стороны)

	Сил1	Сил2	Сил3
В1	-	-	-
В2	+	+	-
В3	+	-	-

Таблица 5.5 – Интерактивная матрица проекта (слабые стороны)

	Слаб1	Слаб2
У1	+	-
У2	+	-

5.2. Планирование научно-исследовательских работ

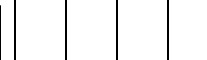
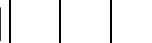
5.2.1. Структура работ в рамках научного исследования

Перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования представлен в таблице 5.6:

Таблица 5.6 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№	Содержание работ	Исполнитель
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Руководитель, дипломник
	3	Изучение уже существующих решений в данной области	Дипломник
	4	Выбор направления исследований	Руководитель, дипломник
	5	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, дипломник
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Теоретическая разработка структуры алгоритма, решающего поставленную задачу	Дипломник
	7	Построение пробного варианта алгоритма	Дипломник
	8	Оценка результатов и, при необходимости, итеративное внесение изменений в структуру алгоритма	Дипломник, руководитель
Обобщение и оценка результатов	9	Сравнение результатов работы конечного варианта алгоритма с другими решениями в данной области	Дипломник
	10	Оценка эффективности полученных результатов	Дипломник, руководитель
	11	Оценка целесообразности проведения дальнейших исследований по данной теме	Дипломник, руководитель

Таблица 5.7 – Календарный план-график работ

№	Вид работ	$T_{k,i}$	Продолжительность выполнения работ																										
			Сент			Окт			Ноябрь			Дек			Февр			Март			Апр			Май			Июнь		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Составление и утверждение технического задания	15																											
2	Подбор и изучение материалов по теме	42																											
3	Изучение уже существующих решений в данной области	31																											
4	Выбор направления исследований	10																											
5	Календарное планирование работ по теме	10																											
6	Теор. разработка структ. алгоритма, реш-го поставл. задачу	48																											
7	Построение пробного варианта алгоритма	28																											

Продолжение таблицы 5.7

[illegible]

Примечание к таблице 5.7:

 – Руководитель

■ – ДИПЛОМНИК

Заключение. В ходе оценки перспективности и альтернатив проведения научного исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения коммерческого потенциала» для работы «Разработка алгоритма для обнаружения образований в легких человека на снимках компьютерного томографа» были определены потенциальные потребители разработки – российские медицинские учреждения и компании по сбору медицинских статистик.

Также был произведен анализ конкурентных технических решений, результаты которого показали, что предложенный метод имеет высокую конкурентоспособность за счет своей универсальности. Рассчитанный интегральный показатель конкурентоспособности подтвердил перспективность разработки и проведения исследований в данной области.

Сильные и слабые стороны решения, его возможности и угрозы, а также корреляция этих показателей были определенных в ходе SWOT-анализа. Полученные показатели позволили определить направление развития предложенного решения для достижения наибольшей востребованности среди целевой аудитории. При этом была установлена необходимость применения новейших разработок общей теории алгоритмов компьютерного зрения для снижения асимптотики используемого метода с целью уменьшения времени работы алгоритма.

Определение перечня этапов и работ в рамках проведения научного исследования позволило структурировать и упорядочить запланированные этапы, а также распределить ответственных исполнителей-участников проекта.

Созданный перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования лег в основу структуры календарного плана-графика, необходимого для детального планирования времени выполнения определенного этапа научного исследования.

6. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Студенту:

Группа	ФИО
8И2Б	Максимовой Елене Ивановне

Институт	Кибернетики	Кафедра	Вычислительной техники
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	09.03.02 «Информационные системы и технологии»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта и области его применения	Объектом дипломной работы является разработка алгоритма для обнаружения образований в легких человека на снимках компьютерного томографа. Разработка может быть применена физическими или юридическими лицами для научно-исследовательской деятельности в области анализа изображений компьютерного томографа, а так же сбора статистической информации о заболеваниях легких человека.
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения	Анализ и выявление вредных производственных факторов рабочей среды, а именно: отклонение показателей микроклимата в помещении; повышенный уровень шума и вибрации на рабочем месте; недостаточная освещенность рабочей зоны; повышенный уровень электромагнитных излучений. Анализ и выявление опасных производственных факторов рабочей среды, влияющих на организм человека при разработке программного обеспечения в рабочем помещении учебной лаборатории, а именно: электрический ток; пожаробезопасность.
2. Экологическая безопасность 2.1 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду 2.2 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды	Утилизация используемой орг. техники и люминесцентных ламп.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях 3.1 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований 3.2 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС	Анализ возможных чрезвычайных ситуаций, которые могут возникнуть в рабочем помещении лаборатории, а именно пожаров, установка общих правил поведения во время пожара и рекомендаций, плана эвакуации.

4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности 4.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства 4.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя	Основные проводимые правовые и организационные мероприятия по обеспечению безопасности трудящихся в лабораториях, ЭВМ. Обеспечение устройства рабочего места согласно требованиям и нормам соответственных нормативных документов.
---	--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцева Ирина Леонидовна	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8И2Б	Максимова Елена Ивановна		

Введение. Объектом дипломной работы является разработка алгоритма и программных средств для обнаружения образований в легких человека на снимках компьютерного томографа. При этом в работе поставлены следующие задачи:

- Изучение теоретического материала по теории алгоритмов компьютерного зрения и теории нейроэволюционных вычислений;
- Предложение собственного метода для решения задачи обнаружения образований в легких человека на снимках компьютерного томографа;
- Написание пробного алгоритма, подбор оптимальных параметров;
- Сравнение с уже имеющимися исследованиями по данной тематике и анализ эффективности предложенного подхода в задаче обнаружения образований в легких человека на снимках компьютерного томографа.

Описанные выше работы проводятся в Учебно-научной лаборатории геоинформационных технологий, далее офис, находящейся на кафедре «Вычислительной техники», десятого корпуса Томского Политехнического Университета, в аудитории 401.

6.1. Производственная безопасность

Научно-исследовательская работа выполнялась в рабочем кабинете учебно-научной лаборатории геоинформационных технологий, оснащенном персональными электронно-вычислительными машинами (ПЭВМ). В процессе работы на программиста действуют различные опасные и вредные факторы. Задача охраны труда свести действие этих факторов к минимуму и создать оптимальные условия труда. Работа с ЭВМ регламентируется санитарными правилами и нормами СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».

Рабочее место находится на четвертом этаже здания и представляет собой комнату длиной – 5 м., шириной – 4 м. и высотой – 3 м. Естественное освещение кабинета осуществляется посредством одного окна размерами 2,2 м. х 1,5 м. Дверь – металлическая, одностворчатая, черного цвета. Высота двери – 2 м., ширина – 1 м. Стены комнаты окрашены водоэмульсионной краской бежевого цвета. Потолок подвесной, плиточный. Пол покрыт линолеумом. Площадь кабинета составляет 20 м², объем – 60 м³.

Помещение оборудовано на четыре рабочих места, где установлены 4 персональных компьютера с жидкокристаллическими экранами. Требования, которые определены к минимальной площади и объему на одно рабочее место (4 м² на человека) – выполняются [20].

Выявленные опасные и вредные факторы согласно ГОСТ 12.0.003-74 (с измен. №1, октябрь 1978г., переиздание 1999 г.) «Классификация вредных и опасных производственных факторов» [21] приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Выявленные опасные и вредные производственные факторы согласно ГОСТ 12.0.003-74

Вредные производственные факторы	Опасные производственные факторы
Отклонение показателей микроклимата в помещении	Электрический ток
Повышенный уровень шума и вибрации на рабочем месте	Повышенный уровень статического электричества
Недостаточная освещенность рабочей зоны	Пожаробезопасность
Повышенный уровень электромагнитных излучений	

6.1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения

6.1.1.1. Отклонение показателей микроклимата в помещении

Микроклимат производственных помещений – это климат внутренней среды этих помещений, который определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также интенсивности теплового излучения от нагретых поверхностей [22].

Оптимальные значения этих характеристик зависят от сезона (холодный, тёплый), а также от категории физической тяжести работы. Для инженера-программиста она является лёгкой (1а), так как работа проводится сидя, без систематических физических нагрузок.

Согласно требованиям СанПиН 2.2.4.548 – 96. «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» [23], оптимальные параметры микроклимата в офисах приведены в таблице 6.2.

Таблица 6.2– Оптимальные значения характеристик микроклимата по СанПиН 2.2.4.548 – 96 [23]

Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхности, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	22-24	21-25	40-60	0,1
Тёплый	23-25	22-26	40-60	0,1

Таблица 6.3 – Допустимые величины показателей микроклимата (СанПиН 2.2.4.548 – 96) [23]

Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	19-24	18-25	15-75	0,1-0,2
Теплый	20-28	19-29		0,1-0,3

Если температура воздуха отличается от нормальной, то время пребывания в таком помещении должно быть ограничено в зависимости от категории тяжести работ.

Для создания благоприятных условий труда и повышения производительности, необходимо поддерживать оптимальные параметры микроклимата производственных помещений. Для этого предусмотрены следующие средства: центральное отопление, вентиляция (искусственная и естественная), искусственное кондиционирование. Все из вышеперечисленных средств используются на рабочем месте.

После фактических измерений были получены следующие параметры:

- Температура воздуха – 24° С;
- Температура поверхности – 25° С;
- Относительная влажность – 54%;

- Скорость движения воздуха (с закрытыми окнами и дверью) – 0,1 м/с.

Можно увидеть, что фактические значения укладываются в значения, установленные СанПиН 2.2.4.548 – 96.

6.1.1.2. Недостаточная освещенность рабочей зоны

Освещение – получение, распределение и использование световой энергии для обеспечения благоприятных условий видения предметов и объектов [22].

В рабочем помещении сочетаются естественное освещение (через окна) и искусственное освещение (использование ламп при недостатке естественного освещения).

Светильники в помещении располагаются равномерно по площади потолка, тем самым обеспечивая равномерное освещение рабочих мест.

Разряд зрительных работ программиста относится к разряду III подразряду Г (высокой точности). Параметры искусственного освещения согласно СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение» указаны в таблице 6.4 [24]. Нормы коэффициента пульсации освещенности для III зрительных работ указаны в таблице 6.5.

Таблица 6.4– Нормативные значения освещённости по СНиП 23-05-95 [24]

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Искусственное освещение		
						Освещённость, Лк		
						При комб. освещении		При общ. освещении
						всего	В том числе от общего	
Высокой точности	От 0,3 до 0,5	III	Г	Средний << Большой	Светлый << Средний	400	200	200

Таблица 6.5– Нормы коэффициента пульсации освещенности для III зрительных работ

Система освещения		Коэффициент пульсации освещенности для III разряда зрительной работы, %
Общее освещение		15
Комбинированное освещение	а) общее	20
	б) местное	15

6.1.1.3. Повышенный уровень шума и вибрации на рабочем месте

Шум определяется как звук, оцениваемый негативно и наносящий вред здоровью [22]. Основными источниками шума в помещении являются:

- система охлаждения центральных процессоров;
- жесткие диски.

При выполнении основной работы на ПЭВМ уровень шума на рабочем месте не должен превышать 50 дБА. Допустимые уровни звукового давления в помещениях для персонала, осуществляющего эксплуатацию ЭВМ при разных значениях частот согласно СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой, застройки», приведены в таблице 6.6 [26]

Таблица 6.6– Допустимые уровни звука на рабочем месте согласно СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [7]

Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентного звука (в дБА)
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Конструкторские бюро, программисты, лаборатории	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Для снижения уровня шума, производимого персональными компьютерами, рекомендуется регулярно проводить их техническое

обслуживание: чистка от пыли, замена смазывающих веществ; также применяются звукопоглощающие материалы.

6.1.1.4. Повышенный уровень электромагнитных излучений

Воздействие электромагнитного излучения на человека зависит от напряженностей электрического и магнитного полей, потока энергии, частоты колебаний, размера облучаемого тела [22].

Работа проводилась на современном компьютере, где значения электромагнитного излучения малы и отвечают требованиям СанПиН 2.2.4.1191-03. «Электромагнитные поля в производственных условиях», которые приведены в таблице 6.7 [26].

Таблица 6.7– Допустимые уровни электромагнитных полей согласно СанПиН 2.2.4.1191-03 [7]

Наименование параметров	Допустимые значения
Напряженность электромагнитного поля на расстоянии 50 см. вокруг ВДТ по электрической составляющей должна быть не более: в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц в диапазоне частот 2 – 400 кГц	 25 В/м 2.5 В/м
Плотность магнитного потока должна быть не более: в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц в диапазоне частот 2 – 400 кГц	 250 нТл 25 нТл
Напряженность электростатического поля:	20 кВ/м

Основной способ снижения вредного воздействия – это увеличение расстояния от источника (не менее 50 см от пользователя). При работе за компьютером специальные экраны и другие средства индивидуальной защиты применены не были.

6.1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения

6.1.2.1. Электрический ток

Электробезопасность – это система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного для жизни воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества [27]. Персональный компьютер питается от сети 220 В переменного тока с частотой 50Гц. Помещение с ПЭВМ, где проводились описанные выше работы, относится к помещениям без повышенной опасности согласно классификации помещений по опасности поражения людей электрическим током [28], так как отсутствуют следующие факторы:

- сырость;
- токопроводящая пыль;
- токопроводящие полы;
- высокая температура;
- возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землёй металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам и механизмам и металлическим корпусам электрооборудования.

К мероприятиям по предотвращению возможности поражения электрическим током относятся [22]:

- при включенном сетевом напряжении работы на задней панели должны быть запрещены;
- все работы по устранению неисправностей должен производить квалифицированный персонал;
- необходимо постоянно следить за исправностью электропроводки.

6.1.2.2. Пожарная безопасность

Пожарная безопасность включает в себя комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности людей,

предотвращения пожара, ограничение его распространения, а также создание условий для успешного тушения пожара.

Пожарная опасность персональных электронно-вычислительных машин, обусловлена наличием в применяемом электрооборудовании горючих изоляционных материалов. Горючими являются изоляция обмоток трансформаторов, различных электромагнитов, проводов и кабелей.

Помещение, где проводились описанные выше работы, по пожарной и взрывной опасности относят к категории Д (пониженная пожароопасность) согласно ППБ-03 [29], характеризующейся отсутствием легковоспламеняющихся веществ и материалов в горячем состоянии. К категории Д относятся помещения, в которых находятся (обращаются) негорючие вещества и материалы в холодном состоянии.

Здание 10ого корпуса, в котором находится помещение, относится к негорючим по НПБ 105-95. «Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности» [30].

Для того что бы избежать возникновения пожара необходимо проводить следующие профилактические работы, направленные на устранение возможных источников возникновения пожара:

- периодическая проверка проводки;
- отключение оборудования при покидании рабочего места;
- проведение инструктажа работников о пожаробезопасности.

Для предотвращения пожара в аудитории с ПЭВМ имеется:

- углекислотный огнетушитель типа ОУ-2 (данный тип огнетушителя подходит для помещений с электрооборудованием (ГОСТ Р 51057-01 и НПБ 155-02);
- пожарная сигнализация ДИП-3СУ (извещатель пожарный, дымовой оптико-электронный точечный).

6.2. Экологическая безопасность

6.2.1. Анализ влияния исследования на окружающую среду

Помещение с персональным компьютером относится к пятому классу, размер санитарно-защитной зоны которого равен 50 метров, так как работа на персональном компьютере не является экологически опасной.

6.2.2. Обоснование мероприятий по защите окружающей среды

Отработанная техника утилизируется с уничтожением информации согласно ГОСТ Р 50739-95 «Средства вычислительной техники. Защита от несанкционированного доступа к информации» [31]. Отработанные люминесцентные лампы утилизируются согласно ГОСТ 30772-2001 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Термины и определения» [32].

В случае выхода из строя ПК, они списываются и отправляются на специальный склад, который при необходимости принимает меры по утилизации списанной техники и комплектующих.

В целом, утилизация ламп предполагает передачу использованных ламп предприятиям – переработчикам, которые с помощью специального оборудования перерабатывают вредные лампы в безвредное сырье – сорбент, которое в последующем используют в качестве материала для производства, например тротуарной плитки.

Все мероприятия по утилизации выполняются посредством сторонних компаний, имеющих соответствующие лицензии на такую деятельность (согласно ст. 17 Федерального закона от 8 августа 2001 г. №128-ФЗ «О лицензировании отдельных видов деятельности» [33]).

6.3. Защита в чрезвычайных ситуациях

6.3.1. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований

В данном случае на объекте (офис) могут возникать чрезвычайные ситуации (ЧС) следующего характера:

- техногенные;
- экологические;
- природные.

Наиболее типичной ЧС для помещения, котором производится выполнение ВКР, является пожар. Данная ЧС может произойти в случае замыкания электропроводки оборудования, обрыву проводов, не соблюдению мер пожаробезопасности и т.д.

6.3.2. Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС

Для того что бы избежать возникновения пожара необходимо проводить следующие профилактические работы, направленные на устранение возможных источников возникновения пожара:

- периодическая проверка проводки;
- отключение оборудования при покидании рабочего места;
- проведение инструктажа работников о пожаробезопасности.

Для того что бы увеличить устойчивость офисного помещения к ЧС необходимо устанавливать системы противопожарной сигнализации, реагирующие на дым и другие продукты горения, установка огнетушителей, обеспечить офис и проинструктировать рабочих о плане эвакуации из офиса, а так же назначить ответственных за эти мероприятия. Два раза в год (в летний и зимний период) проводить учебные тревоги для отработки действий при пожаре. В ходе осмотра офисного помещения были выявлены системы, сигнализирующие о наличие пожара или задымленности помещения и наличие огнетушителей.

В случае возникновения ЧС как пожар, необходимо предпринять меры по эвакуации персонала из офисного помещения в соответствии с планом эвакуации (план эвакуации имеется и размещен в помещении лаборатории). При отсутствии прямых угроз здоровью и жизни произвести попытку тушения возникшего возгорания огнетушителем. В случае потери контроля над

пожаром, необходимо эвакуироваться вслед за сотрудниками по плану эвакуации и ждать приезда специалистов, пожарников. При возникновении пожара должна сработать система пожаротушения, издав предупредительные сигналы, и передав на пункт пожарной станции сигнал о ЧС, в случае если система не сработала, по каким либо причинам, необходимо самостоятельно произвести вызов пожарной службы по телефону 101, сообщить место возникновения ЧС и ожидать приезда специалистов.

6.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

6.4.1. Специальные правовые нормы трудового законодательства

В Российской Федерации вопросы, относящиеся к организации и охране труда при работе за компьютером, регулируются:

- Трудовым кодексом,
- «Гигиеническими требованиями к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» (СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03),
- «Типовой инструкцией по охране труда при работе на персональном компьютере» (ТОИ Р-45-084-01).

Ответственность за выполнение данных норм возлагается на юридических лиц, осуществляющих разработку, производство и эксплуатацию ПЭВМ. Например, согласно п. 13.1 Санитарных правил 2.2.2/2.4.1340-03 [20] лица, работающие с ПЭВМ более 50% рабочего времени (профессионально связанные с эксплуатацией ПЭВМ), должны проходить обязательные предварительные при поступлении на работу и периодические медицинские осмотры в установленном порядке.

Минимальные размеры таких выплат и условия указанного повышения устанавливаются в порядке, определяемом Правительством РФ, с учетом мнения Российской трехсторонней комиссии по регулированию социально-трудовых отношений. Конкретные размеры повышения оплаты труда определяются работодателем с учетом мнения представительного органа

работников в порядке, установленном ст. 372 ТК РФ [36], либо коллективным договором, трудовым договором.

Организация режимов труда и отдыха при работе с ПЭВМ в соответствии с [20] осуществляется в зависимости от вида и категории трудовой деятельности.

Выполняемая работа по виду трудовой деятельности относится к группе Б – работа по вводу информации и по категории тяжести к категории В – суммарное время непосредственной работы с ПЭВМ за рабочую смену не более 6 часов за смену.

В зависимости от категории трудовой деятельности и уровня нагрузки за рабочую смену при работе с ПЭВМ устанавливается суммарное время регламентированных перерывов.

При возникновении у работающих с ПЭВМ зрительного дискомфорта и других неблагоприятных субъективных ощущений, несмотря на соблюдение санитарно-гигиенических и эргономических требований, рекомендуется применять индивидуальный подход с ограничением времени работы с ПЭВМ.

Продолжительность непрерывной работы с ВДТ без регламентированного перерыва в соответствии с санитарными нормами и правилами [20] не должна превышать 1 час.

При работе с ПЭВМ в ночную смену (с 22 до 6 час), независимо от категории и вида трудовой деятельности, продолжительность регламентированных перерывов следует увеличивать на 30%.

6.4.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя

Требования к организации рабочих мест пользователей:

- Рабочее место должно быть организовано с учетом эргономических требований согласно ГОСТ 12.2.032-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» [24] и ГОСТ 12.2.061-81

«ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам» [25];

- Конструкция рабочей мебели (рабочий стол, кресло, подставка для ног) должна обеспечивать возможность индивидуальной регулировки соответственно росту пользователя и создавать удобную позу для работы. Вокруг ПК должно быть обеспечено свободное пространство не менее 60-120см;

- На уровне экрана должен быть установлен оригинал-держатель.

На рис. 6.1. схематично представлены требования к рабочему месту.



Рисунок 6.1 – Организация рабочего места

Работа программиста связана с постоянной работой за компьютером, следовательно, могут возникать проблемы, связанные со зрением. Также неправильная рабочая поза может оказывать негативное влияние на здоровье. Таким образом, неправильная организация рабочего места может послужить причиной нарушения здоровья и появлением психологических расстройств.

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» [20]:

- яркость дисплея не должна быть слишком низкой или слишком высокой;
- размеры монитора и символов на дисплее должны быть оптимальными;
- цветовые параметры должны быть отрегулированы таким образом, чтобы не возникало утомления глаз и головной боли.
- опоры для рук не должны мешать работе на клавиатуре;
- верхний край монитора должен находиться на одном уровне с глазом, нижний – примерно на 20° ниже уровня глаза;
- дисплей должен находиться на расстоянии 45-60 см от глаз;
- локтевой сустав при работе с клавиатурой нужно держать под углом 90°;
- каждые 10 минут нужно отводить взгляд от дисплея примерно на 5-10 секунд;
- монитор должен иметь антибликовое покрытие;
- работа за компьютером не должна длиться более 6 часов, при этом необходимо каждые 2 часа делать перерывы по 15-20 минут;
- высота стола и рабочего кресла должны быть комфортными.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В дипломной работе был предложен и программно реализован оригинальный метод обнаружения образований в легких человека на снимках компьютерного томографа, основанный на анализе межкадровых изменений легочного рисунка.

Предложенный метод решил проблему некорректной классификации в случаях периферических образований в легких человека и возникновения ошибок во время кластеризации изображения. Использование трехмерного пространства признаков обеспечило возможность получения наиболее информативной обучающей выборки для нечеткого классификатора, что, в свою очередь, позволило достигнуть точности обнаружения образований 97%.

Главным достоинством предложенного метода, в сравнении с другими рассмотренными, является его универсальность – алгоритм показал высокое качество классификации независимо от типа образования в легких. Однако некоторые существующие узкоспециализированные алгоритмы, применяющиеся для обнаружения конкретного вида образования, опережают разработанный метод.

Работа велась при сотрудничестве с кабинетом рентгенологии МЦ №2 СКБ ФГБУ СибФНКЦ ФМБА России. По результатам работы был составлен акт о внедрении результатов научно-практического исследования в работу предприятия. Реализованный модуль позволил снизить временные затраты специалиста на поиск образований при анализе снимков компьютерного томографа, а также предоставил возможность разработки и внедрения статистического модуля для анализа частоты возникновения различных видов образований в легких.

В качестве запланированного направления развития работы стоит отметить исследование возможности отнесения найденного образования к конкретному типу, а также определение его местоположения, что может быть использовано для генерации начального текстового описания КТ-исследования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Andre Gagalowicz, Wilfried Philips. Computer Vision/Computer Graphics Collaboration Techniques // 5th International Conference MIRAGE 2011 Rocquencourt, France. – Oct. 2011.
2. A. Reeves, A. Chan, D. Yankelevitz, C. Henschke, B. Kressler, and W. Kostis. On measuring the change in size of pulmonary nodules // IEEE Transactions on Medical Imaging. – 2006. – p. 435-450.
3. A. P. Reeves, A. M. Biancardi, T. V. Apanasovich, C. R. Meyer, H. MacMahon, E. J.R. van Beek, E. A. Kazerooni, D. Yankelevitz, M. F. McNitt-Gray, G. McLennan, S. G. Armato III, C. I. Henschke, D. R. Aberle, B. Y. Croft, and L. P. Clarke. The lung image database consortium (LIDC): A comparison of different size metrics for pulmonary nodule measurements. // Academic Radiology. – Dec 2007. – p. 1475-1485.
4. A.C. Jirapatnakul, A. P. Reeves, T. V. Apanasovich, M. D. Cham, D. F. Yankelevitz, and C. I. Henschke. Characterization of solid pulmonary nodules using three-dimensional features // SPIE International Symposium on Medical Imaging. – 2007.
5. A.C. Jirapatnakul, A. P. Reeves, T. V. Apanasovich, M. D. Cham, D. F. Yankelevitz, and C. I. Henschke. Prediction of tumor volumes using an exponential model // SPIE International Symposium on Medical Imaging. – 2007.
6. A. Jirapatnakul; A. P. Reeves, T. V. Apanasovich, A. Biancardi, D. F. Yankelevitz, and C. I. Henschke. Pulmonary Nodule Classification: Size Distribution Issues // IEEE International Symposium on Biomedical Imaging: From Macro to Nano. – 2007.
7. A. C. Jirapatnakul, A. P. Reeves, T. V. Apanasovich, A. M. Biancardi, D. F. Yankelevitz, and C. I. Henschke. Characterization of pulmonary nodules: Effects of size and feature type on reported performance // SPIE International Symposium on Medical Imaging. – Feb 2008. – p. 6915.

8. Mohammed Y. Kamil. Brain Tumor Area Calculation in CT-scan image using Morphological Operations // IOSR Journal of Computer Engineering. – 2015. – p. 125-128.
9. A. Padma Nanthagopal, R. Sukanesh. Wavelet statistical texture features-based segmentation and classification of brain computed tomography images // IET Image Processing. – 2013. – p. 25-32.
10. Круглов В.В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика / Круглов В.В., Борисов В.В. – М.: Горячая линия – Телеком, 2001. – 382 с.
11. Спицын В.Г. Применение искусственных нейронных сетей для обработки информации: Методические указания к лабораторным работам / Спицын В.Г., Цой Ю.Р. – Томск: Издательство ТПУ, 2007 – 32 с.
12. Розенблатт Ф. Принципы нейродинамики: Перцептроны и теория механизмов мозга: Мир, 1965 – 480 с.
13. Спицын В.Г. Применение генетического алгоритма для решения задач оптимизации: Методические указания к лабораторным работам / Спицын В.Г., Цой Ю.Р. – Томск: Издательство ТПУ, 2007 – 27 с.
14. Генетические алгоритмы, искусственные нейронные сети и проблемы виртуальной реальности / Вороновский Г.К., Махотило К.В., Петрашев С.Н., Сергеев С.А. — Харьков: Основа, 1997. — 112 с.
15. Андреева О.В., Исакова Л.Е. Инструменты повышения эффективности деятельности медучреждений // Проблемы управления здравоохранением. – 2002. – № 1.– С. 79-82.
16. Максимова Е. И. Использование алгоритмов кластеризации для анализа снимков компьютерного томографа // Информационные технологии в науке, управлении, социальной сфере и медицине: сборник научных трудов II Международной конференции (Томск, 19-22 Мая 2015 г). – Томск: ТПУ, 2015 – С. 874-875.
17. Максимова Е. И. Использование искусственной нейронной сети для классификации образований в легких человека на снимках компьютерного томографа // Молодежь и современные информационные технологии: сборник

трудов XIII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 9-13 Ноября 2015. – Томск: ТПУ, 2016 - Т. 2. – С. 250-251.

18. J. B. Antoine Maintz, Petra A. van den Elsen, Max A. Viergever. Comparison of Feature-Based Matching of CT and MR Brain Images // Computer Vision, Virtual Reality and Robotics in Medicine First International Conference. – Nice, April 3-6. – 1995.

19. E. Gregori. Introduction to embedded vision and the OpenCV library // Berkeley Design Technology Inc., California USA, 2 May, 2012.

20. СанПиН 2.2.4.548-96. «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».

21. ГОСТ 12.0.003-74 (с измен. №1, октябрь 1978г., переиздание 1999 г.) «Классификация вредных и опасных производственных факторов».

22. Безопасность жизнедеятельности: Учебник для вузов /Под ред. К.З. Ушакова. – М.: Изд-во Московского гос. горного университета, 2000.– 430 с.

23. СанПиН 2.2.4.548 – 96. «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»

24. СНиП 23-05-95. «Естественное и искусственное освещение».

25. СНиП 23-05-2010 «Нормы Коэффициента пульсации помещений административных зданий».

26. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой, застройки».

27. СанПиН 2.2.4.1191-03. «Электромагнитные поля в производственных условиях».

28. ГОСТ 12.1.009-76 «Электробезопасность. Термины и определения».

29. СНиП 21-01-97. «Пожарная безопасность зданий и сооружений».

30. НПБ 105-95. «Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности».

31. ГОСТ Р 50739-95 «Средства вычислительной техники. Защита от несанкционированного доступа к информации».

32. ГОСТ 30772-2001 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Термины и определения».

33. Федеральный закон от 8 августа 2001 г. №128-ФЗ «О лицензировании отдельных видов деятельности».

34. ГОСТ 12.2.032-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования».

35. ГОСТ 12.2.061-81 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам».

36. ТК РФ, Статья 372. Порядок учета мнения выборного органа первичной профсоюзной организации при принятии локальных нормативных актов.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА

1. Максимова Е. И., Хаустов П. А. Алгоритм обнаружения образований в легких человека на снимках компьютерного томографа с использованием искусственной нейронной сети // Фундаментальные исследования. - 2016 - №. 4-2. - С. 290-294.
2. Максимова Е. И. Алгоритм обнаружения образований на снимках компьютерного томографа с использованием кластеризации // Современные техника и технологии: сборник трудов XXI Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: в 2 т, Томск, 5-9 Октября 2015. - Томск: ТПУ, 2015 - Т. 2 - С. 39-42.
3. Максимова Е. И. Использование искусственной нейронной сети для классификации образований в легких человека на снимках компьютерного томографа // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XIII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 9-13 Ноября 2015. - Томск: ТПУ, 2016 - Т. 2 - С. 250-251.
4. Максимова Е. И. Использование алгоритмов кластеризации для анализа снимков компьютерного томографа // Информационные технологии в науке, управлении, социальной сфере и медицине: сборник научных трудов II Международной конференции, Томск, 19-22 Мая 2015. - Томск: ТПУ, 2015 - С. 874-875.
5. Khaustov S. A. , Maksimova E. I. Virtual prototyping in fire-tube boiler design // Mechanical Engineering, Automation and Control Systems: Proceedings of International Conference, Tomsk, December 1-4, 2015. - Tomsk: TPU Publishing House, 2015 - p. 1-4.
6. Хаустов П. А. , Спицын В. Г. , Максимова Е. И. Алгоритм улучшения качества подводных снимков на основе нейроэволюционного подхода // Фундаментальные исследования. - 2016 - №. 4-2. - С. 328-332.

7. Максимова Е. И. , Хаустов С. А. Анализ конструкции камеры горения с применением виртуального прототипирования и визуального моделирования // Современные проблемы науки и образования. - 2015 - №. 1. - С. 1-6.
8. Хаустов С. А. , Хаустов П. А., Максимова Е. И. Компьютерное моделирование гидродинамики жаротрубного котла с использованием конечно-элементного анализа [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. - 2014 - №. 6. - С. 1-6.
9. Хаустов П. А. , Спицын В. Г. , Максимова Е. И. Генетический алгоритм поиска множества кривых для оптического распознавания символов с использованием метода пересечений // Современные проблемы науки и образования. - 2014 - №. 6. - С. 1-7.
10. Максимова Е. И. Сравнение качества результатов алгоритма «a star» и его модификации для дорожной сети при выборе маршрута с учетом направления движения на перекрестке // Вестник науки Сибири. - 2014 - №. 4(14). - С. 117-122.
11. Хаустов П. А. , Максимова Е. И. Использование растеризации методом Брезенхэма для метода пересечений при оптическом распознавании печатных символов // Вестник науки Сибири. - 2014 - №. 4(14). - С. 101-104
12. Максимова Е. И. Адаптивный фильтр обработки подводных снимков на основе искусственной нейронной сети // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XIII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 9-13 Ноября 2015. - Томск: ТПУ, 2016 - Т. 1 - С. 126-127.
13. Хаустов П. А. , Максимова Е. И. Алгоритм выделения структурных составляющих для решения задачи оптического распознавания рукописных символов // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XIII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 9-13 Ноября 2015. - Томск: ТПУ, 2016 - Т. 1 - С. 132-133.

14. Савченко Е. К. , Максимова Е. И. , Хаустов С. А. Конструирование камер горения жаротрубных котлов с применением виртуального прототипирования // Интеллектуальные энергосистемы: материалы III Международного молодежного форума. В 3 т., Томск, 28 Сентября-2 Октября 2015. - Томск: ТПУ, 2015 - Т. 1 - С. 265-268.

15. Максимова Е. И. Использование искусственной нейронной сети для улучшения качества подводных снимков // Информационные технологии в науке, управлении, социальной сфере и медицине: сборник научных трудов II Международной конференции, Томск, 19-22 Мая 2015. - Томск: ТПУ, 2015 - С. 159-161.

16. Максимова Е. И. Использование искусственной нейронной сети для улучшения качества подводных снимков // Информационные технологии в науке, управлении, социальной сфере и медицине: сборник научных трудов II Международной конференции, Томск, 19-22 Мая 2015. - Томск: ТПУ, 2015 - С. 159-161.

17. Максимова Е. И. Реализация клиент-серверной архитектуры в системе удаленного управления группой рабочих станций // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XII Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: в 2 т., Томск, 12-14 Ноября 2014. - Томск: ТПУ, 2014 - Т. 2 - С. 44-45.

18. Хаустов П. А. , Максимова Е. И. Применение растеризации методом Брезенхэма в методе пересечений при оптическом распознавании печатных символов // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XII Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: в 2 т., Томск, 12-14 Ноября 2014. - Томск: ТПУ, 2014 - Т. 2 - С. 269-270.

19. Максимова Е. И. , Хаустов П. А. Модификация алгоритма поиска «A STAR» для планарной дорожной сети с целью учета направления движения на перекрестке // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XI Международной научно-практической конференции

студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 13-16 Ноября 2013. - Томск: ТПУ, 2013 - С. 380-382.

20. Maksimova E. I. , Zamyatina V. S. Innovations in Standard Methods of Learnin English // Коммуникативные аспекты языка и культуры: сборник материалов XIII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых: в 3 т., Томск, 28-30 Мая 2013. - Томск: ТПУ, 2013 - Т. 3 - С. 28-29.

21. Maksimova E. I. Implementation of a client-server architecture for workstation remote control system // Технологии Microsoft в теории и практике программирования : сборник трудов XI Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 23-24 Апреля 2014. - Томск: Томский политехнический университет, 2014 - С. 176-178.

22. Максимова Е. И. , Панченко М. Ю. TEST IT // Ресурсоэффективным технологиям - энергию и энтузиазм молодых: сборник докладов IV Всероссийской конференции студентов Элитного технического образования, Томск, 24-27 Апреля 2013. - Томск: ТПУ, 2013 - С. 217.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ИСХОДНЫЙ КОД ПРОГРАММЫ

Файл ann.h

```
#ifndef _ANN_DECLARATION
#define _ANN_DECLARATION

#include <utility>
#include <vector>

using namespace std;

const int input_n = 360;
const int inside_n = 20;
const int outside_n = 1;
const int n_count = input_n + inside_n + outside_n;

class ann
{
public:
    class neuron
    {
    public:
        neuron();
        neuron(int, double, int);
        int id;
        double value;
        double error;
        double sum_error;
        vector < pair <int, double> > edges;
    };

    ann();
    vector <neuron> n_vec;
    vector < vector <int> > layers;
    int layers_count;

    void set_n();
    void set_layers();

    void values_count(vector <double> input_signal);
    void weights_count();
    void outlayer_error_count(vector <double> output_signal);
    void inlayers_error_count();
    double ann_error(vector <double> output_signal);
    double log_sigm(double);
    vector <double> get_outlayer();
    void print_weights();
    void print_res(int str_num);
    void get_weights(FILE *file);
    void get_learn(vector <double> input_signal, vector <double> output_signal);
    void work(vector <double> input_signal, int image_id, FILE *weights_file);
};

#endif
```

Файл ann.cpp

```
#ifndef _ANN_IMPLEMENTATION

#define _CRT_SECURE_NO_DEPRECATED
#define _ANN_IMPLEMENTATION

#include <cmath>
#include <cstdio>
#include <iostream>
#include "ann.h"

const double v = 0.8;
const double M_E = 2.71828182845904523536;

FILE *output_r;
FILE *output_w;

ann::neuron::neuron()
{
    id = 0;
    value = 0.0;
    error = 0.0;
    sum_error = 0.0;
    edges.resize(0);
}

ann::neuron::neuron(int _id, double _value, int _edges)
{
    id = _id;
    value = _value;
    error = 0.0;
    sum_error = 0.0;
    edges.resize(_edges);
}

ann::ann()
{
    output_w = fopen("output_w.txt", "w");
    output_r = fopen("output_res.txt", "w");
    fclose(output_w);
    fclose(output_r);
    layers_count = 3;
    n_vec.resize(n_count);
    set_n();
    layers.resize(layers_count);
    layers[0].resize(input_n);
    layers[1].resize(inside_n);
    layers[2].resize(outside_n);
    set_layers();
}

void ann::set_n()
{
    double r;
    for (int i = 0; i < input_n; ++i)
        n_vec[i] = neuron(i, 0.01 * i, 0);
    for (int i = input_n; i < input_n + inside_n; ++i)
    {
        n_vec[i] = neuron(i, 0.01 * i, input_n);
        for (int j = 0; j < input_n; ++j)
        {
            r = (rand() % 10001) / 1000.0 - 5.0;
            r /= 100.0;
        }
    }
}
```

```

        n_vec[i].edges[j].first = j;
        n_vec[i].edges[j].second = r;
    }
}
for (int i = input_n + inside_n; i < n_count; ++i)
{
    n_vec[i] = neuron(i, 0.01 * i, inside_n);
    for (int j = 0; j < inside_n; ++j)
    {
        r = (rand() % 10001) / 1000.0 - 5.0;
        r /= 100.0;
        n_vec[i].edges[j].first = input_n + j;
        n_vec[i].edges[j].second = r;
    }
}
}

void ann::set_layers()
{
    for (int i = 0; i < input_n; ++i)
        layers[0][i] = i;
    for (int i = 0; i < inside_n; ++i)
        layers[1][i] = i + input_n;
    for (int i = 0; i < outside_n; ++i)
        layers[2][i] = inside_n + input_n + i;
}

double ann::log_sigm(double s)
{
    return (1.0 / (1.0 + exp(-s)));
}

void ann::values_count(vector <double> input_signal)
{
    for (int i = 0; i < (int)input_signal.size(); ++i)
        n_vec[layers[0][i]].value = input_signal[i];

    for (int i = 1; i < layers_count; ++i)
    {
        for (int j = 0; j < (int)layers[i].size(); ++j)
        {
            int neuron_id = layers[i][j];
            double s = 0.0;
            for (int k = 0; k < (int)n_vec[neuron_id].edges.size(); ++k)
                s += n_vec[neuron_id].edges[k].second *
n_vec[n_vec[neuron_id].edges[k].first].value;
            n_vec[neuron_id].value = log_sigm(s);
        }
    }
}

void ann::outlayer_error_count(vector <double> y)
{
    for (int i = 0; i < n_count; ++i)
        n_vec[i].sum_error = 0.0;

    for (int i = 0; i < outside_n; ++i)
    {
        int neuron_id = layers[layers_count - 1][i];
        double f = n_vec[neuron_id].value;
        double er = f * (1.0 - f) * (f - y[i]);
        n_vec[neuron_id].error = er;
        for (int j = 0; j < (int)n_vec[neuron_id].edges.size(); ++j)

```

```

        n_vec[n_vec[neuron_id].edges[j].first].sum_error += er *
n_vec[neuron_id].edges[j].second;
    }
}

void ann::inlayers_error_count()
{
    for (int i = layers_count - 2; i > 0; --i)
    {
        for (int j = 0; j < (int)layers[i].size(); ++j)
        {
            int neuron_id = layers[i][j];
            double f = n_vec[neuron_id].value;
            n_vec[neuron_id].error = f * (1 - f) * n_vec[neuron_id].sum_error;
        }
    }
}

void ann::weights_count()
{
    for (int i = 1; i < layers_count; ++i)
    {
        for (int j = 0; j < (int)layers[i].size(); ++j)
        {
            int neuron_id = layers[i][j];
            for (int k = 0; k < (int)n_vec[neuron_id].edges.size(); ++k)
            {
                double xi = n_vec[n_vec[neuron_id].edges[k].first].value;
                double erj = n_vec[neuron_id].error;
                double dw = -v * erj * xi;
                n_vec[neuron_id].edges[k].second += dw;
            }
        }
    }
}

void ann::get_weights(FILE *file)
{
    double w = 0.0;
    for (int i = 1; i < layers_count; ++i)
    {
        for (int j = 0; j < (int)layers[i].size(); ++j)
        {
            int neuron_id = layers[i][j];
            for (int k = 0; k < (int)n_vec[neuron_id].edges.size(); ++k)
            {
                fscanf(file, "%lf", &w);
                n_vec[neuron_id].edges[k].second = w;
            }
        }
    }
}

double ann::ann_error(vector <double> y)
{
    double f = 0;
    for (int i = 0; i < (int)y.size(); ++i)
        f += (y[i] - n_vec[layers[layers_count - 1][i]].value) * (y[i] -
n_vec[layers[layers_count - 1][i]].value);
    return 0.5 * f;
}

void ann::print_weights()
{

```

```

        output_w = fopen("output_w.txt", "a");
        for (int i = input_n; i < n_count; ++i)
        {
            for (int j = 0; j < (int)n_vec[i].edges.size(); ++j)
            {
                fprintf(output_w, "%lf ", n_vec[i].edges[j].second);
            }
            fprintf(output_w, "\n");
        }
        fprintf(output_w, "///// \n");
        fclose(output_w);
    }

    void ann::print_res(int image_id)
    {
        output_r = fopen("output_res.txt", "a");
        for (int i = input_n + inside_n; i < n_count; ++i)
            fprintf(output_r, "%d %lf ", image_id, n_vec[i].value);
        fprintf(output_r, "\n");
        fclose(output_r);
    }

    vector <double> ann::get_outlayer()
    {
        vector <double> res;
        res.resize(outside_n);
        for (int i = input_n + inside_n; i < n_count; ++i)
            res[i - input_n - inside_n] = n_vec[i].value;
        return res;
    }

    void ann::get_learnt(vector <double> input_signal, vector <double> otput_signal)
    {
        set_n();
        set_layers();
        values_count(input_signal);
        outlayer_error_count(otput_signal);
        inlayers_error_count();
        weights_count();
        print_weights();
    }

    void ann::work(vector <double> input_signal, int image_id, FILE *weights_file)
    {
        set_n();
        set_layers();
        get_weights(weights_file);
        values_count(input_signal);
        print_res(image_id);
    }

#endif

```

Файл ct_scan.h

```
#ifndef CT_SCAN_H

#define CT_SCAN_H

#define _CRT_SECURE_NO_DEPRECATED

#include <utility>
#include <vector>

#include "opencv2/imgproc/imgproc.hpp"
#include "opencv2/highgui/highgui.hpp"
#include "opencv2/flann/miniflann.hpp"

using namespace cv;
using namespace std;
using namespace cv::flann;

const int desc_count = 64;
const double eps = 0.001;
const int zdelta = 7;
const int edge_border = 10;

class ct_scan
{
private:
    string get_file_name(int id);
    vector<Mat> mag; //magnitude
    vector<Mat> ormag; //phase
    bool greater(double a, double b);
public:
    ct_scan();
    ct_scan(vector<Mat> slices);
    vector<Mat> slices;
    void read(string dir);
    vector<Mat> x_proj(int x1, int y1, int x2, int y2, int fslice_id, int
sslice_id);
    vector<Mat> y_proj(int x1, int y1, int x2, int y2, int fslice_id, int
sslice_id);
    vector<Mat> z_proj(int x1, int y1, int x2, int y2, int fslice_id, int
sslice_id);
    vector<double> get_descriptors(int x1, int y1, int z1, int x2, int y2, int z2);
    void save_descriptors(string dir);
    pair<Point, Point> get_rnd_reg(Mat slice);
    vector<double> test_descriptors(Mat slice, int slice_id);
};

#endif
```

Файл ct_scan.cpp

```
#include "ct_scan.h"

#include <cstdio>
#include <iostream>
#include <algorithm>

ct_scan::ct_scan()
{
}

ct_scan::ct_scan(vector<Mat> _slices)
{
    slices.resize((int)_slices.size());
    for (int i = 0; i < (int)_slices.size(); ++i)
        slices[i] = _slices[i];
}

bool ct_scan::greater(double a, double b)
{
    return a - eps > b;
}

string ct_scan::get_file_name(int id)
{
    string name = "";

    while (id)
    {
        name = (char)(id % 10 + '0') + name;
        id /= 10;
    }

    while (static_cast<int>(name.length()) < 5)
        name = "0" + name;

    name = "scan" + name + ".png";

    return name;
}

vector<Mat> ct_scan::x_proj(int x1, int y1, int x2, int y2, int fslice_id, int
sslice_id)
{
    vector<Mat> res_proj;
    for (int x = x1; x <= x2; ++x)
    {
        int min_y = min(y1, y2);
        int max_y = max(y1, y2);
        int H = sslice_id - fslice_id + 1;
        int W = max_y - min_y + 1;
        Mat im = Mat(H, W, slices[0].type());
        im.setTo(0);

        for (int rows = fslice_id; rows <= sslice_id; ++rows)
        {
            for (int cols = min_y; cols <= max_y; ++cols)
            {
                for (int chan = 0; chan <= 2; ++chan)
                {
                    im.at<Vec3b>(rows - fslice_id, cols - min_y)[chan] =
slices[rows].at<Vec3b>(x, cols)[chan];
                }
            }
        }
    }
}
```

```

        }
    }
    }
    res_proj.push_back(im);
}
return res_proj;
}

vector<Mat> ct_scan::y_proj(int x1, int y1, int x2, int y2, int fslice_id, int
sslice_id)
{
    vector<Mat> res_proj;
    for (int y = y1; y <= y2; ++y)
    {
        int min_x = min(x1, x2);
        int max_x = max(x1, x2);
        int H = sslice_id - fslice_id + 1;
        int W = max_x - min_x + 1;
        Mat im = Mat(H, W, slices[0].type());
        im.setTo(0);

        for (int rows = fslice_id; rows <= sslice_id; ++rows)
        {
            for (int cols = min_x; cols <= max_x; ++cols)
            {
                for (int chan = 0; chan <= 2; ++chan)
                {
                    im.at<Vec3b>(rows - fslice_id, cols - min_x)[chan] =
slices[rows].at<Vec3b>(cols, y)[chan];
                }
            }
            res_proj.push_back(im);
        }
        return res_proj;
    }
}

vector<Mat> ct_scan::z_proj(int x1, int y1, int x2, int y2, int fslice_id, int
sslice_id)
{
    vector<Mat> res_proj;
    for (int id = fslice_id; id <= sslice_id; ++id)
    {
        int min_x = min(x1, x2);
        int max_x = max(x1, x2);
        int min_y = min(y1, y2);
        int max_y = max(y1, y2);
        int H = max_x - min_x + 1;
        int W = max_y - min_y + 1;

        Mat im = Mat(H, W, slices[id].type());
        im.setTo(0);

        for (int rows = min_x; rows <= max_x; ++rows)
        {
            for (int cols = min_y; cols <= max_y; ++cols)
            {
                for (int chan = 0; chan <= 2; ++chan)
                {
                    im.at<Vec3b>(rows - min_x, cols - min_y)[chan] =
slices[id].at<Vec3b>(rows, cols)[chan];
                }
            }
        }
    }
}

```

```

        res_proj.push_back(im);
    }
    return res_proj;
}

void ct_scan::read(string dir)
{
    string fullpath = dir + string("description.txt");
    FILE *desc_file;
    desc_file = fopen(fullpath.c_str(), "r");
    int count = 0;
    fscanf(desc_file, "count: %d", &count);
    for (int id = 0; id < count; ++id)
    {
        Mat im = imread(dir + get_file_name(id), CV_LOAD_IMAGE_COLOR);
        Size dsize = Size(im.rows / 2, im.cols / 2);
        resize(im, im, dsize, 0, 0, INTER_LINEAR);
        slices.push_back(im);
    }
    fclose(desc_file);
}

vector<double> ct_scan::get_descriptors(int x1, int y1, int z1, int x2, int y2, int z2)
{
    vector<double> descriptors;
    descriptors.assign(desc_count, 0.0);

    ct_scan xy_plane(z_proj(x1, y1, x2, y2, z1, z2));
    ct_scan zy_plane(x_proj(x1, y1, x2, y2, z1, z2));

    xy_plane.mag.resize((int)xy_plane.slices.size());
    xy_plane.ormag.resize((int)xy_plane.slices.size());
    zy_plane.mag.resize((int)zy_plane.slices.size());
    zy_plane.ormag.resize((int)zy_plane.slices.size());

    for (int i = 0; i < (int)xy_plane.slices.size(); ++i)
    {
        Mat sx, sy;
        Mat img = xy_plane.slices[i];
        Sobel(img, sx, CV_32F, 1, 0, 3);
        sx.convertTo(sx, CV_64FC1, 1.0, 0);
        Sobel(img, sy, CV_32F, 0, 1, 3);
        sy.convertTo(sy, CV_64FC1, 1.0, 0);
        magnitude(sx, sy, xy_plane.mag[i]);
        phase(sx, sy, xy_plane.ormag[i], true);
    }

    for (int i = 0; i < (int)zy_plane.slices.size(); ++i)
    {
        Mat sx, sy;
        Mat img = zy_plane.slices[i];
        Sobel(img, sx, CV_32F, 1, 0, 3);
        sx.convertTo(sx, CV_64FC1, 1.0, 0);
        Sobel(img, sy, CV_32F, 0, 1, 3);
        sy.convertTo(sy, CV_64FC1, 1.0, 0);
        magnitude(sx, sy, zy_plane.mag[i]);
        phase(sx, sy, zy_plane.ormag[i], true);
    }

    double mag_value = 0.0;
    int ormag_value = 0;

    for (int i = 0; i < (int)xy_plane.slices.size(); ++i)
    {

```

```

int rows = xy_plane.slices[i].rows;
int cols = xy_plane.slices[i].cols;
for (int x = 0; x < rows; ++x)
{
    for (int y = 0; y < cols; ++y)
    {
        mag_value = 0.0;
        ormag_value = 0;
        mag_value = xy_plane.mag[i].at<double>(x, y) +
zy_plane.mag[x].at<double>(i, y);
        double cur_ang_ormag = xy_plane.ormag[i].at<double>(x, y);

        if (cur_ang_ormag >= 77.5 && cur_ang_ormag < 112.5)
            ormag_value = 0;
        if (cur_ang_ormag >= 22.5 && cur_ang_ormag < 77.5)
            ormag_value = 1;
        if (cur_ang_ormag >= 337.5 || cur_ang_ormag < 22.5)
            ormag_value = 2;
        if (cur_ang_ormag >= 292.5 && cur_ang_ormag < 337.5)
            ormag_value = 3;
        if (cur_ang_ormag >= 247.5 && cur_ang_ormag < 292.5)
            ormag_value = 4;
        if (cur_ang_ormag >= 202.5 && cur_ang_ormag < 247.5)
            ormag_value = 5;
        if (cur_ang_ormag >= 157.5 && cur_ang_ormag < 202.5)
            ormag_value = 6;
        if (cur_ang_ormag >= 117.5 && cur_ang_ormag < 157.5)
            ormag_value = 7;

        cur_ang_ormag = zy_plane.mag[x].at<double>(i, y);
        if (cur_ang_ormag >= 77.5 && cur_ang_ormag < 112.5)
            ormag_value = (ormag_value << 3);
        if (cur_ang_ormag >= 22.5 && cur_ang_ormag < 77.5)
            ormag_value = ((ormag_value << 3) | 1);
        if (cur_ang_ormag >= 337.5 || cur_ang_ormag < 22.5)
            ormag_value = ((ormag_value << 3) | 2);
        if (cur_ang_ormag >= 292.5 && cur_ang_ormag < 337.5)
            ormag_value = ((ormag_value << 3) | 3);
        if (cur_ang_ormag >= 247.5 && cur_ang_ormag < 292.5)
            ormag_value = ((ormag_value << 3) | 4);
        if (cur_ang_ormag >= 202.5 && cur_ang_ormag < 247.5)
            ormag_value = ((ormag_value << 3) | 5);
        if (cur_ang_ormag >= 157.5 && cur_ang_ormag < 202.5)
            ormag_value = ((ormag_value << 3) | 6);
        if (cur_ang_ormag >= 117.5 && cur_ang_ormag < 157.5)
            ormag_value = ((ormag_value << 3) | 7);

        if (greater(mag_value, 0.0))
            descriptors[ormag_value]++;
    }
}

double max_value = 0.0;
for (int i = 0; i < desc_count; ++i)
    if (greater(descriptors[i], max_value))
        max_value = descriptors[i];
if (greater(max_value, 0.0))
{
    for (int i = 0; i < desc_count; ++i)
        descriptors[i] /= max_value;
}

return descriptors;

```

```

}

void mouse_event(int event, int x, int y, int flags, void* userdata1)
{
    pair<int, int> *data = (pair<int, int>*)userdata1;
    if ( event == EVENT_LBUTTONDOWN )
    {
        data->second = y;
        data->first = x;
        //cout << "Left button of the mouse is clicked - position (" << x << ", "
<< y << ")" << endl;
    }
    else if ( flags == (EVENT_FLAG_CTRLKEY + EVENT_FLAG_LBUTTON) )
    {
        //cout << "Left mouse button is clicked while pressing CTRL key - position
(" << x << ", " << y << ")" << endl;
    }
    else if ( event == EVENT_RBUTTONDOWN )
    {
        //cout << "Right button of the mouse is clicked - position (" << x << ", "
<< y << ")" << endl;
    }
}

void ct_scan::save_descriptors(string dir)
{
    int i = 0;
    while (i < (int)slices.size())
    {
        namedWindow("My Window", 1);
        imshow("My Window", slices[i]);
        cerr << "new iteration, slice id = " << i << endl << endl;
        int key = waitKey(0);
        if (key == 'a')
        {
            i -= 1;
            if (i == -1)
                ++i;
            cerr << "Prev image, id = " << i << " from all " <<
(int)slices.size() << endl;
            continue;
        }
        else
        {
            if (key == 'd')
            {
                i++;
                if (i == (int)slices.size())
                    i--;
                cerr << "Next image, id = " << i << " from all " <<
(int)slices.size() << endl;
                continue;
            }
            else
            {
                pair<int, int> cursor;
                Scalar col(0, 255, 0);
                Mat im = slices[i].clone();
                setMouseCallback("My Window", mouse_event, &cursor);
                cerr << "Check left up corner" << endl;
                waitKey(0);
                Point p1 = Point(cursor.first, cursor.second);
                cerr << "Check right down corner" << endl;
                waitKey(0);
                Point p2 = Point(cursor.first, cursor.second);
            }
        }
    }
}

```

```

rectangle(im, p1, p2, col, 2, 8, 0);
imshow("My Window", im);
key = waitKey(0);
if (key == 'a' || key == 'd')
{
    for (int j = i; j < (int)slices.size(); ++j)
    {
        if (key == 'a')
        {
            j -= 2;
            if (j == -1)
                ++j;
            cerr << "Prev image, id = " << j << "
from all " << (int)slices.size() << endl;
        }
        else
        {
            if (key == 'd')
            {
                if (j == (int)slices.size())
                    j--;
                cerr << "Next image, id = " << j
<< " from all " << (int)slices.size() << endl;
            }
            else break;
            im = slices[j].clone();
            rectangle(im, p1, p2, col, 1, 8, 0);
            imshow("My Window", im);
            key = waitKey(0);
            if (key == 'g')
            {
                cout << "Getting descriptors..." << endl;
                vector<double> descr =
get_descriptors(p1.x, p1.y, j, p2.x, p2.y, j + zdelta);
                string fullpath = dir +
string("descriptors.txt");

                FILE *desc_file;
                desc_file = fopen(fullpath.c_str(), "a");
                double clustertype;
                cerr << "Enter 1.0 if nodule else enter
0.0" << endl;

                cin >> clustertype;
                cout << endl;
                fprintf(desc_file, "%lf ", clustertype);
                fprintf(desc_file, "\n");
                for (int k = 0; k < (int)descr.size();

                    fprintf(desc_file, "%lf ",
descr[k]);

                fclose(desc_file);
            }
        }
    }
    ++i;
}
}

pair<Point, Point> ct_scan::get_rnd_reg(Mat slice)
{
    pair<Point, Point> res;
    int x1, y1, x2, y2, sizex, sizey;
    x1 = (rand() % ((int)slice.rows) - edge_border) + edge_border;
    y1 = (rand() % ((int)slice.cols) - edge_border) + edge_border;
    for (;;)

```

```

    {
        size_x = rand() % ((int)slice.rows / 3);
        size_y = rand() % ((int)slice.cols / 3);
        if (((x1 + size_x) < (int)slice.rows) && ((y1 + size_y) < (int)slice.cols))
            break;
    }
    x2 = x1 + size_x;
    y2 = y1 + size_y;
    res.first = Point(x1, y1);
    res.second = Point(x2, y2);
    return res;
}

vector<double> ct_scan::test_descriptors(Mat slice, int slice_id)
{
    pair<Point, Point> pp = get_rnd_reg(slice);
    vector<double> res = get_descriptors(pp.first.x, pp.first.y, slice_id,
    pp.second.x, pp.second.y, slice_id + zdelta);
    return res;
}

```

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

АКТ О ВНЕДРЕНИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ
МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКОЕ АГЕНТСТВО
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ
НАУЧНО-КЛИНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР
СЕВЕРСКАЯ КЛИНИЧЕСКАЯ БОЛЬНИЦА
МЕДИЦИНСКИЙ ЦЕНТР №2
(СКБ ФГБУ СибФНКЦ ФМБА России)
636013, Томская обл., г. Северск,
пер. Чекист, д. 3
Тел: (382-3) 54-82-55
Факс: (382-3) 77-96-23
E-Mail: SkibaVV@med.tomsk.ru
ОГРН 1147024000309,
ИНН/КПП 7024038542/702401001

АКТ О ВНЕДРЕНИИ

результатов научно-практического исследования в работу предприятия
от «14» марта 2016 г

Мы, нижеподписавшиеся, начальник МЦ №2 СКБ ФГБУ СибФНКЦ ФМБА России Авхименко Виктор Александрович с одной стороны, и студент ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» Максимова Елена Ивановна с другой стороны, составили акт о внедрении результатов научно-практического исследования на тему «Разработка алгоритма для обнаружения образований в легких человека на снимках компьютерного томографа» в деятельность кабинета СКТ МЦ №2 СКБ ФГБУ СибФНКЦ ФМБА России.

Объект внедрения: Модуль для автоматического обнаружения образований в легких на снимках компьютерного томографа.

Место внедрения: кабинет СКТ МЦ №2 СКБ ФГБУ СибФНКЦ ФМБА России.

Характеристика полученного результата:

- выполнена разработка, программная реализация, а также последующая интеграция модуля в работу автоматизированной системы, используемой на территории кабинета СКТ МЦ №2 СКБ ФГБУ СибФНКЦ ФМБА России;
- существенно снижены временные затраты специалиста на поиск образований при анализе снимков компьютерного томографа;
- появилась возможность разработки и внедрения статистического модуля для анализа частоты возникновения различных видов образований в легких и их местоположения.

Студент ФГАОУ ВО «НИ ТПУ»

Начальник МЦ №2 СКБ ФГБУ СибФНКЦ ФМБА России

Е.И. Максимова

В.А. Авхименко



ПРИЛОЖЕНИЕ В
CD-ДИСК