

Школа Инженерная школа ядерных технологий
 Направление подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»
 Отделение школы (НОЦ) Отделение экспериментальной физики

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Компьютерный анализ медицинских изображений нейронной сетью для выявления больных пневмонией

УДК 004.932:004.7.032.26:616.24

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0В61	Доржиев Арслан Витальевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭФ ИЯТШ	Крицкий Олег Леонидович	Кандидат ф-м. наук		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Киселева Е.С.	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД	Мезенцева И.Л.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»	Крицкий Олег Леонидович	Кандидат ф-м. наук		

Школа Инженерная школа ядерных технологий
 Направление подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»
 Отделение школы (НОЦ) Отделение экспериментальной физики

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ 27.04.2020 Крицкий О.Л.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
0В61	Доржиев Арсалан Витальевич

Тема работы:

Компьютерный анализ медицинских изображений нейронной сетью для выявления больных пневмонией	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№62-58/с от 02.03.2020 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	11.06.2020 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Описанные и проанализированные рентгеновские снимки грудной клетки, которые разделены на тренировочный набор и набор для тестирования.</p>
---	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Формирование данных для тренировки нейронной сети и ее тестирования 2. Создание моделей нейронной сети; 3. Обучение и корректировка сети; 4. Тестирование сети; 5. Выбор окончательной модели нейронной сети;
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> – Презентация – Матрица ошибок
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p style="text-align: center;">Раздел</p>	<p style="text-align: center;">Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p style="text-align: center;">Киселева Елена Станиславовна</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p style="text-align: center;">Мезенцева Ирина Леонидовна</p>

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	
--	--

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭФ ИЯТШ	Крицкий Олег Леонидович	Кандидат ф-м. наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0В61	Доржиев Арслан Витальевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
0B61	Доржиеву Арслану Витальевичу

Школа	ИЯТШ	Отделение школы (НОЦ)	ОЭФ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	01.03.02 Прикладная математика и информатика

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	<i>Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска. Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ.</i>
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	<i>30% премии; 20% надбавки; 16% накладные расходы; 30% районный коэффициент..</i>
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	<i>Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды – 30,2 %.</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	1. Потенциальные потребители результатов исследования. 2. Анализ конкурентных технических решений. 3. SWOT – анализ.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	1. Разработка структуры работы в рамках научного исследования; 2. Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения научного исследования; 3. Бюджет научно – технического исследования.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	1. Определение показателей ресурсоэффективности разработки

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

<ol style="list-style-type: none"> 1. Оценка конкурентоспособности технических решений 2. Матрица SWOT 3. Альтернативы проведения НИ 4. График проведения и бюджет НИ 5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ 	
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Киселева Е.С.	к.э.н.		27.04.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0В61	Доржиев Арслан Витальевич		27.04.2020

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
0В61	Доржиеву Арслану Витальевичу

Школа	ИЯТШ	Отделение (НОЦ)	Экспериментальной физики
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Прикладная математика и информатика

Тема ВКР:

Компьютерный анализ медицинских изображений нейронной сетью для выявления больных пневмонией	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<i>Применяется методология классификации медицинских изображений в соответствии с разработанной системой классификационных признаков машинного распознавания образов для выявления заболевания пневмонией. Используется технология машинного обучения глубокой нейронной сети.</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<i>Федеральный закон от 22.08.1996 №125-ФЗ; Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018); ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ; ГОСТ 21889-76; ГОСТ 22269-76; ГОСТ Р 50923-96; СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03; СанПиН 2.6.1.1192-03, СанПиН 2.2.4.3359-16; СанПиН 2.1.3.2630-10; СанПиН 2.6.1.2523-09</i>
2. Производственная безопасность: <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<i>– повышенный уровень ионизирующего излучения;</i> <i>– отклонение показателей микроклимата;</i> <i>– недостаточная освещенность;</i> <i>– опасный уровень напряжения в электрических силовых цепях;</i> <i>– повышенная температура элементов технического оснащения;</i>

	<ul style="list-style-type: none"> – повышенные физические усилия при эксплуатации рентгеновского оборудования; – наличие следов свинцовой пыли на поверхности оборудования и стенах; превышение уровня шума, создаваемого техническим оснащением.
3. Экологическая безопасность:	<ul style="list-style-type: none"> – анализ воздействия при работе на ПЭВМ на атмосферу, гидросферу, литосферу; – наличие отходов (бумага, картриджи, компьютеры и т. д.); – методы утилизации отходов
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<ul style="list-style-type: none"> – возможные ЧС – перебои в электроснабжении и связи; – типичная ЧС– пожар на рабочем месте.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД	Мезенцева И.Л.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0В61	Доржиев Арсалан Витальевич		

Реферат

Выпускная квалификационная работа выполнена на 80 страницах, содержит 25 таблиц, 11 рисунков, 26 источника, 4 приложений.

Ключевые слова: компьютерное зрение, нейронные сети, сверточная сеть, глубокое обучение, увеличение данных, перенос обучения.

Объект исследования: Описанные и проанализированные рентгеновские снимки грудной клетки, которые разделены на тренировочный набор и набор для тестирования с платформы Kaggle.

Цель работы: создание модели нейронной сети, которая классифицирует рентгеновские снимки легких, на два класса: легкие с пневмонией и здоровые легкие.

Методы проведения работы: теоретические (изучение литературы, обзор методов создания нейронной сети и моделей) и практические (применение методов для создания моделей).

В результате исследования: на основе различных методов создания нейронной сети были сформированы модели. Данные модели были протестированы, после чего была получена точность каждой модели. На основе этих данных сделан вывод, что первая модель, основанная на архитектуре VGG-16, самая точная.

Сформированная модель по данным методикам в дальнейшем могут представлять интерес для частных и государственных поликлиник.

Бакалаврская работа написана в Microsoft Word 2016. Для написания нейронной сети использовался язык программирования python и нейросетевая библиотека keras. Среда разработки являлся текстовый редактор Sublime Text. Для обучения и тестирования сети использовался облачный сервис Google Colaboratory.

Определения, обозначения, сокращения и нормативные ссылки

В данной работе приведены следующие термины с соответствующими определениями:

ImageNet – это база данных изображений, хранящийся в себе 1.2 миллиона изображений на 1000 различных классов.

Градиент — вектор, своим направлением указывающий направление наибольшего возрастания некоторой величины.

Выпот — патологическое состояние, характеризующееся скоплением какой-либо биологической жидкости в одной из полостей тела в результате воспаления или наличия избытка крови или жидкости в каком-либо органе или ткани.

Conv – это сверточный слой.

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

- Федеральный закон «Об основах охраны труда в Российской Федерации» от 17 июля 1999 г. № 181-ФЗ;
- Трудовой кодекс Российской Федерации;
- СанПиН 2.6.1.1192-03 Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований.
- СанПиН 2.6.1.2523-09 Нормы радиационной безопасности.
- СанПиН 2.1.3.2630-10 Санитарно-эпидемиологические требования к организациям, осуществляющим медицинскую деятельность
- СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
- Приказ Минздрава РФ от 28 января 2002 г. N 19 О типовой инструкции по охране труда для персонала рентгеновских отделений.
- СанПиН 2.2.4.3359-16 Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах.

- Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018).
- ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования от 01.03.1986: дата введения 01.01.1979.
- ГОСТ 12.1.002–84 Система стандартов безопасности труда. Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах от 01.07.2009: дата введения 01.01.1986.
- СП 52.13330.2011 Свод правил естественное и искусственное освещение.
- ГОСТ 12.1.038–82 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов от 01.1.1988: дата введения 30.06.1983. – <https://internet-law.ru/gosts/gost/21681> (дата обращения: 01.05.2020). – Текст: электронный.
- ГОСТ 12.1.005–88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
- СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.
- ПУЭ, 7-ое изд. Правила устройства электроустановок.
- Постановление Правительства от 14.02.2003 №101 «О продолжительности рабочего времени медицинских работников в зависимости от занимаемой ими должности и (или) специальности».

Оглавление

Введение	13
Обзор литературы	15
1. Теоретическая часть	18
1.1 Нейронные сети	18
1.2 Функции активации	19
1.3 Глубокое обучение	20
1.4 Сверточные нейронные сети	22
1.5 Перенос обучения	23
1.6 Модель VGG-16	24
1.7 Модель ResNet	25
1.8 Модель Inception-v3	26
2 Практическая часть	27
2.1 Постановка задачи и исходные данные	27
2.2 Анализ данных	27
2.3 Увеличение и обработка данных	28
2.4 Создание моделей	29
2.5 Обучение и тестирование модели	30
3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	33
3.1 Организация и планирование работы	33
3.1.1 Продолжительность этапов работ	34
3.1.2 Разработка графика проведения научного исследования	36
3.2 SWOT-анализ	39
3.3 Анализ конкурентных решений	40
3.4 Потенциальные потребители результатов исследований	42
3.5 Расчет сметы затрат на выполнение проекта	42
3.5.1 Расчет материальных затрат	43
3.5.2 Расчет заработной платы для исполнителей	44
3.5.3 Расчет затрат на социальный налог	45
3.5.4 Расчет затрат на электроэнергию	45
3.5.5 Расчет амортизационных расходов	46
3.5.6 Расчет прочих расходов	47
3.5.7 Расчет общей себестоимости разработки	48

3.5.8	Расчет прибыли	48
3.5.9	Расчет НДС	48
3.5.10	Цена разработки НИР	48
3.6	Оценка научно-технического эффекта	49
	Вывод по разделу.....	52
4	Социальная ответственность.....	54
4.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	54
4.2	Профессиональная социальная безопасность.	57
4.2.1	Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования.....	57
4.2.2	Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований.....	58
4.2.3	Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов.....	63
4.3	Экологическая безопасность.....	64
4.3.1	Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду.....	64
4.3.2	Анализ влияния проектируемого решения на окружающую среду.....	64
4.3.3	Обоснование мероприятий по защите окружающей среды.....	65
4.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	65
4.4.1	Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований....	65
4.4.2	Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на рабочем месте при эксплуатации проектируемого решения	66
4.4.3	Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.....	66
	Выводы по разделу.....	66
	Заключение.....	68
	Список используемой литературы:	69
	Приложение А	72
	Приложение В	74
	Приложение С	77
	Приложение D	79

Введение

В настоящее время лучевые методы диагностики пневмонии востребованы как никогда. Диагностика пневмонии, особенно на ранних стадиях, очень важна и одним из самых распространенных способов является диагностика с помощью рентгеновских снимков грудной клетки.

Пневмония - это инфекция, которая вызывает воспаление в одном или обоих легких. Это может быть вызвано вирусом, бактериями, грибами или другими микробами. Инфекция обычно приобретается, когда человек вдыхает воздух, несущий микробы.

Рентгенография грудной клетки – рентгенологическое обследование, которое позволит вашему врачу увидеть ваши легкие, сердце и кровеносные сосуды, чтобы определить, есть ли у вас пневмония. При интерпретации рентгеновских снимков рентгенолог будет искать белые пятна в легких, которые идентифицируют инфекцию. Это обследование также поможет определить, есть ли у вас какие-либо осложнения, связанные с пневмонией, такие как абсцессы или плевральные выпоты.

Распознать пневмонию на рентгеновских снимках довольно сложно, поскольку поражения легких часто имеют смутные очертания и к тому же иногда очень похожи на другие заболевания. Поэтому рентгенолог должен иметь высокую квалификацию, чтобы диагностировать пневмонию.

Таким образом, был придуман способ, в котором применяется методология классификации медицинских изображений в соответствии с разработанной системой классификационных признаков машинного распознавания образов для выявления заболевания пневмонией. Используется технология машинного обучения глубокой нейронной сети., которая проанализирует снимки и выдаст свое экспертное заключение, о наличии либо отсутствии патологии, что помогает подстраховать врача от ошибок.

В рамках данной выпускной квалификационной работы создается нейронная сеть, классифицирующая рентгеновские снимки легких, на два класса: легкие с пневмонией и здоровые легкие.

В работе использовались описанные и проанализированные рентгеновские снимки грудной клетки, которые разделены на тренировочный набор и набор для тестирования.

Целью работы является компьютерный анализ медицинских изображений нейронной сетью для выявления больных пневмонией.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

1. Сформировать данных для тренировки нейронной сети и ее тестирования
2. Создание моделей нейронной сети;
3. Тестирование сети;
4. Выбор окончательной модели нейронной сети и тестирование ее на практике.

Объектом исследования являются рентгеновские снимки легких, взятые с платформы Kaggle, в которой проводятся соревнования по машинному обучению.

Предметом исследования является создание нейронной сети.

Практическая значимость работы: полученные результаты могут использоваться частными и государственными поликлиниками.

Обзор литературы

Т.к. традиционный метод классификации медицинских изображений достиг своего предела производительности, потому что много времени и усилий нужно потратить на извлечение и выбор классификационных признаков. Для этого многие специалисты решили воспользоваться новым методом машинного обучения – глубокой нейронной сетью, которая доказала свой потенциал для различных задач классификации.

В [1] оценили с помощью экспериментов три метода. Это классификатор машин линейных опорных векторов с функциями локального вращения и без ориентации, передача обучения по двум сверточным моделям нейронных сетей: Visual Geometry Group, т.е. VGG16 и InceptionV3, и обучение капсульной сети с нуля. Из экспериментов представлены следующие выводы: основанное на сверточных нейронных сетях обучение передачи - лучший метод из всех трех методов. Они объясняют это тем, что, методы, основанные на сверточных нейронных сетях, лучше традиционных, поскольку они могут автоматически и эффективно изучать, и выбирать функции. Но необходим баланс силы выражения и подгонки модели. Слишком простая сеть обычно не может извлечь достаточную пользу из данных, и поэтому не может получить высокую точность. С другой стороны, очень сложную сеть трудно обучить, и она быстро переобучается и в результате точность все еще низкая. Только модель сети с надлежащим размером и другими эффективными методами, предотвращающими перегрузку, такими как правильная частота отсева и надлежащее увеличение данных, могут получить наилучшие результаты. Однако в данной статье не рассматривали другие более мощные модели CNN, такие как ResNetv2 и ансамбль нескольких моделей CNN, они не были оценены, но они могли бы улучшить результаты.

В [2] решили использовать новую архитектуру для прогнозирования пациентов с пневмонией с использованием долгой краткосрочной памятью

(LSTM), управляемыми рекуррентными блоками (GRU) и свёрточной нейронной сетью (CNN):

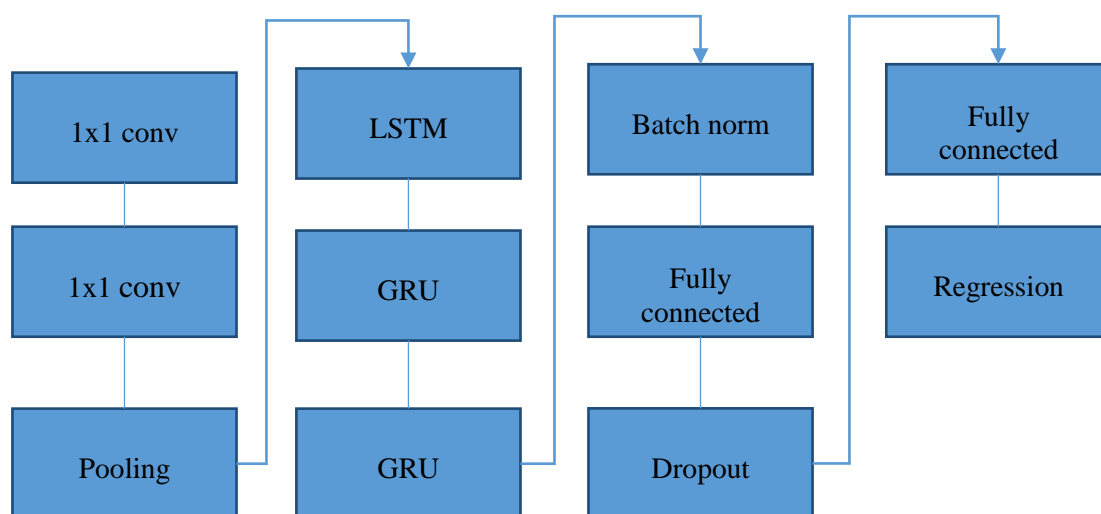


Рис. 1 Архитектура сети [2]

В этой статье предлагаемая сеть представляет собой объединенную сеть из двух 1×1 слоев свертки, LSTM, двух GRU, имеющих функцию активации – экспоненциальная линейная функция (ELU), за которыми следует пакетная нормализация, плотный классификационный уровень, имеющий два полностью связанных уровня с функцией исключения и выходной слой, который использует функцию *softmax* и регрессионный слой вместе. Данная сверточная рекуррентная нейронная сеть привела к высокой производительности. Предложенная сеть была протестирована до 40 итераций, и результаты при сравнении показали, что данная архитектура превзошла рекуррентную нейронную сеть с долгой краткосрочной памятью, сеть с управляемыми рекуррентными нейронами, глубинные рекуррентные нейронные сети и рекуррентную сверточную сеть с долгосрочной памятью в самых разных аспектах, таких как потери при обучении, потери при тестировании, точность обучения и точность тестирования, где потеря обучения составляет 0,04119 (4%), потери при тестировании - 0,04749 (5%), точность обучения - 0,9492 (95%), а точность тестирования - 0,9420 (94%).

Авторы статьи [3] пришли к выводам, что: во-первых, хотя медицинская визуализация является основным источником информации для идентификации пневмонии, всесторонний диагноз должен основываться на проявлении конкретных клинических симптомов, анализе крови, анализе мокроты и т. д. Во-вторых, фронтальный рентгеновский снимок грудной клетки должен быть дополнен боковым рентгеновским снимком грудной клетки или/и компьютерным томографическим снимком, чтобы получить более детальное изображение поля легких и обеспечить правильную диагностику случаев с неопределенностью. В-третьих, они считают, что метаинформация может быть важна в дальнейших исследованиях: в то время как пол и возраст пациента могут быть полезны для представления информации о распространении пневмонии в прошлом, вид съемки, которое бывает либо передне-задним (AP), либо задне-передним (PA), может быть ценным признаком для различения областей непрозрачности, вызванных пневмонией и задержкой жидкости.

В этих и многих других источниках описаны различные архитектуры и модели нейронных сетей, но почти все приходят к выводу, что наиболее успешным методом анализа изображений на сегодняшний день является сверточная нейронная сеть (CNN).

1. Теоретическая часть

1.1 Нейронные сети

Нейронная сеть - это сеть или схема нейронов, или в современном смысле искусственная нейронная сеть, состоящая из искусственных нейронов или узлов [6]. Таким образом, нейронная сеть является либо биологической нейронной сетью, состоящей из реальных биологических нейронов, либо искусственной нейронной сетью, для решения задач искусственного интеллекта (ИИ).

Нейронные сети представляют собой набор алгоритмов, свободно смоделированных на подобии человеческого мозга, которые предназначены для распознавания закономерностей. Они интерпретируют сенсорные данные через своего рода машинное восприятие, маркировку или кластеризацию исходных данных. Распознаваемые ими закономерности являются числовыми, содержатся в векторах, в которые должны быть переведены все реальные данные, будь то изображения, звук, текст или временные ряды [5].

Нейронные сети помогают нам группировать и классифицировать. О них можно думать, как о кластеризации и классификации поверх данных, которые хранятся и которыми управляют. Они помогают группировать немаркированные данные в соответствии с сходством между входами примеров, и они классифицируют данные, когда у них есть маркированный набор данных для обучения.

Соединения биологического нейрона моделируются в виде весов. Положительный вес отражает возбуждающую связь, отрицательные значения означают ингибирующие (тормозные) связи. Все входные данные модифицируются по весу и суммируются. Эта активность называется линейной комбинацией. Данная комбинация проходит через функцию активации, которая контролирует амплитуду выхода.

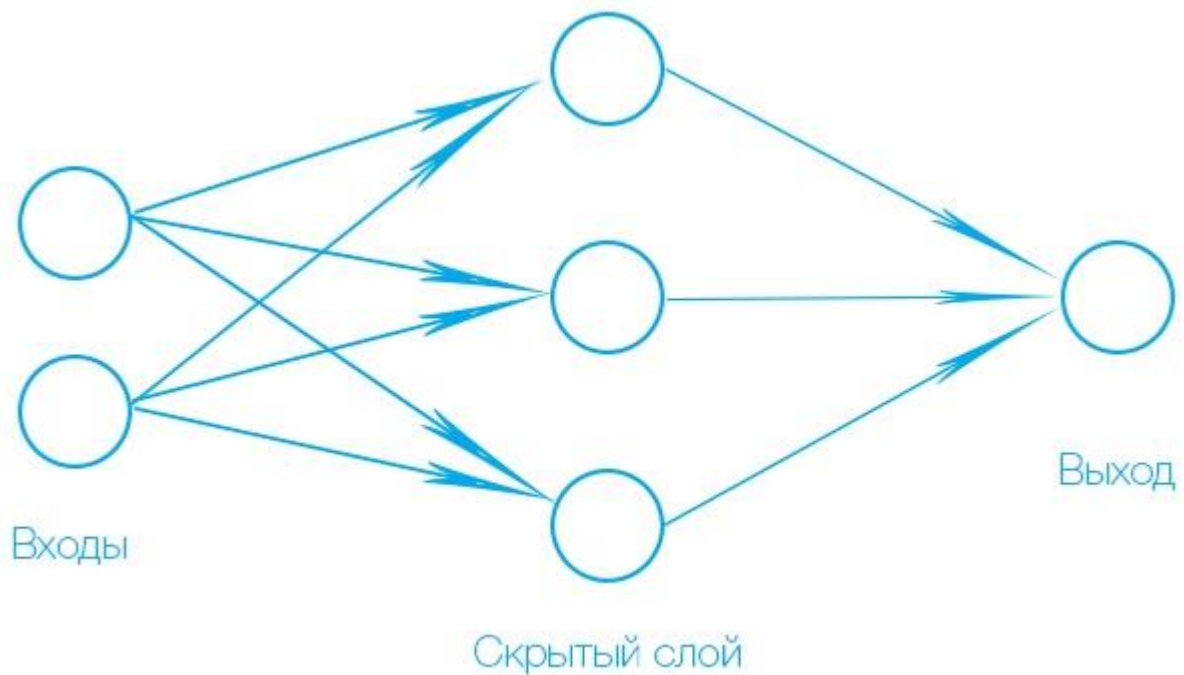


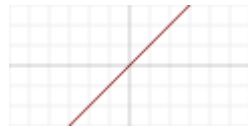
Рис. 2 Классический вид нейронной сети [7]

1.2 Функции активации

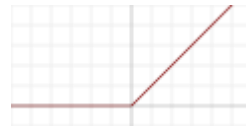
Самые распространенные функции активации на вход которой подается одна свертка x :

- 1) Линейная $f(x) = x$
- 2) Полулинейная (*ReLU*) $f(x) = \begin{cases} 0, & x < 0 \\ x, & x \geq 0 \end{cases}$
- 3) Пороговая $f(x) = \begin{cases} 0, & x < 0 \\ 1, & x \geq 0 \end{cases}$
- 4) Логистическая (*softplus*) $f(x) = \log(e^x + 1)$
- 5) Сигмоидальная логистическая $f(x) = \sigma(x) = \frac{1}{1+e^{-x}}$
- 6) Гиперболический тангенс $f(x) = th(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}}$
- 7) Синусоидальная функция $f(x) = \sin(x)$
- 8) Экспоненциальная линейная (*ELU*) $f(\alpha, x) = \begin{cases} \alpha(e^x - 1), & x < 0 \\ x, & x \geq 0 \end{cases}$
- 9) Радиально-базисная (Гауссова) $f(S, \sigma) = \exp\left(-\frac{s^2}{2\sigma^2}\right)$

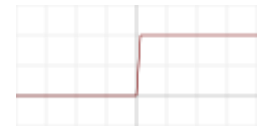
Графики данных функций:



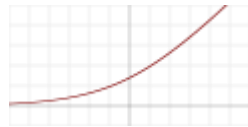
A. Линейная функция



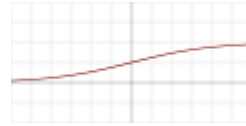
B. Полулинейная функция



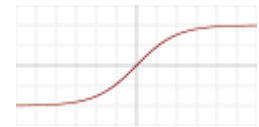
C. Пороговая функция



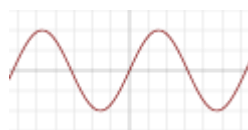
D. Логистическая функция



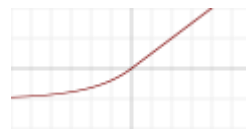
E. Сигмоидальная логистическая функция



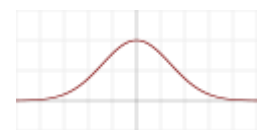
F. Гиперболический тангенс



G. Синусоидальная функция



H. Экспоненциальная линейная функция



I. Радиально-базисная функция

Рис. 3 Графики функций активации [8]

Если свертка $x = \{x_i, i = \overline{1, 10}\}$ подается на вход активационной функции в виде вектора, то используют:

- Нормированную экспоненциальную функцию (*softmax*):

$$f(x_i) = \frac{e^{x_i}}{\sum_{j=1}^n x_j}, i = \overline{1, 10}$$

- Функцию максимума:

$$f(x_i) = \max_i x_i, i = \overline{1, 10}$$

1.3 Глубокое обучение

Глубокое обучение – это особая область машинного обучения: новый подход к обучению представлений на основе данных, который делает упор на изучение последовательных слоев все более значимых представлений. Сколько слоев вносят в модель данных, называется глубиной модели. Другими подходящими названиями для данной области могли быть

многоуровневые представления обучения и иерархические представления обучения. Современное глубокое обучение часто включает в себя десятки или даже сотни последовательных слоев представлений и все они изучаются автоматически из-за воздействия обучающих данных. Между тем, другие подходы к машинному обучению, как правило, направлены на изучение только одного или двух уровней представления данных; следовательно, их называют мелким обучением [4].

В глубоком обучении эти многоуровневые представления (почти всегда) изучаются с помощью моделей, называемых нейронными сетями, структурированными в слоях, сложенных друг на друге. Термин нейронная сеть является ссылкой на нейробиологию, но хотя некоторые из центральных концепций глубокого обучения были частично разработаны на основе нашего понимания мозга, нельзя говорить, что модели глубокого обучения являются моделями мозга. Для наших целей глубокое обучение - это математическая основа для изучения представлений на основе данных [4].

В настоящее время, глубокое обучение достигло следующих прорывов:

- Классификация изображений на уровне, близком к человеческому.
- Распознавание речи на уровне, близком к человеческому.
- Транскрипция почерка на уровне человека.
- Улучшенный машинный перевод.
- Улучшенное преобразование текста в речь
- Цифровые помощники, такие как Google Now, Amazon Alexa и Apple Siri
- Автономное вождение на человеческом уровне

- Улучшенный таргетинг объявлений.
- Улучшенные результаты поиска в Интернете
- Умение отвечать на вопросы на естественном языке

1.4 Сверточные нейронные сети

Основной смысл в сверточных нейронных сетях - сверточные слои изучают локальные шаблоны в случае с изображениями — шаблоны в небольших двумерных окнах во входных данных. Поэтому можно сказать, что сверточная нейронная сеть делает сильные и в основном правильные предположения о природе изображений, а именно о локальности пиксельных зависимостей и стационарности статистики. Следовательно, по сравнению со стандартными нейронными сетями с прямой связью, сверточная нейронная сеть имеет гораздо меньше соединений и параметров, что облегчает обучение.

Сверточная нейронная сеть состоит из сверточных слоев, за которыми следуют полностью связанные слои (рис. 4). Сверточный слой состоит из фильтра свертки, за которым следует фильтр объединения и функция активации.

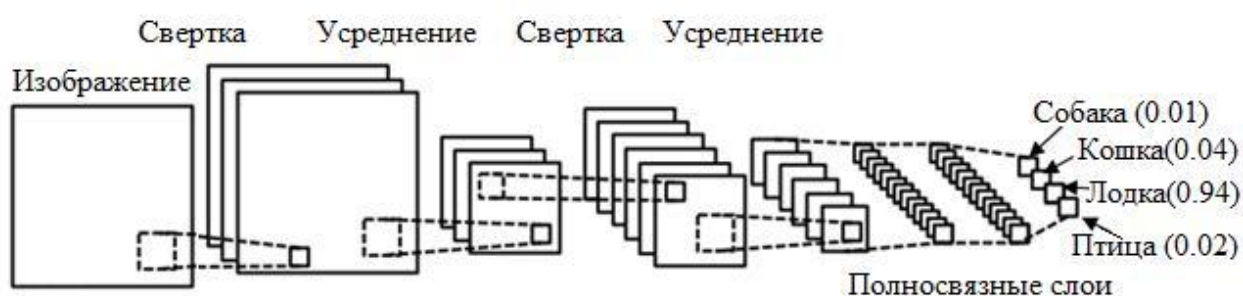


Рис. 4 Типичная архитектура для СНС [9]

Сверточный фильтр имеет несколько фильтров с тем же размером окна, которые растекаются по изображению с заданным шагом. Объединение суммирует выходные данные соседних групп нейронов в одну ячейку – ядро.

Фильтр объединения имеет окно с определенным размером, которое перемещается по изображению с заданным шагом. Обычно, функцией объединения является функция максимума, которая выводит максимальное значение в ячейку, т.е. в ядро и используется в нашей модели.

1.5 Перенос обучения

Перенос обучения – это метод машинного обучения, в котором модель, разработанная для задачи, повторно используется в качестве отправной точки в модели для второй задачи. Другими словами, данная техника машинного обучения, в которой модель, обученная по одному заданию, переопределяется по второму связанному заданию. Данная оптимизация позволяет быстро прогрессировать или улучшать производительность при моделировании второй задачи.

Перенос обучения популярно в области глубокого обучения, учитывая огромные ресурсы, необходимые для обучения моделям глубокого обучения или большим и сложным наборам данных, на которых обучаются модели глубокого обучения. Для задачи прогнозирования, которая принимает фотографии или видеоданные в качестве входных данных, обычно используют модель глубокого обучения, предварительно подготовленная для большой и сложной задачи классификации изображений, такой как конкурс классификации фотографий класса ImageNet 1000. Три примера моделей данного типа являются [10]:

1. Oxford VGG Model
2. Google Inception Model
3. Microsoft ResNet Model

Такой подход эффективен, поскольку изображения обучались по большому массиву фотографий и требуют от модели делать прогнозы по относительно большому количеству классов, то есть, модель обучается

эффективно извлекать черты и признаки из входных данных для того, чтобы хорошо справиться с задачей.

1.6 Модель VGG-16

VGG-16 – это сверточная архитектура нейронной сети, название которой VGG-16 происходит из-за того, что она имеет 16 слоев. Его слои состоят из сверточных слоев, слоев Max Pooling, слоев активации полносвязных слоев.

Есть 13 сверточных слоев, 5 слоев Max Pooling и 3 плотных слоя, которые суммируют до 21 слоя, но только 16 слоев веса (рис. 5).

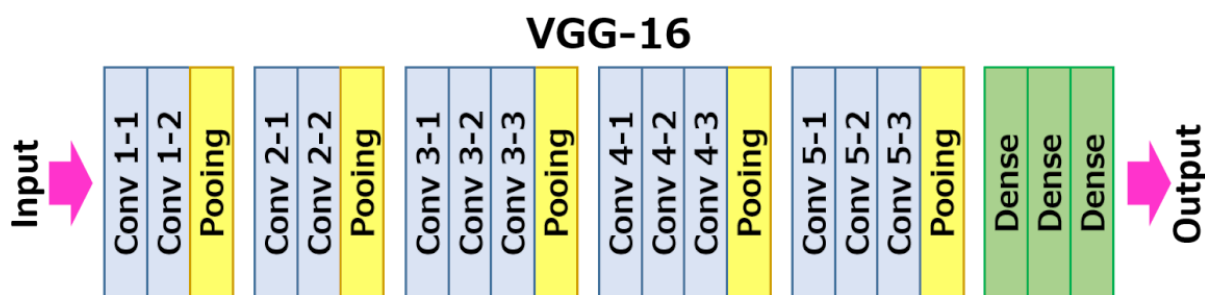


Рис. 5 Архитектура VGG-16 [11]

Conv 1 имеет число фильтров 64, тогда как Conv 2 имеет 128 фильтров, Conv 3 имеет 256 фильтров, в то время как Conv 4 и Conv 5 имеют 512 фильтров. Все сверточные слои имеют полулинейную функцию активации (ReLU).

Сеть VGG-16 обучается на наборе данных ImageNet, и обеспечивает точность топ-5 на 92,7%. Он превосходит сеть AlexNet, заменяя большие фильтры размером 11x11 и 5x5 в первом и втором сверточных слоях на маленькие фильтры размером 3x3. Это была одна из знаменитых моделей, представленных на ILSVRC-2014. VGG-16 обучалась неделями с использованием графических процессоров NVIDIA Titan Black.

1.7 Модель ResNet

ResNet, сокращение от Residual Networks - это классическая нейронная сеть, используемая в качестве основы для многих задач компьютерного зрения. Увеличение глубины сети не работает просто, объединяя слои. До появления ResNet очень глубокие нейронные сети были сложными и их трудно было тренировать из-за печально известной проблемы исчезающего градиента – поскольку градиент обратно распространяется на более ранние слои, повторное умножение может сделать градиент чрезвычайно малым. В результате, по мере углубления сети ее производительность становится насыщенной или даже начинает быстро снижаться.

ResNet впервые представила концепцию Skip Connections (пропуск соединения), которая заключается в добавления исходного ввода к выводу блока свертки. Это называется пропустить соединение (рис 13). Работоспособность Skip Connections по причине смягчения проблемы исчезновения градиента, позволяя альтернативному короткому пути проходить градиент. Данная концепция позволяют модели изучать функцию идентичности, которая гарантирует, что один способ прохода будет работать по меньшей мере так же хорошо, как и альтернативный, и не хуже.

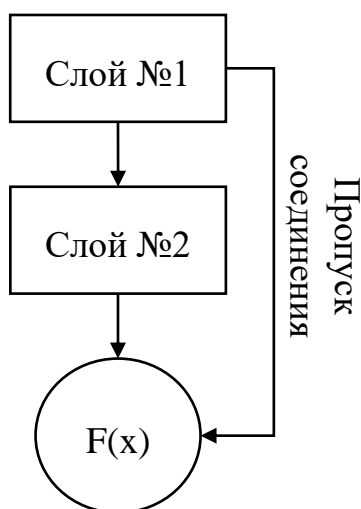


Рис. 6 Концепция Skip Connections

1.8 Модель Inception-v3

В сверточных нейронных сетях большая часть работы заключается в выборе правильного слоя для применения. Среди наиболее распространенных вариантов: фильтр 1×1 , фильтр 3×3 , фильтр 5×5 или Max Pooling. Все, что нам нужно, это найти оптимальную локальную конструкцию и повторить ее оптимальное количество раз. Обычно фильтры накладываются друг на друга предполагая, что соотношение 3×3 и 5×5 должно увеличиваться по мере продвижения к более высоким слоям. Однако вычислительная стоимость такого решения значительно возрастает. По этой причине была создана сеть GoogLeNet, идея которой заключалась в том, что фильтры разных размеров, работают на одном уровне. Сеть, по сути, станет немного «шире», чем «глубже». Чтобы сделать его более дешевым, авторы ограничивают количество входных каналов, добавляя дополнительные свертки меньшего размера вместо одной свертки большего размера. Хотя добавление дополнительной операции может показаться нелогичным, но несколько фильтров 3×3 намного дешевле, чем один фильтр 5×5 .

Inception-v3 является третьей версией GoogLeNet. Переосмысливая начальную архитектуру, достигается вычислительная эффективность и меньшее количество параметров, а точнее 42-уровневой сети глубокого обучения, схожей с VGGNet. Благодаря 42 слоям достигается меньший коэффициент ошибок, что делает его первым занявшим второе место в классификации изображений в ILSVRC 2015.

2 Практическая часть

2.1 Постановка задачи и исходные данные

Для создания нейронной сети использовалась нейросетевая библиотека, написанная на Python «Keras».

Для обучения нейронной сети использовались данные, взятые с платформы «Kaggle». Набор данных организован в 3 папки (train, test, val) и содержит подпапки для каждой категории изображений (PNEUMONIA / NORMAL). Рентгеновские снимки грудной клетки (в проекции передней-задней) были отобраны из ретроспективных когорт педиатрических пациентов в возрасте от одного до пяти лет из Женского и Детского медицинского центра Гуанчжоу, Гуанчжоу. Вся рентгенография грудной клетки была выполнена как часть обычной клинической помощи пациентам.

Для анализа рентгеновских изображений грудной клетки все рентгенограммы были первоначально проверены на предмет контроля качества путем удаления всех некачественных или нечитаемых сканирований. Диагнозы для изображений были затем оценены двумя опытными врачами перед тем, как быть очищенными для обучения системы ИИ. Чтобы учесть любые ошибки в оценках, оценочный набор также был проверен третьим экспертом.

2.2 Анализ данных

Рассчитаем количество данных, в каждом наборе для каждой категории и приведем их в таблице – 1:

Таблица – 1. Количество данных

Набор данных	Здоровые легкие	Легкие с пневмонией	Общее количество
Тренировочный	1341	3875	5216
Проверочный	8	8	16
Тестовый	234	390	624

Проведем визуализацию тренировочного набора данных. Как можно заметить, данные сильно разбалансированы. Мы имеем почти в три раза больше снимков легких с пневмонией по сравнению со здоровыми легкими. Данная ситуация вполне нормальная, когда дело доходит до медицинских данных. Данные всегда будут несбалансированными. Будет слишком много нормальных случаев или будет больше случаев с заболеванием.

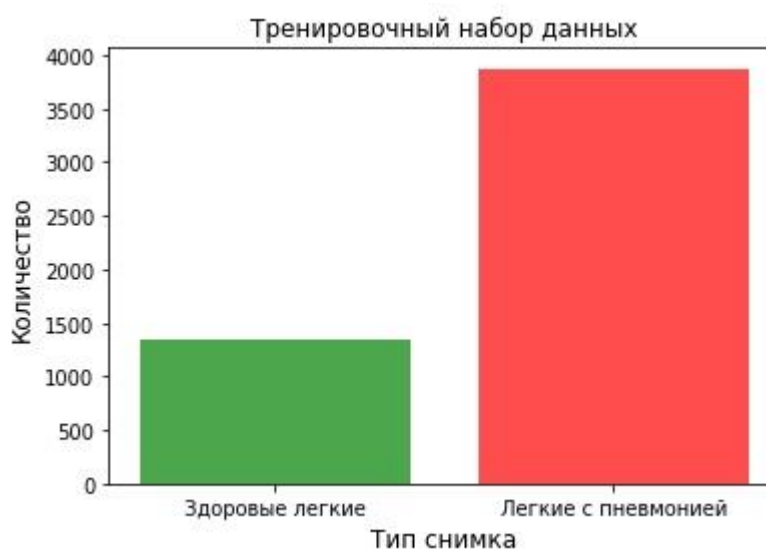


Рис. 7 Визуализация тренировочных данных

Так же стоит отметить, что количество проверочных данных слишком мало для проверки и расчета точности сети при обучении.

2.3 Увеличение и обработка данных

Перед тем как начать сеть обучаться нашими данными нужно их предварительно подготовить. Обработка изображений заключается в изменение параметров, например, размер, количество каналов, соотношение сторон и т.д.

Из-за того, что наши данные несбалансированные, могут возникнуть трудности в обучении. Чтобы избежать проблемы с обучением сети, нам нужно искусственно расширить наш набор данных. Мы можем сделать

существующий на данный момент набор данных еще больше. Идея состоит в том, чтобы изменить обучающие данные небольшими случайными преобразованиями. Некоторые популярные преобразования, которые используются в нейросетевых технологиях, - это горизонтальные и вертикальные перевороты, горизонтальные и вертикальные растяжения, горизонтальное и вертикальное отзеркаливание, вращения и многое другое. Применяя всего лишь пару таких преобразований к нашим обучающим и проверочным данным, мы можем легко удвоить или утроить количество обучающих примеров, чтобы попытаться сбалансировать общее распределение и создать более надежную модель.

После обработки данных были изменены следующие параметры:

- Размер – 244x244
- Количество каналов – 1 (черно-белое)

Для увеличения данных были использованы следующие преобразования:

- Горизонтальные, вертикальные и угловые сдвиги
- Горизонтальные и вертикальные растяжения

2.4 Создание моделей

Нейронные сети для распознавания и классификации изображений состоят из двух частей:

- I. Сверточная часть, отвечающая за выделение характерных признаков из изображений
- II. Полносвязная часть, которая является классификатором и предсказывает на основе признаков, извлеченных из сверток, к какому классу относится изображение.

Для создания такой сети, воспользуемся переносом обучения. Мы воспользуемся готовыми моделями, которые предназначены для

классификации изображений. Для такой задачи существуют множество моделей, но мы возьмем три самых распространенных и высококачественных моделей:

- VGG-16
- ResNet-50
- Inception-v3

Из данных моделей, удалив классификатор, то есть вторую часть – полносвязную, мы возьмем первую часть – сверточную.

Классификатор мы напишем сами. Он будет получать данные со сверточной части, которые являются многомерными векторами. По причине, того что в полносвязные слои работают только с одномерными векторами, входной слой будет являться слой Flatten, который преобразует многомерные вектора в одномерные. За ним пойдет полносвязный слой, у которого 256 нейронов и функция активации ReLu (полулинейная функция). После идет слой Dropout, который деактивирует нейроны, что помогает предотвратить переобучение модели. Наконец на выходе у нас будет полносвязный слой с одним нейроном и с логистической функцией активации, которая плавно изменяет значения от нуля до единицы, что хорошо сказывается на бинарную классификацию.

2.5 Обучение и тестирование модели

У нас имеются три готовые модели, которые нужно обучить и протестировать:

- 1) VGG-16 + классификатор
- 2) ResNet-50 + классификатор
- 3) Inception-v3 + классификатор

Обучение каждой модели длилось около часа, используя облачный сервис Google Colaboratory, предоставляющий свои технические мощности, а точнее GPU.

После проведения тестов были получены следующие результаты:

- Первая модель: VGG-16 + классификатор – точность 90.3%
- Вторая модель: ResNet-50 + классификатор – точность 62.5%
- Третья модель: Inception-v3 + классификатор – точность 67.27%

Очевидно, что выбор финальной архитектуры нашей сети будет являться первая модель т.к. она имеет самую высокую точность.

Для более точной оценки нашей модели была создана и представлена матрица ошибок (рис. 8), под которой мы понимаем матрицу, столбцами которой являются истинные значения, а строки предсказанные значения:

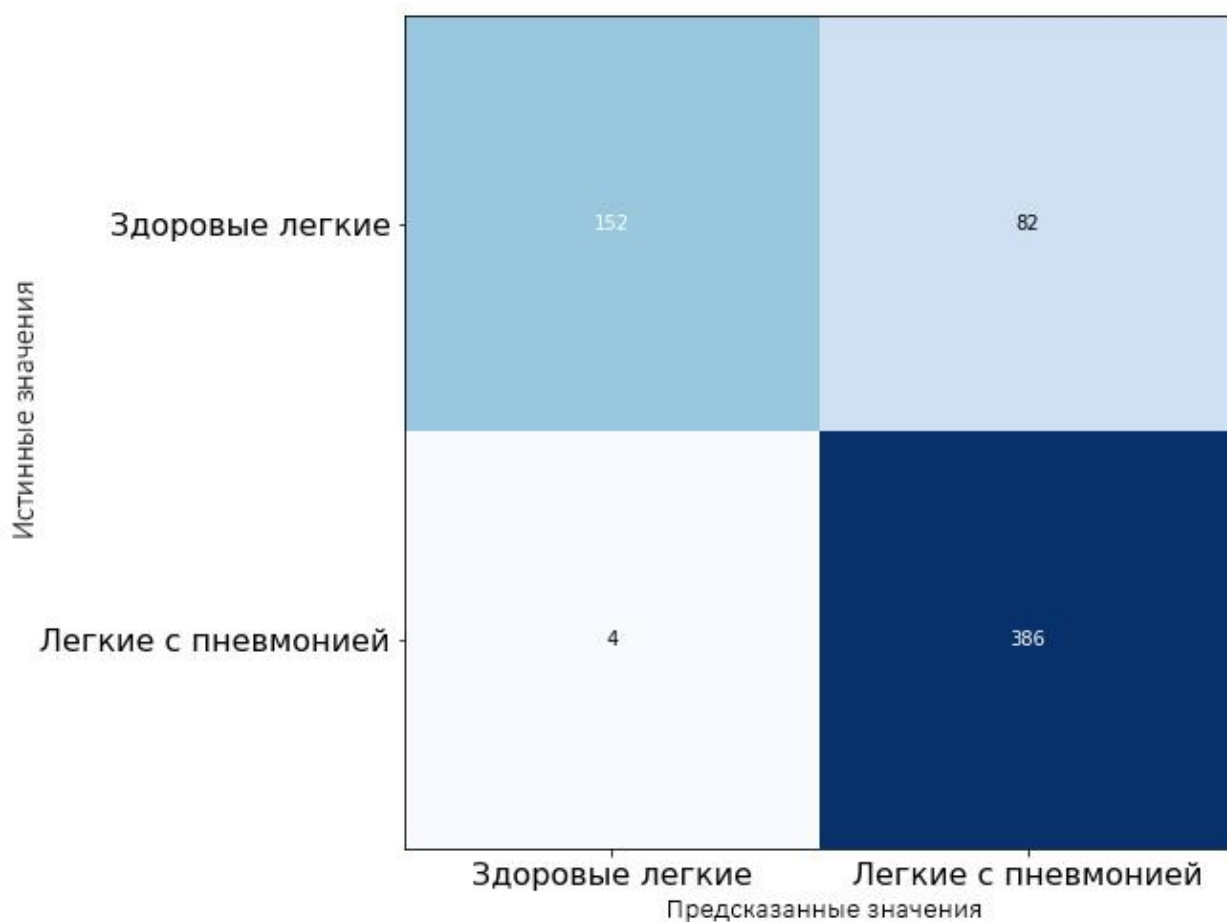


Рис. 8 Матрица ошибок

С кодами и результатами моделей можно ознакомиться в приложениях А – Д.

3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Выполнение грамотной научно-исследовательской работы требует наличия экономической оценки всех её элементов: как объекта исследования, так и методов, которые для этого используются. Целью данного раздела является комплексное описание и анализ финансово-экономических аспектов компьютерного анализа медицинских изображений нейронной сетью для выявления больных пневмонией. Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

- провести SWOT-анализ;
- определить эффективность исследования
- провести планирование научно-исследовательской работы;
- произвести расчёт бюджета научно-исследовательской работы;
- составить оценку научно-технического эффекта.

3.1 Организация и планирование работы

При организации процесса реализации данного исследования необходимо рационально планировать занятость каждого из его участников и сроки проведения отдельных работ.

В данном пункте составляется полный перечень проводимых работ, определяются их исполнители и рациональная продолжительность. Так как число исполнителей редко превышает двух в большинстве случаев, то для наглядного результата чаще пользуются линейным графиком. Для построения такого графика приведем в таблице – 2 перечень работ и занятость исполнителей.

Таблица – 2. Перечень работ и продолжительность их выполнения

№ Этапа	Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
1	Постановка целей и задач, получение исходных данных	Научный руководитель	НР – 100%
2	Составление и утверждение ТЗ	Научный руководитель, студент	НР – 100% С – 10%
3	Подбор и изучение материалов по тематике	Научный руководитель, студент	НР – 50% С – 100%
4	Разработка календарного плана	Научный руководитель, студент	НР – 100% С – 10%
5	Обсуждение литературы	Научный руководитель, студент	НР – 30% С – 100%
6	Написание программы	Студент	С – 100%
7	Тестирование программы	Студент	С – 100%
8	Оформление расчетно-пояснительной записки	Студент	С – 100%
9	Оформление графического материала	Студент	С – 100%
10	Анализ полученных результатов	Научный руководитель, студент	НР – 60% С – 100%

3.1.1 Продолжительность этапов работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения проекта оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества

трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ож}$ используется следующая формула:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5}, \quad (1)$$

где $t_{ож}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

t_{min} – минимальная продолжительность работы, дн.;

t_{max} – максимальная продолжительность работы, дн.

Для выполнения перечисленных в таблице 2 работ, требуется группа специалистов из следующего состава:

- Студент (С), соискатель степени бакалавра;
- Научный руководитель (НР).

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях $T_{рд}$, учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Так, для построения линейного графика необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести ее в календарные дни. Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях ($T_{рд}$ ведется по формуле:

$$T_{рд} = \frac{t_{ож}}{K_{вн}} \cdot K_{д}, \quad (2)$$

где $t_{ож}$ – продолжительность работы, дн.;

$K_{вн}$ – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей, в частности, возможно $K_{вн} = 1$;

$K_{д}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ ($K_{д} = 1-1,2$; в этих границах конкретное значение принимает сам исполнитель). Возьмем значение $K_{д} = 1$.

Продолжительность этапов работ и их трудоемкости по исполнителям, занятым на каждом этапе представлена в таблице – 3.

Таблица – 3. Временные показатели проведения научного исследования

№ Этапа	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ, дни			
					Т _{рд}		Т _{кд}	
		t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	НР	С	НР	С
1	Научный руководитель	1	2	1,6	1,6	-	1,92	-
2	Научный руководитель, студент	5	10	7	7	0,7	8,4	0,84
3	Научный руководитель, студент	10	15	12	6	12	7,2	14,4
4	Научный руководитель, студент	5	10	7	7	0,7	8,4	0,84
5	Научный руководитель, студент	1	2	1,6	1,6	0,48	1,92	0,58
6	Студент	15	20	17	-	17	-	20,4
7	Студент	3	5	3,8	-	3,8	-	4,56
8	Студент	10	20	14	-	14	-	16,8
9	Студент	1	2	1,6	-	1,6	-	1,92
10	Научный руководитель, студент	5	10	7	4,2	7	5,04	8,4
Итого:				72,6	27,4	57,28	32,88	68,74

3.1.2 Разработка графика проведения научного исследования

Выполнение ВКР является небольшим по объему исследованием, поэтому наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Так, построим ленточный график. Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{\text{КД}} = T_{\text{РД}} \cdot T_{\text{К}}, \quad (3)$$

где $T_{\text{КД}}$ – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

$T_{\text{К}}$ – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях, который определяется по следующей формуле:

$$T_{\text{К}} = \frac{T_{\text{КАЛ}}}{T_{\text{КАЛ}} - T_{\text{ВД}} - T_{\text{ПД}}}, \quad (4)$$

где $T_{\text{КАЛ}}$ – календарные дни ($T_{\text{КАЛ}} = 365$);

$T_{\text{ВД}}$ – выходные дни ($T_{\text{ВД}} = 52$ для при шестидневной рабочей недели);

$T_{\text{ПД}}$ – праздничные дни ($T_{\text{ПД}} = 10$).










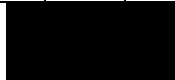

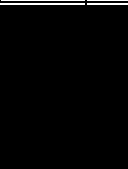
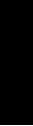


$$T_{\text{К}} = \frac{365}{365 - 52 - 10} = 1,20.$$

Таким образом, коэффициент календарности $T_{\text{К}}$ равен 1,20.

Величины трудоемкости этапов по исполнителям $T_{\text{КД}}$ (данные столбцов 8 и 9 кроме итогов) позволяют построить линейный график осуществления проекта.

Пример построения линейного графика приведен в таблице – 4.

Таблица – 4. Линейный график работ

Этап	Вид работ	НР	С	Продолжительность выполнения работ															
				март			апрель			май									
				10	20	30	10	20	30	10	20	30							
1	Постановка целей и задач, получение исходных данных	1,92	-																
2	Составление и утверждение ТЗ	8,4	0,84																
3	Подбор и изучение материалов по тематике	7,2	14,4																
4	Разработка календарного плана	8,4	0,84																
5	Обсуждение литературы	1,92	0,58																
6	Написание программы	-	20,4																
7	Тестирование программы	-	4,56																
8	Оформление расчетно-пояснительной записки	-	16,8																
9	Оформление графического материала	-	1,92																
10	Анализ полученных результатов	5,04	8,4																



– Научный руководитель;



– Студент.

3.2 SWOT-анализ

SWOT-анализ представляет собой сводную таблицу, иллюстрирующую связь между внутренними и внешними факторами компании. Целью SWOT-анализа является предоставление возможности оценки риска и конкурентоспособности компании или товара в данной отрасли производства.

Методика SWOT-анализа необходима, для того, чтобы определить наиболее прозрачное на положение компании, продукции или услуги в данной отрасли.

Приведем матрицу SWOT-анализа нейронной сети для выявления больных пневмонией.

Таблица –5. Матрица SWOT - анализа

	Сильные стороны	Слабые стороны
	С1. Высокая востребованность в медицинской сфере.	Сл1. Необходимость большого количества медицинских данных и технических возможностей для обучения нейронной сети.
Возможности В1. Перенастройка сети для других подобных задач. В2. Сотрудничество с медицинскими компаниями.	В1В2С1 Перенастройка сети в зависимости от востребованности задач.	В2Сл1 Автоматизация сбора медицинских данных.

Угрозы	У1У2С1	У2Сл1
У1. Человеческий фактор у лечащих врачей. У2. Низкий уровень технического оборудования.	Обеспечение защиты врачей и пациентов от ложных или поздних диагнозов.	Возможность использования некачественных данных в обучении для распознавания снимков, полученных со слабоуровневого оборудования.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что наиболее эффективными в сложившейся ситуации представляются следующие стратегии:

- Необходимо автоматизировать сбор данных. Это, в свою очередь, повысит качество нейронной сети;
- необходимо использовать разный уровень качества данных для повышения независимости от технического оборудования.

3.3 Анализ конкурентных решений

Основной целью нейронной сети является выявление больных пневмонией. Такая цель может достигаться путем прогона через сеть всех имеющихся наблюдений и сравнения реально выдаваемых выходных значений с желаемыми (целевыми) значениями. Такие сети имеют свои особые признаки, анализ которых представлен в Таблице 6. Приведем следующие критерии оценки. Для оценочной карты были выбраны следующие критерии:

- Размер обучающей выборки. Данный показатель является одним из основополагающих, так как от нее зависит точность распознавания;
- Уровень технического оборудования позволяет ускорить процесс обучения сети;
- Надежность сети влияет на пороговое значение, от которого зависит уровень точности сети;

- Обслуживание сети показывает сложность и гибкость сети;
- Автоматизация сбора выборки показывает уровень автоматизации;
- Экономические затраты будут определять стоимость услуг.

Таблица 6. Оценочная карта для сравнения конкурентных решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Размер выборки	0,45	2	4	4	0,9	1,8	1,8
2. Уровень технического оборудования	0,25	3	5	2	0,7 6	125	0,5
3. Надежность	0,15	5	5	5	0,7 5	0,75	0,7 5
4. Обслуживание сети	0,06	5	5	3	0,2 5	0,2 5	0,1 5
5. Автоматизация сбора данных	0,05	5	4	2	0,2	0,18	0,0 8
6. Экономические затраты	0,04	5	5	4	0,1 5	0,16	0,0 8
Итого	1	25	2 8	20	3,0 1	4,39	3,3 6

Позиция разработки оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Анализ конкурентных решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i * B_i$$

где K – конкурентоспособность решения или конкурента, V_i – вес показателя (в долях единицы), B_i – балл i -го показателя.

Таким образом, можно сделать вывод, что сверточная нейронная сеть с использованием глубокого обучения по многим показателям является более предпочтительным, чем другие методы построения нейронной сети.

3.4 Потенциальные потребители результатов исследований

В процессе написания выпускной квалификационной работы были определены следующие потенциальные потребители разработанного продукта. К ним можно отнести частных или государственных поликлиник, готовых использовать новые технологические решения. В свою очередь, эту группу можно разделить по следующим признакам: тип поликлиники, возраст поликлиники, методы обслуживания баз данных, склонность к новизне.

Создана нейронная сеть, определяющая больных пневмонией. Однако, прежде чем предложить поликлинике какую-либо технологическую идею, необходимо оценить ее предпочтения. Для этого проведем классификацию поликлиник по группам с учётом ее статуса, приведенной в Таблице 7.

Таблица 7. Группы поликлиник в зависимости от типа и рекомендованные сети для них

Группы поликлиник	Цель поликлиники	Тип сети
Группа 1 Молодая частная поликлиника	Увеличение репутации поликлиники	Ориентированная на снижение экономических затрат
Группа 2 Взрослая частная поликлиника	Увеличение прибыли с сотрудничества	Ориентированная на повышение автоматизации сбора данных
Группа 3 Государственная поликлиника	Повышение эффективности работы	Ориентированная на точность сети

3.5 Расчет сметы затрат на выполнение проекта

В состав затрат на создание проекта включается величина всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки. Расчет сметной стоимости ее выполнения производится по следующим статьям затрат:

- Материалы и покупные изделия;

- Заработная плата;
- Социальный налог;
- Расходы на электроэнергию (без освещения);
- Амортизационные отчисления;
- Оплата услуг связи;
- Прочие (накладные расходы) расходы.

3.5.1 Расчет материальных затрат

К данной статье расходов относится стоимость материалов, покупных изделий, расходуемых непосредственно в процессе выполнения работ над объектом исследования.

Покажем отражение стоимости всех материалов, используемых при работе над проектом, включая расходы на их приобретение и, при необходимости, доставку. Расчет затрат на материалы производится по форме, приведенной в таблице – 8.

Таблица – 8. Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед, руб.	Сумма, руб
Бумага	Пачка	1	300	300
Канцелярские принадлежности	шт.	5	100	500
Картридж для принтера	шт.	1	3000	3000
Итого:				3800

Допустим, что ТЗР составляют 5 % от отпускной цены материалов, тогда расходы на материалы с учетом ТЗР равны:

$$C_{\text{мат}} = 3\,800 * 1,05 = 3\,990 \text{ руб.}$$

3.5.2 Расчет заработной платы для исполнителей

Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и студента (в его роли выступает исполнитель проекта), а также премии, входящие в фонд заработной платы.

Расчет основной заработной платы выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя.

Среднедневная тарифная заработная плата ($ЗП_{дн-т}$) рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{дн-т} = \frac{МО}{25,083} \quad (5)$$

Учитывая, что в году 301 рабочий день и, следовательно, в месяце в среднем 25,083 рабочих дня (при шестидневной рабочей неделе).

Пример расчета затрат на полную заработную плату приведены в таблице 12. Затраты времени по каждому исполнителю в рабочих днях с округлением до целого взяты из таблицы – 3. Для учета в ее составе премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используется следующий ряд коэффициентов: $K_{ПР} = 1,1$; $K_{доп.ЗП} = 1,188$; $K_p = 1,3$. Таким образом, для перехода от тарифной (базовой) суммы заработка исполнителя, связанной с участием в проекте, к соответствующему полному заработку (зарплатной части сметы) необходимо первую умножить на интегральный коэффициент $K_{и} = 1,1 * 1,188 * 1,3 = 1,699$. Вышеуказанное значение $K_{доп.ЗП}$ применяется при шестидневной рабочей неделе, при пятидневной оно равно 1,113, соответственно в этом случае $K_{и} = 1,62$.

Таблица – 9. Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная тарифная ставка	Затраты времени, раб.дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
-------------	------------------	-------------------------------	--------------------------	-------------	--------------------

		руб./раб.день			
НР	33664	1342,09	28	1,699	63 845,9
С	15470	616,75	58	1,62	57 949,83
Итого					121795,73

3.5.3 Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30,2 % от полной заработной платы по проекту, т.е. $C_{соц.} = Сзп * 0,302$.

Итак, в нашем случае:

$$C_{соц} = 121\,795,73 * 0,302 = 36\,782,31 \text{ руб.}$$

3.5.4 Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле:

$$C_{эл.об} = P_{об} * t_{об} * ЦЭ, \quad (6)$$

где $P_{об}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

ЦЭ – тариф на 1 кВт·час;

$t_{об}$ – время работы оборудования, час.

Для ТПУ ЦЭ = 5,748 руб./квт·час (с НДС).

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных таблицы – 3 для студента (ТРД) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов.

$$t_{об} = T_{рд} * K_t, \quad (7)$$

где $K_t \leq 1$ – коэффициент использования оборудования по времени. Возьмем его равным 1.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{об} = P_{ном} * K_C, \quad (8)$$

где $P_{ном}$ – номинальная мощность оборудования, кВт;

$K_C \leq 1$ – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности. Для технологического оборудования малой мощности $K_C = 1$.

Пример расчета затраты на электроэнергию для технологических целей приведен в таблице 10.

Таблица – 10. Затраты на электроэнергию технологическую

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{об}$, час	Потребляемая мощность $P_{об}$, кВт	Затраты $\Delta_{об}$, руб.
Персональный компьютер	464	0,3	800,12
Струйный принтер	2	0,1	1,15
Итого:			801,27

3.5.5 Расчет амортизационных расходов

В статье «Амортизационные отчисления» рассчитывается амортизация используемого оборудования за время выполнения проекта.

Используется формула:

$$C_{ам} = \frac{N_A * Ц_{об} * t_{рф} * n}{F_D}, \quad (9)$$

где N_A – годовая норма амортизации единицы оборудования;

$Ц_{об}$ – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР;

$t_{рф}$ – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта;

n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

Например, для ПК в 2019 г. (299 рабочих дней при шестидневной рабочей неделе) можно принять $F_{д} = 299 * 8 = 2392$ часа.

Для принтера из справочника $F_{д} = 500$ часов.

При использовании нескольких типов оборудования расчет по формуле делается соответствующее число раз, затем результаты суммируются.

Для ПК найдем $N_A = 0,4$. Для принтера $N_A = 0,5$.

Стоимость ПК= 20 000 рублей. Время использования 304 часа, тогда для него:

$$C_{AM}(ПК) = \frac{0,4 * 20\ 000 * 464 * 1}{2392} = 1551,84 \text{ руб.}$$

Стоимость принтера 5000 руб. Время использования 2 часа, тогда для него:

$$C_{AM}(ПР) = \frac{0,5 * 5\ 000 * 2 * 1}{500} = 10 \text{ руб.}$$

Итого начислено амортизации 1 561,84 руб.

3.5.6 Расчет прочих расходов

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, их следует принять равными 10% от суммы всех предыдущих расходов, т.е.

$$C_{проч} = (C_{мат} + C_{зд} + C_{соц} + C_{эл.об} + C_{ам}) * 0,1 \quad (10)$$

Для нашего примера это:

$$C_{\text{проч}} = (3\,990 + 121\,795,73 + 36\,782,31 + 801,12 + 1\,561,84) * 0,1$$

$$= 16\,495,1 \text{ руб.}$$

3.5.7 Расчет общей себестоимости разработки

Проведя расчет по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость проекта. Данные результаты можно посмотреть в таблице – 11.

Таблица – 11. Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	3 990
Основная заработная плата	$C_{\text{зп}}$	121 795,73
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	36782,31
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{эл.}}$	801,12
Амортизационные отчисления	$C_{\text{ам}}$	1 561,84
Прочие расходы	$C_{\text{проч}}$	16495,1
Итого:		181 424,1

Таким образом, затраты на разработку составили $C = 181\,424,15$ руб.

3.5.8 Расчет прибыли

Прибыль примем в размере 10 % от полной себестоимости проекта. В нашем примере она составляет 18142,41 руб. (10 %) от расходов на разработку проекта.

3.5.9 Расчет НДС

НДС составляет 20% от суммы затрат на разработку и прибыли. В нашем случае:

$$\text{НДС} = (181424,1 + 18142,41) * 0,2 = 39913,3 \text{ руб.}$$

3.5.10 Цена разработки НИР

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС:

$$C_{\text{НИР(КР)}} = 181424,1 + 18142,41 + 39913,3 = 239479,81 \text{ руб.}$$

3.6 Оценка научно-технического эффекта

Социально-научный эффект проявляется в росте числа открытий, изобретений, увеличении суммарного объема научно-технической информации, полученной в результате выполнения выпускной квалификационной работы, создании научного «задела», являющегося необходимой предпосылкой для проведения в будущем прикладных исследований и выполнения работ по модернизации конструкций выпускаемых изделий.

За последние годы появились предложения не только по качественной характеристике социального эффекта, но и по системе количественных показателей.

Элементом количественной оценки социально-научного эффекта следует считать определение научно-технического эффекта бакалаврской работы по следующей методике. Сущность этой методики состоит в том, что на основе оценок признаков работы определяется коэффициент научно-технического эффекта ВКР:

$$H_T = \sum_{i=1}^3 r_i * k_i$$

где r_i – весовой коэффициент i -го признака (определяющийся по Таблице 12); k_i – количественная оценка i -го признака.

Проведем расчет коэффициента научно-технического эффекта ВКР для нейронной сети.

Таблица 12. Определение весового коэффициента

Признак научно технического эффекта ВКР(i)	Применение значения весового коэффициента (r)
Уровень новизны	0,6

Теоретический уровень	0,4
Возможность реализации	0,2

Количественная оценка уровня новизны ВКР определяется на основе значений Таблицы 13.

Таблица 13. Количественная оценка уровня новизны ВКР

Уровень новизны разработки	Характеристика уровня новизны	Баллы
Принципиально новая	Результаты исследований открывают новое направление в данной области науки и техники	8-10
Новая	По-новому или впервые объяснены известные факты, закономерности	5-7
Относительно новая	Результаты исследований систематизируют и обобщают имеющиеся сведения, определяют пути дальнейших исследований	2-4
Традиционная	Работа выполнена по традиционной методике, результаты исследования носят информационный характер	1
Не обладающая новизной	Получен результат, который ранее был известен	0

Для данной выпускной квалификационной работы уровень новизны – относительно новая, баллы – 4.

Теоретический уровень полученных результатов выпускной квалификационной работы определяется на основе значения баллов, приведенных в Таблице 14.

Таблица 14. Теоретический уровень полученных результатов в ВКР

Теоретический уровень полученных результатов	Баллы
Установления закона, разработка новой теории	10
Глубокая разработка проблемы: многоаспектный анализ связей, взаимозависимости между фактами с наличием объяснения	8

Разработка способа (алгоритм, программ мероприятий, устройство, и т.д.)	6
Элементарный анализ связей между фактами с наличием гипотезы, симплексного прогноза, классификации, объясняющей версии, или практических рекомендаций частного характера	2
Описание отдельных элементарных фактов (вещей, свойств, отношений); изложение опыта, наблюдений, результатов измерений	0,5

В данной выпускной квалификационной работе была разработана нейронная сеть, а точнее ее алгоритмы написания, поэтому теоретический уровень полученных результатов равен 6 баллам.

Возможность реализации научных результатов определяется на основе значения баллов из Таблицы 15.

Таблица 15. Время и масштабы реализации проекта

Время реализации	Баллы
В течение первых лет	10
От 5 до 10 лет	4
Более 10 лет	2
Масштабы реализации	Баллы
Одно или несколько предприятий	2
Отрасль(министерство)	4
Народное хозяйство	10
Примечание: Баллы по времени и масштабам реализации складываются	

Способ создания нейронной сети с заданным уровнем надежности можно реализовать в течение первых лет (10 баллов) для отрасли(министерства) (4 балла).

Рассчитаем коэффициент научно-технического эффекта:

$$Нт = 0,6 * 4 + 0,4 * 6 + 0,2 * 14 = 7,6$$

Приведем таблицу оценок уровня научно-технического эффекта.

Таблица 16. Оценка уровня научно-технического эффекта

Уровень научно-технического эффекта	Коэффициент научно-технического эффекта
Низкий	1-4
Средний	5-7
Сравнительно высокий	8-10
Высокий	11-14

В соответствии с Таблицей 16, уровень научно-технического эффекта – средний.

Вывод по разделу

1. Проведено планирование НИР, а именно: определена структура и календарный план работы, трудоемкость, составлена ленточная диаграмма Гантта, и определен бюджет научно-исследовательской работы. В ходе планирования научно-исследовательских работ определён перечень работ, выполняемый рабочей группой. В данном случае рабочая группа состоит из двух человек: руководитель и инженер. Результаты соответствуют требованиям ВКР по срокам и иным параметрам.

2. Бюджет научно-технического исследования составил 239479,81 рубля. Бюджет НТИ состоит из затрат на разработку (181424,1 рубля), отчислений во внебюджетные фонды (39913,3 рубля) и накладных расходов (18142,41 рубля).

3. Нейронная сеть по многим показателям является более предпочтительным, чем другие методы построения нейронной сети со значением 4.39.

4. В ходе выполнения раздела «Финансовый менеджмент» с помощью SWOT-анализа были выведены наиболее эффективные в сложившейся ситуации стратегии. После формирования бюджета затрат на проектирование суммарные капиталовложения составили 239126,11 рублей. Уровень научно-технического эффекта – средний. Проект экономически целесообразен.

5. Капиталовложения в размере 239126,11 рублей позволят реализовать разработанный проект по созданию нейронной сети.

4 Социальная ответственность

Введение

В настоящее время рентгеновские аппараты широко используются в современной медицинской практике. С их помощью осуществляется диагностика и лечение различных заболеваний. Что же касается работы непосредственно диагностических моделей – это аппараты, позволяющие проводить не инвазивную оценку состояния внутренних органов и костно-мышечных тканей организма.

Результатом данной выпускной квалификационной работы является создание нейронной сети для компьютерного анализа медицинских изображений и выявления больных пневмонией. Применение компьютерной программы (нейронной сети) предполагается на существующих компьютерах рентгенодиагностических кабинетов и дополнительного оборудования не требует. Так как рентгенодиагностические кабинеты относятся к потенциально опасным радиационным объектам, целью данного раздела является анализ соблюдения медицинским персоналом установленных санитарных требований по радиационной безопасности, а также исследуются вредные и опасные факторы, влияющие на здоровье человека при работе с компьютерами и снижения их воздействия до допустимых пределов.

Предметом исследования является рентгенодиагностический кабинет, который представляет собой комплекс состоящий, как минимум из 3-х изолированных помещений: процедурной, где размещается рентген-аппарат и выполняются работы с ним; комнаты управления рентгеновским оборудованием; кабинета врача, где размещается собственно рабочее место врача - стол, стул, персональный компьютер, клавиатура, мышь.

4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Рабочее место – это часть рабочей зоны, где постоянно или временно пребывает работник в процессе трудовой деятельности. Оно должно обеспечивать возможность удобного и безопасного выполнения работ, как для персонала в нем работающего, так и для пациентов. Учитывать технологические особенности, а также включать в себя пространство, необходимое для передвижения в ней работающего.

Согласно постановления Правительства от 14.02.2003 №101 «О продолжительности рабочего времени медицинских работников в зависимости от занимаемой ими должности и (или) специальности» для врачей и среднего медицинского персонала, работа которых непосредственно связана с рентгенодиагностикой, дает им право на сокращенную 30-часовую рабочую неделю. В соответствии со ст. 108 ТК РФ в течение рабочего дня работнику предоставляется перерыв для отдыха и питания продолжительностью не более двух часов и не менее 30 минут, который в рабочее время не включается.

Основные требования и нормы по обеспечению радиационной безопасности персонала, пациентов и населения при проведении медицинских рентгенологических процедур закреплены санитарным законодательством и федеральным законом о радиационной безопасности. Проведение рентгенологических исследований осуществляется при наличии санитарно-эпидемиологического заключения о соответствии условий труда с источниками ионизирующих излучений санитарным правилам.

В процессе выполнения проекта были представлены технический паспорт рентгенодиагностического кабинета, где рабочая зона имеет следующие характеристики. Площадь процедурного кабинета составляет 55,5 кв.м, комната управления – 13,5 кв.м, кабинет врача – 14 кв.м. Общая площадь рентгенодиагностического кабинета - 83 кв.м. Высота потолков – 3,2 м.

Стены и пол процедурной рассчитаны на защиту от прямого пучка гамма - излучения. Стены и потолки всех помещений окрашены масляной краской, полы бетонные, покрыты линолеумом. С целью снижения МЭД первичный пучок излучения направлен в сторону капитальной стены.

Согласно СанПиН 2.6.1.1192-03 ширина дверного проема в процедурном рентгенодиагностическом кабинете должна быть не менее 1,2 м при высоте 2,0 м, размер остальных дверных проемов - 0,9 х 1,8 м. В представленном помещении высота помещений составила 3,2 м, что соответствует установленным требованиям.

Между элементами стационарного оснащения кабинета предусмотрен технический проход для персонала шириной не менее 0,8 метра. На размещение каталок для пациентов отводится пространство размером минимум 1,5х2 метра. Для ввоза каталки и других технологических нужд в процедурной должно быть не менее 6 м² свободного пространства.

Окна в рентгеновском кабинете ориентированы на северо-запад, для защиты от прямых солнечных лучей установлены системы затемнения. Освещение в помещении комбинированное. Оно включает в себя искусственное (люминесцентные лампы типа ЛБ или лампы накаливания) и естественное.

Параметры рабочего места при работе с ПЭВМ приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры рабочего места при работе

Параметры	Значение параметра	Реальные значения
Высота рабочей поверхности стола	От 600 до 800 мм	740 мм
Высота клавиатуры	600-700 мм	600 мм
Удаленность клавиатуры	Не менее 80 мм	83 мм
Удаленность экрана монитора	500-700 мм	600 мм
Высота сидения	400-500 мм	470 мм
Угол наклона монитора	0-30 град.	12 град.
Наклон полставки ног	0-20 град.	0 град.

Параметры рабочего стола и всей рабочей зоны соответствуют санитарным требованиям и нормативам.

Таблица 2 – Допустимые визуальные параметры устройств отображения информации

Параметры	Допустимые значения
Яркость белого поля	Не менее 35 кд/м ²
Неравномерность яркости рабочего поля	Не более $\pm 20\%$
Контрастность (для монохромного режима)	Не менее 3:1
Временная нестабильность изображения (непреднамеренное изменение во времени яркости изображения на экране дисплея)	Не должна фиксироваться

Продолжительность непрерывной работы с компьютером без регламентированного перерыва не должна превышать 2-х часов. Это связано с тем, что при работе с компьютером наступает общее утомление, что негативно сказывается на здоровье и самочувствии человека.

При входе в процедурную и комнату управления рентген-кабинета установлено световое табло «Не входить!», автоматически загорающееся при включении анодного напряжения. Пульт управления, контроль за состоянием пациента осуществляется через защитное смотровое окно. Между комнатой управления и процедурной установлена защитная просвинцованная дверь, обеспечивающая защиту от источника ионизирующего излучения.

4.2 Профессиональная социальная безопасность.

4.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования.

Основные опасные и вредные производственные факторы, которые могут возникнуть при работе с компьютером и рентгеновским оборудованием в рентгенодиагностических кабинетах, представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Основные элементы производственного процесса, формирующие вредные и опасные факторы

Факторы	Этапы работ	Нормативные документы
	Эксплуатация	
Повышенный уровень ионизирующего излучения	+	СанПиН 2.6.1.1192-03 Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований [1]. СанПиН 2.6.1.2523-09 Нормы радиационной безопасности [2].
Отклонение показателей микроклимата	+	СанПиН 2.1.3.2630-10 Санитарно-эпидемиологические требования к организациям, осуществляющим медицинскую деятельность [3]. ГОСТ 12.1.005–88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны [12]. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений [4].
Недостаточная освещенность	+	СанПиН 2.1.3.2630-10 Санитарно-эпидемиологические требования к организациям, осуществляющим медицинскую деятельность [3]. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования от 01.03.1986: дата введения 01.01.1979. [8]. СП 52.13330.2011 Свод правил естественное и искусственное освещение [10]. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий [13].
Опасный уровень напряжений в электрических цепях, замыкание которых может пройти через тело человека	+	ПУЭ, 7-ое изд. Правила устройства электроустановок [14]. Приказ Минздрава РФ от 28 января 2002 г. N 19 О типовой инструкции по охране труда для персонала рентгеновских отделений. [5]. ГОСТ 12.1.002–84 Система стандартов безопасности труда. Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах от 01.07.2009: дата введения 01.01.1986 [9]. ГОСТ 12.1.038–82 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов от 01.1.1988: дата введения 30.06.1983 [11].
Повышенная температура элементов технического оснащения	+	СанПиН 2.6.1.1192-03 Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований [1].
Наличие следов свинцовой пыли на поверхности оборудования и стенах	+	СанПиН 2.6.1.1192-03 Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований [1].
Повышенный уровень шума, создаваемого техническим оснащением	+	СанПиН 2.2.4.3359-16 Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах) [6].
Повышенный уровень ионизирующего излучения	+	СанПиН 2.6.1.1192-03 Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований [1]. СанПиН 2.6.1.2523-09 Нормы радиационной безопасности [2].

4.2.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований

1. Ионизирующее излучение наиболее опасный производственный фактор при работе в рентгенодиагностическом кабинете, обладают выраженным биологическим свойством. Первым эффектом при взаимодействии гамма-квантов с тканями организма человека является возникновение возбуждения, то есть ионизация атомов и молекул с последующими быстро развивающимися биохимическими реакциями в соматическом и генетическом направлении. При высоких разовых и суммарных дозах могут наступить необратимые изменения в отдельных органах и в организме в целом. Для оценки радиационной опасности ионизирующего излучения вводится понятие эффективной дозы. Единицей эффективной дозы является зиверт (Зв). В соответствии с СанПиН 2.6.1.1192-03 для сотрудников, непосредственно занятых в проведении рентгенодиагностических исследований, допустимая эффективная доза составляет 20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год.

Защита от ионизирующего излучения направлена на снижение физической дозы излучения ниже предельно допустимой дозы. Выделяют следующие виды радиационной защиты. 1. Защита экранами: стационарные устройства (кирпич, баритобетон, свинец, просвинцованное стекло и др.) нестационарные (фартуки, перчатки, воротники и др.). 2. Защита расстоянием. 3. Защита временем: сокращение времени исследования; сокращение рабочего времени персонала; сокращение количества исследований. Стационарные средства радиационной защиты процедурной рентгеновского кабинета (стены, пол, потолок, защитные двери, смотровые окна и др.) должны иметь защитную эффективность не ниже 0,25 мм по свинцовому эквиваленту. В таблице 4 представлены нестационарные средства защиты.

Таблица 4 – Средства радиационной защиты

Наименование	Свинцовый эквивалент, мм РВ	Количество
--------------	-----------------------------	------------

Фартук односторонний	0,35	1
Юбочка (передник)	0,35	1
Набор пластин	0,35	1
Защитный воротничок	0,35	1
Фартук стоматологический	0,35	1

2. Отклонение показателей микроклимата в ограниченном пространстве оказывают патологическое действие на организм. При плохой вентиляции ионизированный воздух попадает в рентгеновский кабинет, что может привести к проблемам со здоровьем. Согласно СанПиН 2.1.3.2630-10 организация воздухообмена в рентгеновском кабинете должна обеспечивать поддержание установленных показателей микроклимата. Подача воздуха должна осуществляться исключительно в верхнюю зону. Удаление воздуха – из обеих зон. Из нижней зоны (расстояние до 60 см от пола) – 60 процентов от общей воздушной массы, из верхней зоны – остальные 40 процентов. Расчетные значения температуры в помещениях рентгеновского кабинета регламентируемая кратность воздухообмена, приведены в таблице 4.

Таблица 5 – Температура и кратность воздухообмена в помещениях рентгенодиагностического кабинета

Наименование помещения	Температура, °С	Кратность воздухообмена в час	
		приток	вытяжка
1. Процедурная	20	3	2
2. Комната управления	18	2	1
3. Кабинет врача	20	1	1

Для нормализации температурного режима применяют: системы вентиляции, отопления и кондиционирования воздуха. Необходимо во всех помещениях рентгеновского кабинета предусмотреть возможность естественного

проветривания. Одно из ключевых требований СанПиН – вентиляция рентгеновских кабинетов обязательно должна быть паспортизированной.

3. Также одной из основных задач, обеспечивающих условия персоналу для эффективной работы, является создание комфортного освещения. Требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению изложены в санитарных правилах и нормативах:

Таблица – 6 Освещенность рабочих мест в помещениях рентгеновского кабинета (л.л. - люминесцентные лампы; л.н. - лампы накаливания)

Наименование помещения	Освещенность, лк	Источник света
Процедурная для рентгенографии	200	л.л.
	100	л.н.
Комната управления	50	л.н.
Кабинет врача	300	л.л.
	150	л.н.

В соответствии с требованиями используются светильники с люминесцентными и галогенными лампами накаливания, спектр которых близок к естественному. Обычные лампы накаливания для этих целей не используются. Для рабочего стола и зоны, в кабинете врача рекомендуется использовать дополнительный источник искусственного света.

4. Электрический ток всегда является потенциальной опасностью для жизни человека. Опасность поражения практически сводится к определению значения тока, протекающего через тело человека в различных условиях, в которых он может оказаться и зависит от ряда факторов: схемы включения человека в электрическую цепь, напряжения сети, схемы самой сети, степени изоляции токоведущих частей от земли, и т. п. При проверке наличия цепи между заземленными установками и элементами заземленной установки не должно быть обрывов и неудовлетворительных контактов. Переходное сопротивление контактов должно быть не выше 0,05 Ом. С целью контроля

данных показателей медицинские организации проводят ежеквартальный внешний производственный контроль.

5. В процессе нагрузки рентгеновской трубки, особенно при просвечиваниях, интенсивно нагревается излучатель, в связи с чем возможно получение ожогов различной степени тяжести от соприкосновения с нагретыми поверхностями. Санитарными нормативами определена допустимая температура элементов технического оснащения:

Таблица – 7 Допустимая температура элементов технического оснащения

Элементы	Температура, °С
Вводимые в полости тела	50
Доступные для прикосновения	60
Корпус рентгеновского излучателя	70

Мерами профилактики являются наличие теплоизоляции оборудования, эффективно работающей вентиляции.

6. Также при эксплуатации рентгеновского оборудования особое внимание уделяется электрической безопасности – наличие контурного заземления, электроизоляции пола в кабинете, автономного сетевого рубильника. Рентгеновскую установку следует выключать, выводить на режим, а также выключать только в порядке, изложенном в инструкции, прилагаемой к данному аппарату. По окончании работы рентгеновский аппарат должен быть отключен от электросети через 5-10 мин после выключения высокого напряжения. Не разрешается оставлять включенный рентгеновский аппарат без наблюдения. Проведение ежедневной влажной уборки в кабинете допускается за два часа до включения аппаратуры или после рабочего дня. Персонал, занятый в рентгенодиагностических отделениях, должен иметь I квалификационную группу по электробезопасности и ежегодно проходить проверку знаний.

7. Концентрация свинца и его неорганических соединений на поверхности стен пола и оборудования помещений рентгеновских кабинетов не должны превышать предельно допустимой величины 0,5мг/см². Для ослабления вредного воздействия свинца поверхность защитных устройств и приспособлений, изготовленных из свинца, должна быть покрыта двойным слоем масляной или эмалевой краски. Защитные фартуки и козырьки из просвинцованной резины помещают в пластиковые или клеенчатые футляры. С целью нейтрализации свинца раз в неделю проводится обработка оборудования 4% раствором уксусной кислоты.

8. Работающее рентгенологическое оборудование может создать повышенный уровень шума, что может привести к хронической бессоннице, сердечным заболеваниям, нарушениям слуха, повышению в организме гормонов стресса, снижению иммунитета, неврозам. Нормативным эквивалентным уровнем звука на рабочих местах является 80 дБА. Для обеспечения допустимого уровня шума применяются средства и методы коллективной защиты: создание шумозащитных зон, рациональное размещение рабочих мест, применение малошумных технологических процессов и машин, создание рационального рабочего распорядка дня и ежегодный контроль уровня звука на рабочих местах. Средства индивидуальной защиты не требуются.

4.2.3 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов.

Перед началом работы персонал отделения должен проверить наличие индивидуальных дозиметров, убедиться в отсутствии посторонних лиц в процедурном помещении и провести визуальную проверку исправности рентгеновского аппарата (подвижных частей, электропроводки, высоковольтного кабеля, заземляющих проводов в кабинете и т.д.). Затем следует проверить электрическое напряжение линии питания и произвести пробное включение рентгеновского аппарата на различных режимах работы.

При включенном в электрическую сеть рентгеновском аппарате медицинский персонал не имеет права выходить из рентгеновского кабинета.

Перед началом исследования лица, работающие с источниками рентгеновского излучения, должны надеть индивидуальные средства защиты.

Индивидуальный дозиметрический контроль персонал должен проводить средствами измерения. Средства измерения рентгеновского излучения должны иметь свидетельства поверки, проведенной в установленные сроки. Индивидуальный дозиметрический контроль должен проводиться постоянно. Ежеквартально результат дозиметрического контроля регистрируется в рабочем журнале.

Запрещается оставлять аппарат без надзора во время работы или поручать надзор лицам, не имеющим право работать на аппарате. Запрещается персоналу отделения работать без спецодежды, защитных приспособлений, средств индивидуальной защиты, индивидуальных дозиметров, принимать пищу и курить на рабочих помещениях. К источникам электроэнергии и электрическим аппаратам бытового назначения распространяются общие требования безопасности. Необходимо выполнять требования по соблюдению режимов труда и отдыха.

4.3 Экологическая безопасность

4.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

Объектом исследования является рентгенодиагностический кабинет, в том числе рентгенологическое оборудование и компьютерная техника. Вышедшее из строя рентгенологическое оборудование, независимо от его вида, остается источником радиоактивного излучения. Компоненты и детали, входящие в состав рентген-аппаратов (например, электровакуумные трубки), содержат токсичные материалы, которые представляют угрозу для природных ресурсов и живых организмов.

4.3.2 Анализ влияния проектируемого решения на окружающую среду

Разработанное программное обеспечение в рамках проектируемого решения используется на действующем оборудовании – компьютере, находящимся в кабинете врача-рентгенолога. Автоматизация процесса анализа рентгеновских снимков сокращает время работы врача-рентгенолога. Соответственно, он может меньше времени тратить на изучение снимков на негатоскопе и сократить время использования дополнительного освещения кабинета. Таким образом, можно снизить объем использования электрической энергии в течение рабочего дня.

4.3.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды

Запрещается выбрасывать на общую свалку неиспользуемые медицинские установки, предназначенные для рентгенорадиологических исследований и терапии пациентов. Они должны быть утилизированы. Вывод из эксплуатации медицинских установок предусматривает проведение комплекса административных и технических действий, направленных на обеспечение безопасности персонала, населения и охрану окружающей среды на всех этапах работы. В соответствии с п.5.3 СанПиН 2.6.1.2891-11 утилизацией медицинского оборудования как источника ионизирующего излучения обязаны выполнять структуры, обладающие соответствующей лицензией. Более того, компания должна иметь в штате, специально квалифицированный персонал группы А. Утилизация рентгеновских аппаратов позволяет минимизировать вредное воздействие на окружающую среду, а потому соблюдение технологических процессов переработки подлежит особому контролю со стороны государства.

4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

4.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований

В случае возникновения нештатных (аварийных) ситуаций персонал рентгенологического кабинета действует в соответствии с инструкцией по ликвидации аварий. К нештатным ситуациям в рентгеновском кабинете

относятся: повреждение радиационной защиты аппарата или кабинета; переоблучение персонала или пациентов; короткое замыкание и обрыв в системах электропитания; замыкание электрической цепи через тело человека; механическая поломка элементов рентгеновского аппарата; поломка коммуникационных систем водоснабжения, канализации, отопления и вентиляции; аварийное состояние стен, пола и потолка; пожар.

4.4.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на рабочем месте при эксплуатации проектируемого решения

Проектируемое решение является программным обеспечением, работающем на персональном компьютере. Внештатной ситуацией при использовании проектируемого решения может быть возгорание компьютера или электрической проводки. В качестве противопожарных мероприятий должны быть применены следующие меры: В помещении должны находиться средства тушения пожара; электрическая проводка электрооборудования должна быть исправна; все врачи должны знать место нахождения средств пожаротушения и уметь ими воспользоваться, средств связи и номера экстренных служб. Рабочее помещение оборудовано в соответствии с требованиями пожарной безопасности.

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

В случае возникновения пожара сообщить о нем в пожарную службу и руководителю. Постараться устранить очаг возгорания имеющимися силами при помощи первичных средств пожаротушения. Известить о пожаре медицинских сотрудников, находящиеся в здании.

Выводы по разделу

Медицинская деятельность, в том числе проведение рентгенологических исследований в медицинских организациях должно строго соответствовать санитарным, техническим и лицензионным требованиям. Соблюдение требований регулярно контролируется, в том

числе путем осуществления внутреннего, ведомственного и государственного контроля. Строгое соблюдение санитарных требований, правил эксплуатации и трудового законодательства обеспечивает безопасность труда медицинских работников, безопасность и качество оказания медицинской помощи пациентам. Предлагаемое проектное решение предполагает снижение времени, затрачиваемое врачом-рентгенологом на анализ рентгенологических снимков, повышая качество исследования. Решение не требует дополнительного оборудования, ресурсов и не создает дополнительные вредные факторы для сотрудников, пациентов и окружающей среды.

Заключение

1. Сформированы данные рентгеновских снимков грудной клетки, которые разделены на тренировочный набор и набор для тестирования. Написан алгоритм для импорта данных в программу, в которой обучающий набор данных составил – 89%, проверочный набор данных составил – 0,3%, тестовый набор данных – 10,7%.
2. Созданы модели нейронных сетей VGG-16, ResNet-50, Inception-v3 с классификаторами и использованием методологии увеличения данных и переноса обучения.
3. Проведено тестирование полученных моделей, осуществлен сравнительный анализ точности моделей. Получено, что первая модель лучше всех подходит для выявления признаков пневмонии на рентгеновских снимках и их классификации, так как точность достигает уровней 90,3%, а остальные не более 70%.
4. Конечная модель (VGG-16 + классификатор) на тестовых данных, к здоровым легким определила 152 снимка из 234 и распознала легкие с пневмонией 386 снимков из 390.

Список используемой литературы:

1. Yadav, S.S., Jadhav, S.M. Deep convolutional neural network based medical image classification for disease diagnosis. *J Big Data* **6**, с. 113 (2019).
2. Arora, N., Ahatsham, Singh, A., Shahare, V., A novel architecture for predicting pneumonia patients by using LSTM, GRU and CNN. *International Journal of Engineering and Advanced Technology* **9**, с. 4120-4126 (2019).
3. Sirazitdinov I, Kholiavchenko M, Mustafaev T, Yixuan Y, Kuleev R, Ibragimov B. Deep neural network ensemble for pneumonia localization from a large-scale chest x-ray database. *Comput Electr Eng* **78**, с. 388-399 (2019)
4. Машинное обучение [Электронный ресурс] URL: <https://www.machinelearningmastery.ru/the-data-fabric-for-machine-learning-part-1-b-deep-learning-on-graphs-309316774fe7/>
5. A Beginner's Guide to Neural Networks and Deep Learning [Электронный ресурс] URL: <https://skymind.ai/wiki/neural-network>
6. D. Kriesel (2007) A Brief Introduction to Neural Networks [Электронный ресурс] URL: <http://www.dkriesel.com>
7. Modeling and recognition of 2D/3D images [Электронный ресурс] URL: <https://api-2d3d-cad.com/python-neuron-vs/>
8. Wikipedia [Электронный ресурс] URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Функция_активации
9. Землевский А.Д. Исследование архитектуры сверточных нейронных сетей для задачи распознавания образов // Вестник науки и образования. 2017. №6 (30). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-arhitektury-svertochnyh-neyronnyh-setey-dlya-zadachi-raspoznaniya-obrazov>.

10. Machine Learning Mastery [Электронный ресурс] URL: <https://machinelearningmastery.com/transfer-learning-for-deep-learning/>
11. Neurohive – Нейронные сети [Электронный ресурс] URL: <https://neurohive.io/ru/vidy-nejrosetej/vgg16-model/>
12. СанПиН 2.6.1.1192-03 Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований.
13. СанПиН 2.6.1.2523-09 Нормы радиационной безопасности.
14. СанПиН 2.1.3.2630-10 Санитарно-эпидемиологические требования к организациям, осуществляющим медицинскую деятельность
15. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
16. Приказ Минздрава РФ от 28 января 2002 г. N 19 О типовой инструкции по охране труда для персонала рентгеновских отделений.
17. СанПиН 2.2.4.3359-16 Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах.
18. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018).
19. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования от 01.03.1986: дата введения 01.01.1979. – URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/31970> (дата обращения: 26.04.2020). – Текст: электронный.
20. ГОСТ 12.1.002–84 Система стандартов безопасности труда. Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах от 01.07.2009: дата введения 01.01.1986. – <https://internet-law.ru/gosts/gost/31970>

- law.ru/gosts/gost/39086/ (дата обращения: 26.04.2020). – Текст: электронный.
- 21.СП 52.13330.2011 Свод правил естественное и искусственное освещение.
- 22.ГОСТ 12.1.038–82 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов от 01.1.1988: дата введения 30.06.1983. – <https://internet-law.ru/gosts/gost/21681> (дата обращения: 01.05.2020). – Текст: электронный.
- 23.ГОСТ 12.1.005–88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
- 24.СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.
- 25.ПУЭ, 7-ое изд. Правила устройства электроустановок.
- 26.Постановление Правительства от 14.02.2003 №101 «О продолжительности рабочего времени медицинских работников в зависимости от занимаемой ими должности и (или) специальности».

Приложение А

Листинг программы первой модели

```
# Подключение Google диска к файловой системе ноутбука Colaboratory
from google.colab import drive
drive.mount('/content/drive/')
"""# Выбор директории"""
import os
os.chdir('/content/drive/My Drive/Диплом/Net')
!ls
"""# Подключение библиотек"""
# Commented out IPython magic to ensure Python compatibility.
import pandas as pd
import matplotlib.image as mimg
import matplotlib.pyplot as plt
# %matplotlib inline
from matplotlib import patches
from keras.preprocessing.image import ImageDataGenerator
from keras.models import Sequential
from keras import activations
from keras import layers
from keras.layers import Activation, Dropout, Flatten, Dense
from keras.applications import VGG16
from keras.optimizers import Adam
from keras import metrics
"""Создание директорий для данных"""
# Каталог с данными для обучения
train_dir = 'data/train/'
# Каталог с данными для проверки
val_dir = 'data/val/'
# Каталог с данными для тестирования
test_dir = 'data/test/'
"""#Параметры для обработки изображения и обучения#"""
img_width, img_height = 224, 224
# backend Tensorflow, channels_last
input_shape = (img_width, img_height, 3)
# Размер мини-выборки
batch_size = 32
# Количество изображений для обучения
nb_train_samples = 5216
# Количество изображений для проверки
nb_validation_samples = 16
```



```

# Количество изображений для тестирования
nb_test_samples = 624

# Загружаем предварительно обученную нейронную сеть
vgg16_net = VGG16(weights='imagenet',
                  include_top=False,
                  input_shape=(224, 224, 3))
vgg16_net.trainable = False #Запрещаем обучение сети VGG16
vgg16_net.summary()
# Пишем классификатор
model = Sequential()
model.add(vgg16_net)
model.add(Flatten())
model.add(Dense(224))
model.add(Activation('relu'))
model.add(Dropout(0.3))
model.add(Dense(1))
model.add(Activation('sigmoid'))
model.summary()
# Обучаем составную сеть на новом наборе данных
model.compile(loss='binary_crossentropy',
              optimizer=Adam(),
              metrics=['accuracy'])
datagen_train = ImageDataGenerator(rescale=1./255,
                                   width_shift_range=0.2,
                                   height_shift_range=0.2,
                                   shear_range=0.2,
                                   zoom_range=0.2,
                                   )

datagen = ImageDataGenerator(rescale=1./255)
train_generator = datagen_train.flow_from_directory(
    train_dir,
    target_size=(img_width, img_height),
    batch_size=batch_size,
    class_mode='binary')
val_generator = datagen_train.flow_from_directory(
    val_dir,
    target_size=(img_width, img_height),
    batch_size=batch_size,
    class_mode='binary')
test_generator = datagen.flow_from_directory(
    test_dir,

```

```

        target_size=(img_width, img_height),
        batch_size=batch_size,
        class_mode='binary')
model.fit_generator(
    train_generator,
    steps_per_epoch=nb_train_samples // batch_size,
    epochs = 10,
    validation_data=val_generator,
    validation_steps=nb_validation_samples // batch_size)
scores = model.evaluate_generator(test_generator, nb_test_samples //
batch_size)
print("Точность на тестовых данных: %.2f%%" % (scores[1]*100))
"""# Сохранение сети"""
# Сохраняем архитектуру сети
# Генерируем описание модели в формате json
model_json = model.to_json()
# Записываем модель в файл
json_file = open("VGG16.json", "w")
json_file.write(model_json)
json_file.close()
#Сохраняем данные о весах
model.save_weights("VGG16.h5")
print("Модель успешно сохранена")

```

Приложение В

Листинг программы второй модели

```

# Подключение Google диска к файловой системе ноутбука Colaboratory
from google.colab import drive
drive.mount('/content/drive/')
"""# Выбор директории"""
import os
os.chdir('/content/drive/My Drive/Диплом/Net')
!ls
"""# Подключение библиотек"""
# Commented out IPython magic to ensure Python compatibility.
import pandas as pd
import matplotlib.image as mimg
import matplotlib.pyplot as plt
# %matplotlib inline
from matplotlib import patches
from keras.preprocessing.image import ImageDataGenerator
from keras.models import Sequential

```

```

from keras import activations
from keras import layers
from keras.layers import Activation, Dropout, Flatten, Dense
from keras.applications import ResNet50
from keras.optimizers import Adam
from keras import metrics

"""Создание директорий для данных"""
# Каталог с данными для обучения
train_dir = 'data/train/'
# Каталог с данными для проверки
val_dir = 'data/val/'
# Каталог с данными для тестирования
test_dir = 'data/test/'

"""#Параметры для обработки изображения и обучения#"""
img_width, img_height = 224, 224
# backend Tensorflow, channels_last
input_shape = (img_width, img_height, 3)
# Размер мини-выборки
batch_size = 32
# Количество изображений для обучения
nb_train_samples = 5216
# Количество изображений для проверки
nb_validation_samples = 16
# Количество изображений для тестирования
nb_test_samples = 624
# Загружаем предварительно обученную нейронную сеть
Res_net50 = ResNet50(weights='imagenet',
                    include_top=False,
                    input_shape=(224, 224, 3))
res_net50.trainable = False #Запрещаем обучение сети ResNet50
res_net50.summary()
# Пишем классификатор
model = Sequential()
model.add(res_net50_net)
model.add(Flatten())
model.add(Dense(224))
model.add(Activation('relu'))
model.add(Dropout(0.3))
model.add(Dense(1))
model.add(Activation('sigmoid'))
model.summary()
# Обучаем составную сеть на новом наборе данных

```

```

model.compile(loss='binary_crossentropy',
              optimizer=Adam(),
              metrics=['accuracy'])
datagen_train = ImageDataGenerator(rescale=1./255,
                                   width_shift_range=0.2,
                                   height_shift_range=0.2,
                                   shear_range=0.2,
                                   zoom_range=0.2,
                                   )

datagen = ImageDataGenerator(rescale=1./255)
train_generator = datagen_train.flow_from_directory(
    train_dir,
    target_size=(img_width, img_height),
    batch_size=batch_size,
    class_mode='binary')
val_generator = datagen_train.flow_from_directory(
    val_dir,
    target_size=(img_width, img_height),
    batch_size=batch_size,
    class_mode='binary')
test_generator = datagen.flow_from_directory(
    test_dir,
    target_size=(img_width, img_height),
    batch_size=batch_size,
    class_mode='binary')

model.fit_generator(
    train_generator,
    steps_per_epoch=nb_train_samples // batch_size,
    epochs = 10,
    validation_data=val_generator,
    validation_steps=nb_validation_samples // batch_size)

scores = model.evaluate_generator(test_generator, nb_test_samples //
batch_size)
print("Точность на тестовых данных: %.2f%%" % (scores[1]*100))
"""# Сохранение сети"""
# Сохраняем архитектуру сети
# Генерируем описание модели в формате json
model_json = model.to_json()
# Записываем модель в файл
json_file = open("ResNet50.json", "w")
json_file.write(model_json)
json_file.close()

```

```
#Сохраняем данные о весах
model.save_weights("ResNet50.h5")
print("Модель успешно сохранена")
```

Приложение С

Листинг программы третьей модели

```
# Подключение Google диска к файловой системе ноутбука Colaboratory
from google.colab import drive
drive.mount('/content/drive/')
"""# Выбор директории"""
import os
os.chdir('/content/drive/My Drive/Диплом/Net')
!ls
"""# Подключение библиотек"""
# Commented out IPython magic to ensure Python compatibility.
import pandas as pd
import matplotlib.image as mimg
import matplotlib.pyplot as plt
# %matplotlib inline
from matplotlib import patches
from keras.preprocessing.image import ImageDataGenerator
from keras.models import Sequential
from keras import activations
from keras import layers
from keras.layers import Activation, Dropout, Flatten, Dense
from keras.applications import InceptionV3
from keras.optimizers import Adam
from keras import metrics
"""Создание директорий для данных"""
# Каталог с данными для обучения
train_dir = 'data/train/'
# Каталог с данными для проверки
val_dir = 'data/val/'
# Каталог с данными для тестирования
test_dir = 'data/test/'
"""#Параметры для обработки изображения и обучения#"""
img_width, img_height = 224, 224
# backend Tensorflow, channels_last
input_shape = (img_width, img_height, 3)
# Размер мини-выборки
batch_size = 32
# Количество изображений для обучения
```

```

nb_train_samples = 5216
# Количество изображений для проверки
nb_validation_samples = 16
# Количество изображений для тестирования
nb_test_samples = 624
# Загружаем предварительно обученную нейронную сеть
inception_v3= InceptionV3 (weights='imagenet',
                          include_top=False,
                          input_shape=(224, 224, 3))
inception_v3.trainable = False #Запрещаем обучение сети InceptionV3
inception_v3.summary()
# Пишем классификатор
model = Sequential()
model.add(inception_v3)
model.add(Flatten())
model.add(Dense(224))
model.add(Activation('relu'))
model.add(Dropout(0.3))
model.add(Dense(1))
model.add(Activation('sigmoid'))
model.summary()
# Обучаем составную сеть на новом наборе данных
model.compile(loss='binary_crossentropy',
              optimizer=Adam(),
              metrics=['accuracy'])
datagen_train = ImageDataGenerator(rescale=1./255,
                                   width_shift_range=0.2,
                                   height_shift_range=0.2,
                                   shear_range=0.2,
                                   zoom_range=0.2,
                                   )
datagen = ImageDataGenerator(rescale=1./255)
train_generator = datagen_train.flow_from_directory(
    train_dir,
    target_size=(img_width, img_height),
    batch_size=batch_size,
    class_mode='binary')
val_generator = datagen_train.flow_from_directory(
    val_dir,
    target_size=(img_width, img_height),
    batch_size=batch_size,
    class_mode='binary')

```

```

test_generator = datagen.flow_from_directory(
    test_dir,
    target_size=(img_width, img_height),
    batch_size=batch_size,
    class_mode='binary')
model.fit_generator(
    train_generator,
    steps_per_epoch=nb_train_samples // batch_size,
    epochs = 10,
    validation_data=val_generator,
    validation_steps=nb_validation_samples // batch_size)
scores = model.evaluate_generator(test_generator, nb_test_samples //
batch_size)
print("Точность на тестовых данных: %.2f%%" % (scores[1]*100))
"""# Сохранение сети"""
# Сохраняем архитектуру сети
# Генерируем описание модели в формате json
model_json = model.to_json()
# Записываем модель в файл
json_file = open("InceptionV3.json", "w")
json_file.write(model_json)
json_file.close()
#Сохраняем данные о весах
model.save_weights("InceptionV3.h5")
print("Модель успешно сохранена")

```

Приложение D

Скриншоты результатов теста

```

[ ] scores = model.evaluate_generator(test_generator, nb_test_samples // batch_size)
print("Точность на тестовых данных: %.2f%%" % (scores[1]*100))
[ ] Аккуратность на тестовых данных: 90.30%

```

Рис. D.1. Аккуратность первой модели

```

[ ] scores = model.evaluate_generator(test_generator, nb_test_samples // batch_size)
print("Аккуратность на тестовых данных: %.2f%%" % (scores[1]*100))
[ ] Аккуратность на тестовых данных: 62.50%

```

Рис. D.2 Аккуратность второй модели

```
[ ] scores = model.evaluate_generator(test_generator, nb_test_samples // batch_size)
print("Аккуратность на тестовых данных: %.2f%%" % (scores[1]*100))
```

```
↳ Аккуратность на тестовых данных: 67.27%
```

Рис. D.3. Аккуратность третьей модели