



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа ядерных технологий
Направление подготовки – 01.03.02 Прикладная математика и информатика
ООП/ОПОП – Прикладная математика в инженерии
Отделение школы (НОЦ) – Отделение экспериментальной физики

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

Тема работы
Использование глубоких моделей нейросетей для определения направления будущего движения рискованных компонент портфеля активов

УДК 004.421.2.032.26:005.334:336.763

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0B91	Родюкевич Евгений Сергеевич		

Руководитель ВКР

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

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Кашук Ирина Вадимовна	Кандидат технических наук, доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Антоневич Ольга Алексеевна	Кандидат биологических наук		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП/ОПОП, должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭФ ИЯТШ	Крицкий Олег Леонидович	Кандидат ф.– м. наук, доцент		

Школа – Инженерная школа ядерных технологий
 Направление подготовки – 01.03.02 Прикладная математика и информатика
 ООП/ОПОП – Прикладная математика в инженерии
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение экспериментальной физики

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП/ОПОП
 _____ Крицкий О.Л.
 (Подпись) (Дата) (ФИО)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
0B91	Родюкевич Евгений Сергеевич

Тема работы:

Использование глубоких моделей нейросетей для определения направления будущего движения рискованных компонент портфеля активов	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Котировки цен криптовалют по данным с 01.06.2018 по 01.05.2023 гг.
Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке	<ol style="list-style-type: none"> 1. Формирование данных для тренировки нейронной сети, ее валидации и тестирования. 2. Создание моделей нейронных сетей 3. Обучение и корректировка сети 4. Проверка гипотезы о равенстве вероятностей 5. Оценка эффективности и выводы

Перечень графического материала	<ol style="list-style-type: none"> 1. Рисунок, иллюстрирующий работу нейронной сети 2. Рисунок, иллюстрирующий работу ячейки памяти сети долгой краткосрочной памяти 3. График, иллюстрирующий цены закрытия для криптовалюты 4. Рисунки, архитектуру нейронной сети на основе долгой краткосрочной памяти и управляемого рекуррентного блока 5. График, иллюстрирующий доходность построенной модели
--	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Антоневич Ольга Алексеевна, доцент ООД ШБИП
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Кашук Ирина Вадимовна, доцент ОСГН ШБИП

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭФ ИЯТШ	Крицкий Олег Леонидович	к. ф.-м. н., доцент		

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0B91	Родюкевич Евгений Сергеевич		

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

Студенту:

Группа	ФИО
0B91	Родюкевичу Евгению Сергеевичу

Школа	Инженерная школа ядерных технологий	Отделение Школа	Экспериментальной физики
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	01.03.02 Прикладная математика и информатика

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

1. <i>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
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Отчисления во внебюджетные фонды 30 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Анализ конкурентных технических решений (НИ)</i>	Расчет конкурентоспособности SWOT-анализ
2. <i>Формирование плана и графика разработки и внедрения (НИ)</i>	Структура работ. Определение трудоемкости. Разработка графика проведения исследования
3. <i>Составление бюджета инженерного проекта (НИ)</i>	Расчет бюджетной стоимости НИ
4. <i>Оценка ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности (НИ)</i>	Интегральный финансовый показатель. Интегральный показатель ресурсоэффективности. Интегральный показатель эффективности.

Перечень графического материала

1. <i>Оценка конкурентоспособности ИП</i>
2. <i>Матрица SWOT</i>
3. <i>Диаграмма Ганта</i>
4. <i>Бюджет НИ</i>
5. <i>Основные показатели эффективности НИ</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Кащук Ирина Вадимовна	к.т.н доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0B91	Родюкевич Евгений Сергеевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
ОВ91		Родюкевичу Евгению Сергеевичу	
Школа	Инженерная школа ядерных технологий	Отделение (НОЦ)	Экспериментальной физики
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	01.03.02 Прикладная математика и информатика

Тема ВКР:

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЛУБОКИХ МОДЕЛЕЙ НЕЙРОСЕТЕЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРАВЛЕНИЯ БУДУЩЕГО ДВИЖЕНИЯ РИСКОВЫХ КОМПОНЕНТ ПОРТФЕЛЯ АКТИВОВ	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>Введение</p> <ul style="list-style-type: none"> – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации 	<p><i>Объект исследования:</i> модели прогнозирования поведения цены криптовалюты на основе глубоких моделей нейронной сети</p> <p><i>Область применения:</i> внебиржевые рынки, инвестиционные проекты</p> <p><i>Рабочая зона:</i> офисное помещение</p> <p><i>Размеры помещения:</i> 27,2 м²</p> <p><i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> 1 персональный компьютер</p> <p><i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> программная разработка с использованием персонального компьютера</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследуемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> – ГОСТ 12.2.032-78 «Рабочее место при выполнении работ сидя» – Трудовой кодекс Российской Федерации: федер. Закон от 30 дек. 2001 г. №197-ФЗ Раздел 10 – СП 2.4.3648-20 "Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи"
<p>2. Производственная безопасность при разработке проектного решения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов 	<p>Опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, и статическим электричеством, под действия которых попадает работающий <p>Вредные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Отклонение показателей микроклимата; – Недостаточная освещённость рабочей зоны; – Воздействие электромагнитного излучения монитора; – Повышенный уровень шума на рабочем месте; – Перенапряжение зрительных анализаторов

3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения:	Анализ воздействия на литосферу: – Утилизация компьютерной техники; Анализ воздействия на гидросферу: – Производство компьютерной техники;
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения	– Возникновение пожара на рабочем месте;
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Антоневич Ольга Алексеевна	к.б.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0В91	Родюкевич Евгений Сергеевич		

Реферат

Выпускная квалификационная работа выполнена на 72 страницах, содержит 7 рисунков и 35 источников

Ключевые слова: технические индикаторы, нейронные сети, LSTM, GRU.

Объект исследования: данные по котировке цен криптовалют: Bitcoin, Litecoin, Ripple, Binance coin, Ethereum на период 2018 г. – 2023 г.

Цель работы: использование глубоких моделей нейросетей для определения направления будущего движения рискованных компонент портфеля активов

Методы проведения работы: теоретические (изучение литературы, обзор методов и моделей анализа) и практические (применение методов построения нейронных сетей).

В результате исследования: Создана рекуррентная нейронная сеть с долгосрочно-краткосрочной памятью (LSTM), она обучена, калибрована и верифицирована для исходных данных цен криптовалют.

Определения, обозначения, сокращения и нормативные ссылки

В данной работе приведены следующие термины с соответствующими определениями:

Долгая краткосрочная память (LSTM) – разновидность архитектуры рекуррентных нейронных сетей.

ИНС — искусственная нейронная сеть.

Сеть управляемого рекуррентного блока (GRU) – это тип рекуррентной нейронной сети с внутренней структурой, позволяющей сети эффективно моделировать долговременные зависимости в данных

Взвешенная скользящая средняя (WMA) – это индикатор, который используется для определения текущей цены актива на основе его предыдущих цен.

Простая скользящая средняя (SMA) – это индикатор, который помогает определить общее направление движения цены на актив.

Стохастический осциллятор (%K) – это технический индикатор, который используется для определения является ли актив перекупленным или перепроданным на финансовых рынках.

Индекс относительной силы (RSI) – это технический индикатор, который используется для измерения силы и скорости изменения цены актива.

Процентный диапазон Вильямса (Williams %R) – это технический индикатор, который используется для измерения, насколько перекуплен или перепродан актив на финансовых рынках.

Индекс разницы (DI) – это технический индикатор, который используется для измерения разницы между ценой закрытия и скользящей средней.

Средний истинный диапазон (Average True Range, ATR) - это технический индикатор, который используется для измерения волатильности цены актива на финансовых рынках.

Ценовой осциллятор (PO) - это технический индикатор, который используется для измерения изменений цены актива на финансовых рынках.

Линия Боллинджера (Bollinger Bands) - это технический индикатор, который используется для измерения волатильности цены актива на финансовых рынках.

Оглавление

Введение	12
Обзор Литературы	14
1. Теоретическая часть	17
1.1 Нейронные сети	17
1.2 Сеть долгой краткосрочной памяти (LSTM).....	18
1.3 Сеть управляемого рекуррентного блока (GRU)	20
1.4 Технические индикаторы	21
1.5 Статистический анализ	24
1.5.1 Теорема Бернулли	24
1.5.2 Приближенная интервальная оценка вероятности Бернулли по выборке большого объема	25
1.5.3 Проверка гипотезы о равенстве параметров p_1 и p_2 двух биномиальных распределений по выборкам большого объема из соответствующих распределений Бернулли	26
2. Практическая часть.....	28
2.1 Данные для расчета.....	28
2.2 Расчет технических индикаторов.....	29
2.3 Построение нейронной сети LSTM и GRU.....	31
2.4 Доверительный интервал прогноза для сети LSTM.....	35
2.5 Проверка гипотезы о равенстве параметров биномиальных распределений.	36
2.6 Расчет доходности для предложенной модели на основе LSTM.....	37
3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	38
3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	38
3.1.1 Анализ конкурентных технических решений.....	38
3.1.2 SWOT-анализ	40
3.2 Планирование научно-исследовательских работ.....	42
3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	42
3.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения	43
3.3 Бюджет научно-технического исследования.....	46
3.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	51
Выводы по разделу	54
Заключение.....	69
Список используемых источников.....	70

Введение

Финансовые переменные и показатели трудно прогнозировать. Постулат о существовании эффективного рынка, утверждающая, что ни один экономический агент не может постоянно получать более высокую прибыль, чем рынок, остается одним из важнейших доказанных теоретических результатов в финансах [1]. Многочисленные исследователи постоянно пытаются выявить и использовать в своих целях мгновенную неэффективность рынка, предсказать развитие будущих тенденций рынка. В частности, прогнозирование цены и определение направления движения цены в будущем до сих пор является актуальной научной темой.

Блокчейн – это цифровая распределенная платежная система, при проверке транзакций в которой не участвуют банки. Распределенная система с равноправными участниками позволяет в любом месте мира отправлять и получать платежи. Криптовалютные платежи существуют исключительно в цифровом виде в онлайн-базе данных, описывающей конкретные транзакции.

В данной работе предложена модель глубокой нейронной сети, для определения направления будущего движения цены криптовалюты на один день вперед. Для достижения этой цели была использована LSTM (Long-Short Term Memory) нейронная сеть, способная анализировать временные ряды и делать предсказания на основе прошлых значений [2].

Данные для расчета индикаторов технического анализа берутся с сайта Binance [3].

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- Сформировать тестовый, валидационный и учебный датасеты топ-5 криптовалют по данным 01.06.2018 по 01.05.2023
- Выбрать и рассчитать индикаторы технического анализа

- Создать модели нейронной сети, обучить модель и оценить её эффективность
- Построить доверительный интервал для вероятности успеха, проверить статистическую гипотезу о равенстве вероятностей для каждой пары криптовалют

Обзор Литературы

В источнике [4] рассматриваются индикаторы технического анализа, использовавшиеся в недавних исследованиях финансового прогнозирования, в которых применялись модели машинного обучения.

Так же в источнике рассматривается относительная важность каждого индикатора технического анализа, используемого в литературе и на рынке, используя различные методы выбора характеристик.

Выбор признаков — это сложная задача, которая включает в себя поиск оптимального подмножества исходных признаков, обеспечивающего наилучшую прогностическую эффективность. Поскольку невозможно протестировать модели с использованием всех возможных подмножеств признаков, существует множество возможных эвристических правил для выполнения этой задачи.

В источнике [4] приведены методы классификации. Одним из наиболее известных алгоритмов классификации является логистическая регрессия (также известная как LR или «логит-модель»), которая в основном представляет собой модель линейной регрессии для логарифмических шансов вероятности успеха эксперимента Бернулли.

$$p_i(x) = \frac{1}{1+e^{-(\omega_0+\omega_1x_{1,i}+\dots+\omega_kx_{k,i})}} = \frac{e^{(\omega_0+\omega_1x_{1,i}+\dots+\omega_kx_{k,i})}}{1+e^{\omega_0+\omega_1x_{1,i}+\dots+\omega_kx_{k,i}}} \quad (1)$$

Таким образом, логистическая регрессия представляет собой модель линейной регрессии, выходные данные которой «сжимаются» в диапазоне [0, 1] с помощью сигмоидной функции. Учитывая, что логарифм нечетного можно интерпретировать как отношение между вероятностью успеха и вероятностью неудачи эксперимента Бернулли, обычно пороговое значение $p_i(x) = 0,5$, используется в качестве правила классификации для бинарных зависимых переменных с прогнозом «класс 1», если $p_i(x) > 0,5$, и «класс 0»,

если иначе.

Будучи простой и обеспечивающей прямую интерпретацию, логистическая регрессия по своей конструкции предполагает линейность, что является основным ограничением этой модели.

В [5] показано, что методы машинного обучения неизменно превосходят традиционные эконометрические модели в различных приложениях, включая проблемы в финансах, такие как прогнозирование фондового рынка, анализ портфеля, оценка активов и управление рисками. Одним из наиболее часто используемых методов машинного обучения являются искусственные нейронные сети (ИНС).

Хотя большое разнообразие расширений ИНС различается по функциональным формам и сложности, по сути, ИНС представляет собой рекурсивное применение линейных моделей и «фрагментов» нелинейности.

ИНС обычно может быть выражена как:

$$y = \psi_l(\dots \psi_2(\psi_1(XW_1)W_2) \dots W_l)\omega_0, \quad (2)$$

где W_1, \dots, W_l — параметры, связанные с каждым скрытым слоем, ω_0 — параметры, связанные с выходным слоем, $\psi_i(\cdot)$, $i = 1, 2, \dots, l$ — функции активации, а l — номер скрытого слоя.

Вместо того, чтобы использовать только один скрытый слой, ИНС может быть указана с произвольной степенью «глубины» путем наложения большего количества слоев, что позволяет алгоритму изучать более абстрактные представления знаний.

В [6] Используя ИНС с большим количеством скрытых слоев, алгоритм получает возможность изучать обобщенные факты из финансовых данных, такие как кластеризация волатильности и кредитное плечо. ИНС обобщает перекрестные взаимодействия между факторами. Что касается индикаторов

технического анализа, ожидается, что ИНС изучат торговые правила, например, сигнал покупки или продажи, возникающий в результате пересечения краткосрочной и долгосрочной скользящих средних [4].

Что касается показателей оценки, как показано в [4], в подавляющем большинстве исследований, в которых применялись методы машинного обучения для предсказания направления движения цены акций, для измерения эффективности используется доля правильных ответов (Accuracy) и точность (Precision).

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{TP+FP+TN+FN} \quad (3),$$

$$Precision = \frac{TP}{TP+FP} \quad (4),$$

где TP- классификатор верно отнёс объект к рассматриваемому классу, FP – классификатор верно утверждает, что объект не принадлежит к рассматриваемому классу, TN - классификатор неверно отнёс объект к рассматриваемому классу, FN – классификатор неверно утверждает, что объект не принадлежит к рассматриваемому классу.

Данные для расчета индикаторов технического анализа берутся с сайта Binance [3].

1. Теоретическая часть

1.1 Нейронные сети

Нейронные сети - это математические модели, которые пытаются эмулировать работу человеческого мозга. Они состоят из множества связанных между собой нейронов, каждый из которых обрабатывает информацию и передает ее дальше по сети. Нейронные сети могут использоваться для решения различных задач, таких как классификация, регрессия, обработка естественного языка и машинный перевод.

Искусственные нейронные сети обычно имеют несколько слоев математической обработки, которые позволяют им понимать информацию, которую им передают. Количество слоев и количество единиц (или нейронов) в каждом слое может варьироваться от нескольких до миллионов. Обычно нейронные сети имеют несколько слоев, включая входной слой, скрытые слои и выходной слой. Входной слой получает различные формы данных, которые сеть обрабатывает. Далее данные проходят через один или несколько скрытых слоев, где они преобразуются в форму, которую может использовать выходной слой.

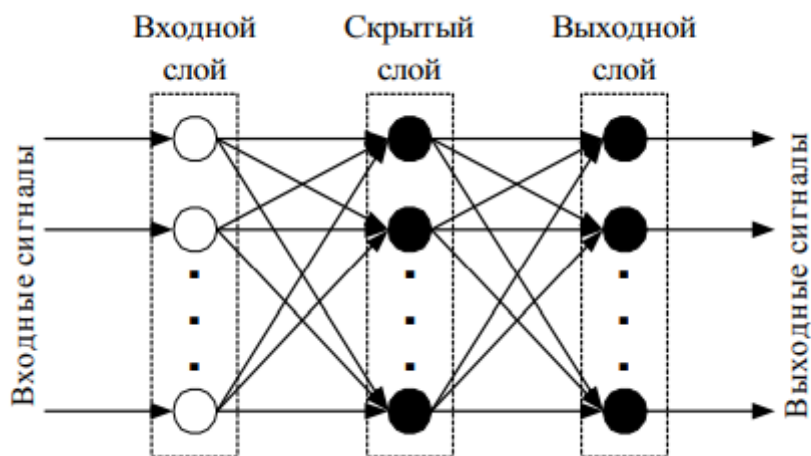


Рис.1. Классическая нейронная сеть прямого распространения. [6]

В настоящее время многие нейронные сети связаны от одного слоя к другому. Каждая такая связь называется весом, который определяется влияние одного нейрона на другой. При прохождении данных через каждый слой, нейронная сеть улучшает свое понимание этих данных. Например, при обучении нейронной сети на задаче классификации изображений, она может научиться распознавать определенные особенности на изображениях, такие как формы и цвета, и использовать их для принятия решений о классификации.

Выходной слой нейронной сети представляет собой место, где сеть отвечает на данные, которые ей были переданы и обработаны. Например, если мы обучаем нейронную сеть на задаче классификации изображений, то выходной слой может выдавать вероятности для каждого класса изображения, позволяя сети определить, к какому классу изображение относится.

1.2 Сеть долгой краткосрочной памяти (LSTM)

LSTM (Long Short-Term Memory) - это особый вид рекуррентной нейронной сети, который был создан для решения проблемы затухающих градиентов при обучении нейронных сетей. LSTM была предложена в 1997 году Зепп Хохрайтером и Юрген Шмидхубером [7] и с тех пор стала одной из наиболее популярных архитектур нейронных сетей для обработки последовательностей.

Основной целью LSTM является сохранение информации на длительный период времени и предотвращение ее потери при обработке последовательностей. Для этого LSTM использует специальные блоки памяти, называемые ячейками памяти (memory cells), которые способны добавлять или удалять информацию в процессе обработки последовательностей.

Каждая ячейка памяти в LSTM включает три основных компонента: фильтры (gates), входной вектор (input vector) и выходной вектор (output vector). Входной вектор отвечает за добавление новой информации в ячейку памяти, выходной вектор - за получение информации из ячейки памяти, а

фильтры контролируют, какая информация должна быть сохранена, и какая должна быть забыта.

Фильтры состоят из трех элементов: забывания (forget gate), входного (input gate) и выходного (output gate). Забывающий фильтр контролирует, какая информация должна быть забыта в ячейке памяти, входной фильтр управляет, какая информация должна быть добавлена в ячейку памяти, а выходной фильтр определяет, какую информацию следует передать на выход.

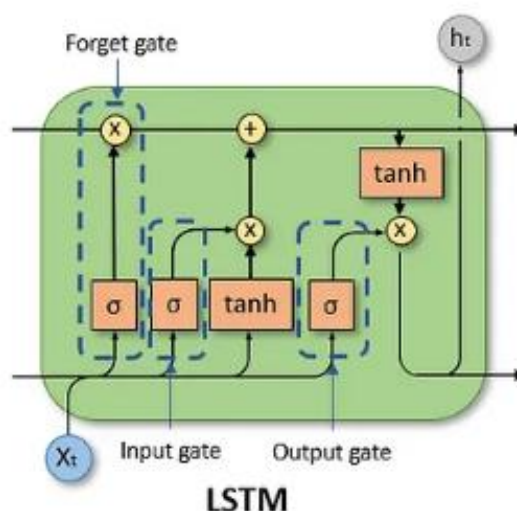


Рис.2.Схема сети LSTM. [8]

В LSTM также используется функция активации, которая помогает определить, какая информация будет сохранена и какая будет забыта в ячейке памяти. Обычно используется гиперболический тангенс (\tanh) в качестве функции активации для фильтров и входного вектора, а сигмоидная функция - для забывающего и выходного фильтра.

LSTM имеет широкий спектр применения в различных областях, таких как обработка естественного языка, распознавание речи, машинный перевод, обработка временных рядов, управление поведением роботов, анализ медицинских данных и многое другое. Она также является одной из основных архитектур, используемых в глубоком обучении, и позволяет создавать более сложные и точные модели для обработки последовательностей данных [9].

При настройке гиперпараметров сети следует уделить особое внимание следующим моментам [9]:

- необходимо следить за переобучением, когда сеть «запоминает» тренировочные данные. Это может дать отличные результаты на учебной выборке, и плохие на тестовой;
- необходимо иметь отдельный тестовый набор данных, которые модель будет видеть только во время проверки построенного прогноза;
- обучение должно проводиться в несколько эпох (полный проход данных по сети);
- больше данных почти всегда лучше;

1.3 Сеть управляемого рекуррентного блока (GRU)

GRU (Gated Recurrent Unit) - это тип рекуррентной нейронной сети (RNN) с внутренней структурой, позволяющей сети эффективно моделировать долговременные зависимости в данных [2].

GRU имеет два вида фильтров: фильтр обновления (update gate) и фильтр сброса (reset gate). Фильтры позволяют моделировать, какая информация должна сохраняться и какая не должна, в зависимости от контекста.

Основное преимущество GRU по сравнению с другими типами рекуррентных нейронных сетей заключается в том, что она меньше подвержена проблеме затухающего градиента. Это достигается за счет применения фильтров, которые позволяют сети умножать градиент на значения, близкие к единице, что предотвращает его затухание.

По сравнению с LSTM (Long Short-Term Memory), GRU имеет меньше параметров и поэтому может обучаться быстрее. Кроме того, GRU более гибкая в использовании благодаря наличию одной скрытой единицы вместо двух в LSTM.

1.4 Технические индикаторы

Технические индикаторы – это математические функции, используемые для анализа финансовых рынков и прогнозирования цен на активы. Они основаны на статистических данных, таких как цены, объемы и т.д., и позволяют трейдерам и инвесторам определять тенденции и сигналы на рынке. Существует множество технических индикаторов, каждый из которых имеет свои уникальные характеристики и применяется для определенных целей.

Простая скользящая средняя (SMA) – это индикатор, который помогает определить общее направление движения цены на актив. Он рассчитывается путем усреднения цен на актив за определенный период времени [10].

$$SMA = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n}, \quad (5)$$

где P_i – Цены закрытия, n – период.

Взвешенная скользящая средняя (WMA) – это индикатор, который используется для определения текущей цены актива на основе его предыдущих цен. В отличие от простой скользящей средней, которая просто усредняет цены актива за определенный период времени, взвешенная скользящая средняя, присваивает более высокий вес более новым ценам актива [10].

$$WMA = \frac{\sum_{i=1}^n P_i * W_i}{\sum_{i=1}^n W_i}, \quad (6)$$

где P_i – Цены закрытия, n – период, W_i – вес.

Стохастический осциллятор (%K) – это технический индикатор, который используется для определения является ли актив перекупленным или

перепроданным на финансовых рынках. Он основан на сравнении текущей цены закрытия актива с диапазоном цен за определенный период времени [11].

$$\%K = 100 * \frac{C_0 - \min(L_n)}{\max(H_n) - \min(L_n)}, \quad (7)$$

где C – текущая цена закрытия, L – наименьшая цена за последние n периодов, H – наивысшая цена за последние n периодов.

Индекс относительной силы (RSI) – это технический индикатор, который используется для измерения силы и скорости изменения цены актива. Он основан на сравнении среднего изменения цен за определенный период времени вверх и вниз, чтобы определить, насколько перекуплен или перепродан актив [10].

$$RSI = 100 - \frac{100}{1 + \frac{Average_gain}{Average_loss}}, \quad (8)$$

где $Average_gain$ – среднее изменения цен вверх за определенный период времени, $Average_loss$ – среднее изменения цен вниз за определенный период времени.

Процентный диапазон Вильямса (Williams %R) – это технический индикатор, который используется для измерения, насколько перекуплен или перепродан актив на финансовых рынках. Он основан на сравнении текущей цены закрытия актива с наивысшей и наименьшей ценами за определенный период времени [12].

$$\%R = 100 * \frac{C_0 - \max(H_n)}{\max(H_n) - \min(L_n)}, \quad (9)$$

где H – наивысшая цена за последние n периодов, L – наименьшая цена за последние n периодов, C – текущая цена закрытия.

Индекс разницы (DI) – это технический индикатор, который используется для измерения разницы между ценой закрытия и скользящей

средней. Он позволяет определить направление и силу тренда на финансовых рынках.

$$DI = \frac{C_0 - SMA_n}{100 * SMA_n}, \quad (10)$$

C_0 – текущая цена закрытия, SMA - значение скользящего среднего за период n .

Ценовой осциллятор (PO) - это технический индикатор, который используется для измерения изменений цены актива на финансовых рынках. Он основан на сравнении двух скользящих средних цен актива [13].

$$PO = EMA(26) - EMA(12), \quad (11)$$

$EMA(26)$ - экспоненциальной скользящей средней с большим периодом, $EMA(12)$ - экспоненциальной скользящей средней с меньшим периодом.

Средний истинный диапазон (Average True Range, ATR) - это технический индикатор, который используется для измерения волатильности цены актива на финансовых рынках. Он основан на сравнении текущей цены закрытия с предыдущей ценой закрытия и наивысшей и наименьшей ценами за предыдущий период времени [14].

При расчете индикатора Уайлдер начал с определения истинного диапазона (True Range, TR), который вычисляется как максимум из следующих трех величин:

- разность между текущими максимумом и минимумом;
- разность между текущим максимумом и предыдущей ценой закрытия (абсолютная величина);
- разность между текущим минимумом и предыдущей ценой закрытия (абсолютная величина).

$$ATR_n = \frac{ATR_{n-1}(n-1) + TR}{n}, \quad (12)$$

TR – истинный диапазон, n – период, ATR_{n-1} – значение индикатора за предыдущий период.

Линия Боллинджера (Bollinger Bands) - это технический индикатор, который используется для измерения волатильности цены актива на финансовых рынках. Он основан на сравнении текущей цены закрытия актива с верхней и нижней границами, которые определяются на основе скользящей средней цены актива и стандартного отклонения цены актива [10].

$$Upper_Band_Bollinger = SMA_n + m * std , \quad (13)$$

$$Lower_Band_Bollinger = SMA_n - m * std , \quad (14)$$

где Upper_Band - верхняя граница, Lower_Band - нижняя граница, SMA - скользящее среднее, std - стандартное отклонение цен закрытия, n - количество периодов времени, m - множитель стандартного отклонения.

1.5 Статистический анализ

1.5.1 Теорема Бернулли

Пусть μ — число наступлений события A в n независимых испытаниях и p — вероятность наступления события A в каждом из испытаний. Тогда, каково бы не было $\varepsilon > 0$,

$$\lim_{n \rightarrow \infty} P \left\{ \left| \frac{\mu}{n} - p \right| < \varepsilon \right\} = 1$$

т.е. каким бы малым положительным числом ε ни было, вероятность события

$$\left| \frac{\mu}{n} - p \right| < \varepsilon$$

стремится к единице [15].

1.5.2 Приближенная интервальная оценка вероятности Бернулли по выборке большого объема

Пусть проводится n независимых испытаний, p – вероятность успеха в каждом испытании и X_1, \dots, X_n – выборка из соответствующего распределения Бернулли, причем объем выборки n достаточно велик. Каждый элемент выборки – индикатор X_i появления успеха в i -м испытании. Случайная величина $X = \sum_{i=1}^n X_i$ – число успехов – подчиняется биномиальному распределению [16].

Согласно теореме Муавра-Лапласа, центрированная и нормированная случайная величина $\frac{X-np}{\sqrt{npq}} = \frac{X/n-p}{\sqrt{pq/n}}$ является асимптотически нормальной, что можно символически записать так: $\frac{\hat{p}-p}{\sqrt{pq/n}} \sim N(0; 1)$ при $n \rightarrow \infty$. Здесь относительная частота $\hat{p} = \frac{X}{n}$ оценка максимального правдоподобия вероятности p (несмещенная состоятельная асимптотически эффективная и асимптотически нормальная точечная оценка), $q=1-p$ [16].

Это означает, что при достаточно больших значениях n распределение статистики $\frac{\hat{p}-p}{\sqrt{pq/n}}$ близко к стандартному нормальному. Будем считать, что нормальность распределения имеет место при данном (достаточно большом) объеме выборки n . Зададимся величиной доверительной вероятности $1 - \alpha$ и

запишем: $P\left(\left|\frac{\hat{p}-p}{\sqrt{\frac{pq}{n}}}\right| < u\right) = 1 - \alpha$, откуда $u = u_{1-\alpha/2}$ – квантиль уровня $(1 - \alpha/2)$

для стандартного нормального распределения.

Таким образом получим выражение для приближенного (асимптотического) доверительного интервала, отвечающего доверительной вероятности $1 - \alpha$:

$$\left(\hat{p} - u_{1-\frac{\alpha}{2}}\sqrt{\frac{\hat{p}(1-\hat{p})}{n}}; \hat{p} + u_{1-\frac{\alpha}{2}}\sqrt{\frac{\hat{p}(1-\hat{p})}{n}}\right) \quad (15)$$

Отметим еще раз, что полученное выражение используют для нахождения приближенной интервальной оценки вероятности p при достаточно больших значениях n [16].

1.5.3 Проверка гипотезы о равенстве параметров p_1 и p_2 двух биномиальных распределений по выборкам большого объема из соответствующих распределений Бернулли

Пусть X_1, \dots, X_n и Y_1, \dots, Y_n – две независимые выборки объема n_1 и n_2 из распределений Бернулли с параметрами p_1 и p_2 , соответственно. Таким образом, проведено n_1 независимых испытаний с вероятностью успеха p_1 в каждом испытании и n_2 испытаний с вероятностью успеха p_2 , причем величины n_1 и n_2 (объемы выборок) достаточно велики. Как обычно, будем обозначать $1 - p_1 = q_1$ и $1 - p_2 = q_2$.

Необходимо проверить гипотезу $H_0 : p_1 = p_2$ против альтернативной гипотезы $H_1 : p_1 \neq p_2$ при уровне значимости α .

Статистика критерия:

Обозначим через X число успехов при проведении n_1 испытаний по схеме Бернулли с вероятностью успеха p_1 в каждом испытании, через Y – число успехов при проведении n_2 испытаний с вероятностью p_2 . Относительные частоты $\widehat{p}_1 = \frac{X}{n_1}$ и $\widehat{p}_2 = \frac{Y}{n_2}$ являются асимптотически нормальными случайными величинами. Будем считать, что нормальность распределений имеет место при данных (больших) объемах выборок n_1 и n_2 . По условию \widehat{p}_1 и \widehat{p}_2 – независимы, поэтому их разность также подчиняется нормальному распределению (как композиция нормальных распределений):

$$\widehat{p}_1 - \widehat{p}_2 \sim N(p_1 - p_2; \sqrt{\frac{p_1 q_1}{n_1} + \frac{p_2 q_2}{n_2}})$$

Заменив в последнем отношении неизвестные параметры p_1 и p_2 их оценками \widehat{p}_1 и \widehat{p}_2 , получим, что при справедливости гипотезы $H_0 : p_1 = p_2$, статистика

$$U = \frac{\widehat{p}_1 - \widehat{p}_2}{\sqrt{\frac{\widehat{p}_1 \widehat{q}_1}{n_1} + \frac{\widehat{p}_2 \widehat{q}_2}{n_2}}} \sim N(0,1) \quad (16)$$

Подчиняется (приближенно) стандартному нормальному распределению. Возьмем U в качестве статистики критерия проверки гипотезы $H_0 : p_1 = p_2$, тогда правило принятия решения имеет вид:

При $\left(|U| \geq u_{1-\frac{\alpha}{2}}\right)$ гипотеза H_0 отвергается

При $\left(|U| \leq u_{1-\frac{\alpha}{2}}\right)$ гипотеза H_0 принимается

2. Практическая часть

2.1 Данные для расчета

Для сбора исторических данных была написана программа сбора данных торгов: цен закрытия(close), открытия(open), котировок максимума(high), минимума(low) и объема торгов за день(volume). В данной работе были выбраны топ-5 криптовалют по капитализации Bitcoin, Litecoin, Ripple, Binance coin, Ethereum.

Были собраны данные по валютным парам:

1. Bitcoin/ USDT
2. Litecoin / USDT
3. Ripple / USDT
4. Binance coin / USDT
5. Ethereum / USDT

Также USDT - это криптовалюта, которая привязана к доллару США в соотношении 1 к 1. Она является стейблкоином, то есть ее цена не подвержена значительным колебаниям, как у других криптовалют. Данные собраны за период 02 июня 2018 г. по – 30 апреля 2023 г.

Следовательно, наши данные имеют следующий вид (Цена представлена в долларах США):

	time	open	high	low	close	volume
0	2018-06-01	7485.01	7608.55	7355.54	7521.01	28259.124078
1	2018-06-02	7521.01	7697.33	7437.00	7640.03	26720.690219
2	2018-06-03	7636.81	7786.69	7600.00	7714.26	27505.158951
3	2018-06-04	7714.26	7760.52	7446.50	7487.00	32258.835115
4	2018-06-05	7487.00	7679.49	7358.00	7625.00	31722.973384
...
1790	2023-04-26	28300.80	30036.00	27235.00	28415.29	129228.404030
1791	2023-04-27	28415.29	29890.00	28378.86	29472.77	95430.824310
1792	2023-04-28	29472.77	29599.54	28891.00	29311.70	54298.165780
1793	2023-04-29	29311.69	29448.88	29031.00	29230.45	20466.830580
1794	2023-04-30	29230.45	29969.39	29079.59	29233.21	39752.537200

Рис.3.Исходные данные для криптовалюты Bitcoin.

Ниже представлен график цен закрытия:

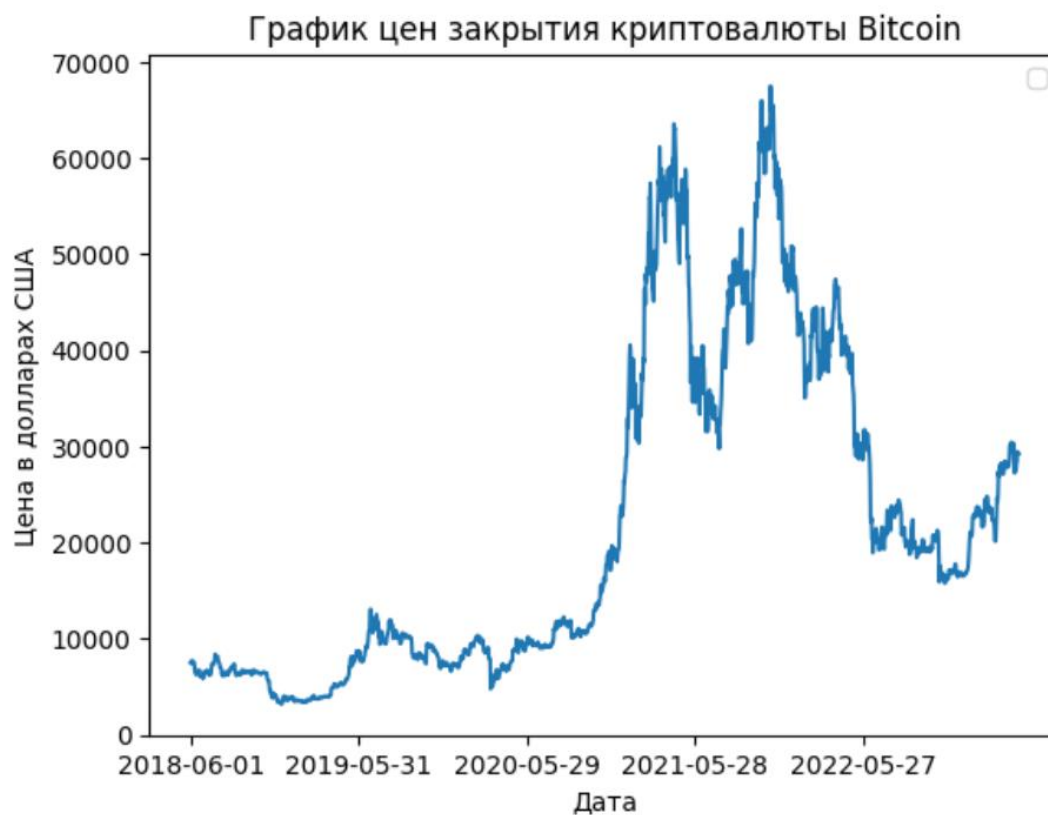


Рис.4.График цен закрытия криптовалюты Bitcoin.

2.2 Расчет технических индикаторов

Выберем индикаторы технического анализа для проведения исследований при финансовом прогнозировании с применением моделей машинного обучения:

- Скользящая средняя, формула (5)
- Взвешенная скользящая средняя, формула (6)
- Стохастический осциллятор, формула (7)
- Индекс относительной силы, формула (8)
- Процентный диапазон Вильямса, формула (9)
- Индекс разницы, формула (10)
- Ценовой Осциллятор, формула (11)

- Средний истинный диапазон, формула (12)
- Верхняя линия Боллинджера, формула (13)
- Нижняя линия Боллинджера, формула (14)

Для расчета Скользящей средней, взвешенной скользящей средней и нижней и верхней линии Боллинджера будем использовать процентное изменение цены за 1 день.

Построим корреляции между процентными изменениями цены за 1 день и индикаторами технического анализа за различные периоды табл.2.

Таблица 1. Корреляции между скользящими средними за различный период и процентным изменением цены за 1 день.

	Простая скользящая средняя за период n, сут.								
	7	10	14	30	45	90	180	270	360
Predict_pct, %	-0.037	-0.033	-0.018	0.0065	0.031	0.039	0.013	0.0056	0.0041

В таблице 1 predict_pct – процентное изменение цены за 1 день, SMA_7 – простая скользящая средняя за 7 дней. Исходя из данных таблицы 1 видно, что корреляция между скользящими средними и изменениями цен низкая, это связано с тем, что процентное изменение цены сдвинуто на один день назад, так как в данной работе необходим прогнозировать направление цены на день вперед.

Исходя из рассчитанных корреляций, для скользящей средней выбираем период 45 и 90 дней. Аналогичные вычисления делаем для взвешенной скользящей средней, линий Боллинджера, Ценового Осциллятора и Индекса разницы. Результаты вычислений представлены в табл. 2.

Таблица 2. Периоды расчета технических индикаторов

Название	Количество календарных дней
Скользящая средняя	90; 45
Взвешенная скользящая средняя	90; 300
Стохастический осциллятор	7
Индекс относительной силы	7;14
Процентный диапазон Вильямса	7
Индекс разницы	7
Ценовой Осциллятор	26 - 12
Средний истинный диапазон	7
Верхняя линия Боллинджера	14
Нижняя линия Боллинджера	10

2.3 Построение нейронной сети LSTM и GRU

В качестве целевой переменной выбрано изменение цены закрытия за один день. Дни, с положительными изменениями цен, объединены в класс 1, дни с отрицательными изменениями цен, объединены в класс 0.

Исходный набор данных разделен на обучающую, валидационную и тестовую выборку. 70 процентов данных используются для обучения нейросети, 20 процентов применяются для валидации модели и 10 процентов для оценки качества и построения прогноза.

Построенная нейронная сеть на основе LSTM состоит из следующих слоев рис.5:

- Первый слой LSTM имеет 256 блоков памяти, он возвращает последовательность на выход.
- Второй слой LSTM имеет 128 блоков памяти, он возвращает последовательность на выход.

Таблица 3. Полученные метрики для LSTM.

Название валюты	Accuracy (Доля правильных ответов)	Precision (точность)
Bitcoin	0.51	0.76
LTC	0.51	0.80
XRP	0.59	0.84
BNB	0.56	0.57
Ethereum	0.50	0.72

Построенная нейронная сеть на основе GRU состоит из следующих слоев рис.6:

- Первый слой GRU имеет 128 блоков памяти, он возвращает последовательность на выход.
- Второй слой GRU имеет 64 блоков памяти, он возвращает последовательность на выход.
- Третий слой GRU имеет 64 блоков памяти, он возвращает последовательность на выход.
- Скрытый слой Dense имеет 64 нейронов с функцией активации ReLU (Rectified Linear Unit)
- Выходной слой имеет 1 нейрон с сигмоидной функцией активации.

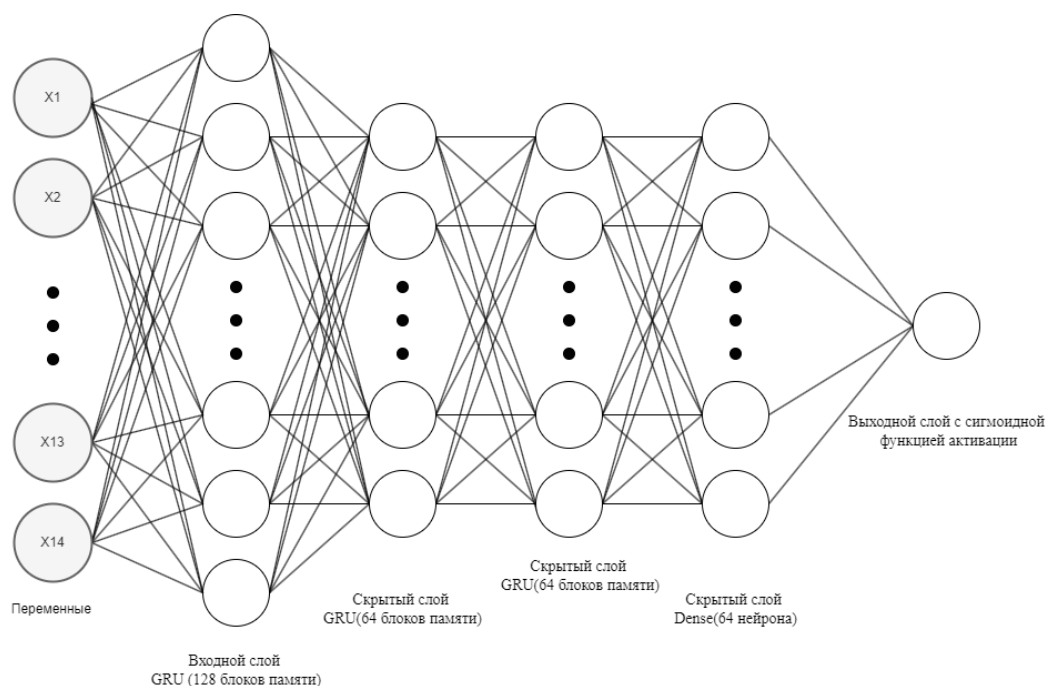


Рис.6. Архитектура нейронной сети на основе GRU.

Модель компилируется с оптимизатором - Adam [17], функцией потерь - бинарной перекрестной энтропией (binary_crossentropy)[18] для задачи бинарной классификации и метрикой точность (accuracy) для оценки качества модели, объем выборки(batch_size) = 149, чтобы нейронная сеть постепенно обучалась на всех данных, если сделать batch_size = 1043(объем тестовой выборки для каждой криптовалюты) возможно переобучение сети на прогнозирование последней валюты. Количество эпох(epochs) = 100, весь объем данных пройдет через нейронную сеть 100 раз.

Результаты прогнозирования направления движения цены для каждой криптовалюты на период с 9.01.2023 по 01.05.2023 (143 дня) в табл.3.

Таблица 4. Полученные метрики для GRU.

Название валюты	Accuracy (Доля правильных ответов)	Precision (точность)
Bitcoin	0.51	0.68
LTC	0.51	0.65
XRP	0.53	0.78
BNB	0.52	0.60
Ethereum	0.50	0.65

В результате обучения моделей, архитектура нейронной сети на основе LSTM показала наилучшие результаты на тестовой выборке. Точность нейронной сети на основе GRU на валидационной выборке была выше – 0.55, для LSTM – 0.54.

2.4 Доверительный интервал прогноза для сети LSTM.

Исходя из закона больших чисел Бернулли:

$$\hat{p} = \frac{m}{n}, \text{ где}$$

m - число торговых дней, когда сделанный прогноз совпал с движением цены, n – число прогнозируемых дней. \hat{p} - является оценкой вероятности успеха в биномиальном распределении. Рассчитанные оценки вероятности успеха приведены в табл.5.

Построим доверительные интервалы для вероятности успеха прогнозирования движения цены, при построении будем использовать квантили уровня 0.975 нормального распределения, для расчетов воспользуемся выражением для приближенного (асимптотического) доверительного интервала (15). Результаты представлены в табл.5.

Таблица 5. Доверительные интервалы для значений прогноза, полученного LSTM.

Название валюты	Левая граница	Оценка вероятности успеха	Правая граница
Bitcoin	0.35	0.44	0.53
LTC	0.42	0.52	0.62
XRP	0.41	0.51	0.61
BNB	0.51	0.60	0.69
Ethereum	0.47	0.56	0.66

2.5 Проверка гипотезы о равенстве параметров биномиальных распределений.

Предполагая, что каждый вектор числа успехов по криптовалютам портфеля имеет биномиальное распределение, проверим статистическую гипотезу о равенстве вероятностей $p_i = p_j$, для каждой пары, где i не равен j . Уровень значимости возьмем равным 0,05. Для расчета статистики воспользуемся формулой (16). Пусть $p_1 = \text{Bitcoin}$, $p_2 = \text{Ethereum}$, $p_3 = \text{Litecoin}$, $p_4 = \text{Binance coin}$, $p_5 = \text{Ripple}$.

Таблица 6. Проверка гипотезы о равенстве параметров двух биномиальных распределений.

Пара валют	Значение статистики	$H_0 : p_i = p_j$
Bitcoin / Ethereum ($p_1 = p_2$)	1.04	принимается
Bitcoin / Litecoin ($p_1 = p_3$)	1.69	принимается
Bitcoin / Binance ($p_1 = p_4$)	1.39	принимается
Bitcoin / Ripple ($p_1 = p_5$)	1.79	принимается
Ethereum / Litecoin ($p_2 = p_3$)	1.63	принимается
Ethereum / Binance ($p_2 = p_4$)	0.34	принимается
Ethereum / Ripple ($p_2 = p_5$)	1.04	принимается
Litecoin / Binance ($p_3 = p_4$)	0.58	принимается
Litecoin / Ripple ($p_3 = p_5$)	0.70	принимается
Binance / Ripple ($p_4 = p_5$)	1.28	принимается

Вероятности получения успешного прогноза для различных криптовалют оказались статистически неразличимы с вероятностью 0,95. Следовательно, полученная модель прогнозирует направление цены для каждой криптовалюты, независимо от остальных.

2.6 Расчет доходности для предложенной модели на основе LSTM

Составим равновесный портфель из пяти криптовалют, торги будем производить внутри дня. Если нейронная сеть прогнозирует повышение цены – мы покупаем криптовалюту, к концу торгов – продаем. Если спрогнозировано понижение цены, мы ничего не делаем. Сравнить доходность будем со стратегией “купить и держать”. Результаты расчетов изображены на рис.7.

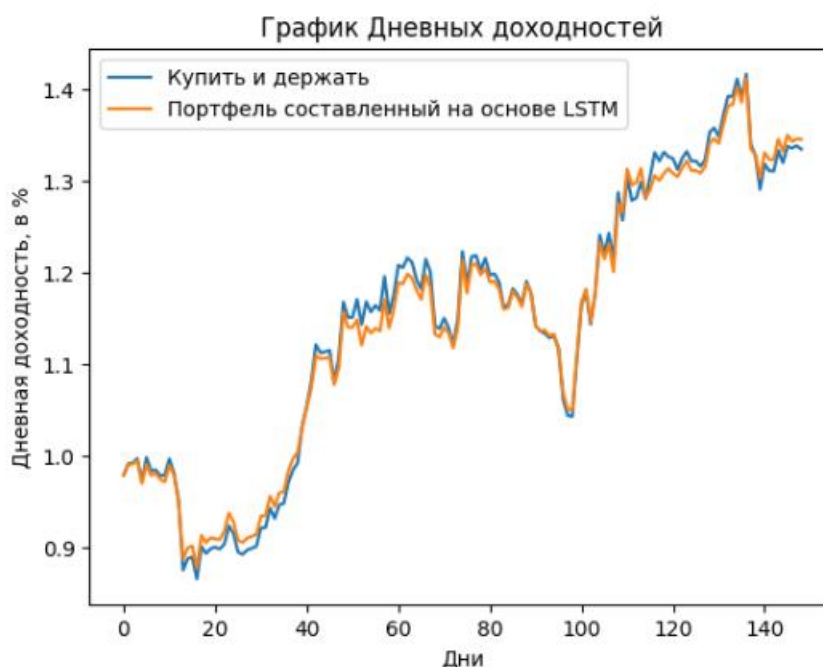


Рис.7. График доходностей.

На графике доходностей можно увидеть, что в некоторые дни доходность построенного портфеля, была равна доходности стратегии “купить и держать”. Она составила для предложенной модели – 70% годовых, для стратегии “купить и держать” – 66%.

3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Основная цель данного раздела – оценить перспективность развития и планировать финансовую и коммерческую ценность конечного продукта, представленного в рамках исследовательской программы. Коммерческая ценность определяется не только наличием более высоких технических характеристик над конкурентными разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сможет ответить на следующие вопросы – будет ли продукт востребован на рынке, какова будет его цена, каков бюджет научного исследования, какое время будет необходимо для продвижения разработанного продукта на рынок.

Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

- Оценка коммерческого потенциала разработки.
- Планирование научно-исследовательской работы;
- Расчет бюджета научно-исследовательской работы;
- Определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности исследования.

Цель данной ВКР – разработка модели предсказания поведения цены криптовалюты на основе деревьев решений и глубоких нейросетей

3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

3.1.1 Анализ конкурентных технических решений

На этом этапе проводится детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

С этой целью может быть использована вся имеющаяся информация о конкурентных разработках:

- технические характеристики разработки;
- конкурентоспособность разработки;
- уровень завершенности научного исследования;
- бюджет разработки;
- уровень проникновения на рынок;
- финансовое положение конкурентов, тенденции его изменения и т.д.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

В качестве конкурентоспособной модели взята разработка «Прогнозирование котировок сырьевых товаров методами анализа временных рядов в среде Python» в рамках НИР 2019 года.

Стоит отметить, что базовая разработка использует устаревшие методы анализа, что значительно скажется на точности прогнозирования. Разрабатываемая модель превосходит конкурента по скорости сбора данных и используемой памяти, а также форматах сохранения. Разрабатываемая программа имеет гибкие методы обучения разработки позволяют её использовать на различных выборках данных и в разных областях, поэтому и срок эксплуатации программы будет дольше.

Однако для внедрения новых методов постройки модели и её анализа нужны более мощные вычислительные ресурсы, что сказывается на стоимости оборудования и сроках разработки проекта. Поэтому на финансирование нашей разработки понадобится больше средств.

Таблица 4.1 – Оценочная карта для сравнения разработок

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Б _ф	Б _{к1}	К _ф	К _{к1}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Скорость обработки данных	0,1	5	3	0,5	0,3
2. Потребность в ресурсах памяти	0,05	4	3	0,2	0,15
3. Эффективность модели	0,05	4	2	0,2	0,1
4. Простота эксплуатации	0,2	5	4	1,0	0,8
5. Форматы представления прогноза	0,05	3	5	0,15	0,25
6. Максимум запросов за раз	0,2	3	3	0,6	0,6
Экономические критерии оценки эффективности					
1. Стоимость продукта	0,1	3	4	0,3	0,4
2. Срок выхода на рынок	0,05	5	4	0,15	0,2
3. Финансирование разработки	0,1	5	5	0,5	0,5
4. Срок эксплуатации	0,1	5	3	0,5	0,3
Итого	1	42	36	4,1	3,6

В данной таблице использовались следующие обозначения: Б_ф-баллы, начисляемые за разработанную модель; Б_{к1}- баллы, начисляемые работе написанной в рамках НИР 2019 года;

Конкурентоспособность оценивается по формуле: $K_i = VB_i$, где В – вес критерия. Полученные значения оказались $K_{ф}=4,1$ ед., $K_{к1}=3,6$ ед.

Согласно проведенному анализу делаем вывод, что разрабатываемая модель сможет обойти конкурента. Сильными сторонами являются скорость обработки данных, эффективность модели, простота эксплуатации. Проект уступает конкуренту только в форматах представления прогноза.

3.1.2 SWOT-анализ

Данный инструмент предназначен для детальной оценки внутренней и внешней среды проекта – выделяются сильные и слабые стороны внутренней среды проекта, а также угрозы и возможности внешней среды проекта.

Таблица 4.2 – Матрица SWOT-анализа

	Сильные стороны	Слабые стороны
	<p>С1. Востребованность, как для частных инвесторов, так и для фондов</p> <p>С2. Решение возможно использовать для многих финансовых инструментов.</p> <p>С3. Повышенный интерес на рынке.</p>	<p>Сл1. Время построение модели для новых данных.</p> <p>Сл2. Отсутствие интерфейса</p> <p>Сл3. Необходимость в доработке.</p>
<p>Возможности</p> <p>В1. Увеличение команды разработчиков.</p> <p>В2. Проектируемая модель может использоваться для получения повышенной прибыли.</p> <p>В3. Создание пользовательского интерфейса</p>	<p>В2С1. Возможность получения повышенной прибыли. За счет возможности увеличения доли владения определенными криптоактивами.</p> <p>В2С3. Полученная модель обеспечивает доходность выше, чем предлагает рынок, следовательно, интерес на рынке будет высокий.</p>	<p>В1В3Сл1. Увеличение команды разработчиков обеспечит, новые подходы к разработке модели и её обучении, уменьшит время обучения на новых данных.</p> <p>В1В3Сл2. При совместной работе с конкурентами и найме UX и UI-разработчиков позволят алгоритму обрести удобный для пользователей интерфейс.</p>
<p>Угрозы</p> <p>У1. Санкции, пандемия, заявления политиков, которые невозможно учесть в данной модели.</p> <p>У2. Ограничение доступа к открытой библиотеке среды реализации.</p>	<p>У1С1С2. Обеспечения защиты частных инвесторов путем диверсификации портфеля создаваемого на основе прогноза модели.</p>	<p>У2С1С2С3 Ограничение доступа к открытым библиотекам на языке Python приведет к смене языка программирования, и, как следствие, может повлиять на приобретение удобного интерфейса.</p>

В результате SWOT-анализа можно сделать вывод, что преимущества данного проекта преобладают над недостатками. А некоторые слабые стороны и угрозы алгоритма способствуют нахождению новых векторов развития и приобретения сильных сторон.

3.2 Планирование научно-исследовательских работ

3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для разработки алгоритма сформируем рабочую группу, которая будет состоять из разработчика и научного руководителя. На таблице 4.8 представлен порядок выполнения работ разработки.

Таблица 4.8 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Научный руководитель
	2	Календарное планирование выполнения работ	Разработчик, научный руководитель
Выбор способа решения поставленной задачи	3	Обзор научной литературы	Разработчик, научный руководитель
	4	Обзор фреймворков среды реализации	Разработчик
Разработка алгоритма	5	Построение блок-схемы модели	Разработчик, научный руководитель
	6	Реализация кода	Разработчик
	7	Отладка программы	Разработчик
Обобщение и оценка результатов	8	Обработка полученных результатов	Разработчик

	9	Оценка эффективности, модернизация модели	Разработчик, Научный руководитель
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	10	Составление пояснительной записки	Разработчик

3.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения

При проведении научных исследований основную часть стоимости разработки составляют трудовые затраты, поэтому определение трудоемкости проводимых работ является важным этапом составления сметы.

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости использована следующая формула:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{min}i} + 2t_{\text{max}i}}{5}, \quad (4.1)$$

где $t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, человеко-дни;

$t_{\text{min}i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни;

$t_{\text{max}i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни.

Зная величину ожидаемой трудоемкости, можно определить продолжительность каждой i -ой работы в рабочих днях T_{pi} , при этом учитывается параллельность выполнения работ разными исполнителями. Данный расчёт позволяет определить величину заработной платы.

$$T_{pi} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i}, \quad (4.2)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, рабочие дни;

$t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, человеко-дни;

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Для перевода длительности каждого этапа из рабочих в календарные дни, необходимо воспользоваться формулой (4.3):

$$T_{ki.инж} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (4.3)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{кал}$ – календарный коэффициент.

Календарный коэффициент определяется по формуле:

$$k_{кал.инж} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48 \quad (4.4)$$

где $T_{кал}$ – общее количество календарных дней в году; $T_{вых}$ – общее количество выходных дней в году; $T_{пр}$ – общее количество праздничных дней в году (2023 год).

Расчеты временных показателей проведения научного исследования обобщены в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ожсi}$, чел-дни			
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Постановка целей и задачи	-	2	-	5	-	3,2	3,2	4
2. Разработка ТЗ	2	2	4	4	2,8	2,8	2,8	4
3. Изучение материала по заданной теме	7	3	10	5	8,2	3,8	6	8

4. Разработка плана выполнения работы	8	-	15	-	10,8	-	10,8	15
5. Обсуждение и подбор литературы	1	1	3	3	1,8	1,8	1,8	2
6. Разработка программы	15	-	35	-	23	-	23	34
7. Тестирование разработанной программы	5	-	30	-	15	-	15	22
8. Оформление РПЗ(Расчетно-пояснительной записки)	3	-	10	-	5,8	-	5,8	8
9. Оформление необходимых графических материалов	3	3	6	6	4,2	4,2	4,2	6
10. Анализ полученных результатов	12	-	17	-	14	-	14	20
Итого:	56	11	130	23	85,6	15,8	86,6	123

Примечание: Исп. 1 – разработчик, Исп. 2 – научный руководитель.

На основе таблицы составлен календарный план-график выполнения проекта с использованием диаграммы Ганта (таблица 4.10).

Таблица 4.10 – Диаграмма Ганта

№	Вид работ	Исп	T _{кi} , кал. дн.	Продолжительность работ												
				февр			март			апр			май			
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Исп2	4	█												
2	Календарное планирование выполнения работ	Исп1 Исп2	4	█												
3	Обзор научной литературы	Исп1	8		█											
4	Обзор фреймворков среды реализации	Исп1	15		█											
5	Построение блок-схемы алгоритма	Исп1 Исп2	2			█										
6	Реализация кода	Исп1	34				█	█	█							
7	Отладка программы	Исп1	22							█	█	█				
8	Обработка полученных результатов	Исп1	8												█	

№	Вид работ	Исп	T _{кi} , кал. дн.	Продолжительность работ											
				февр			март			апр			май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
9	Оценка эффективности, модернизация алгоритма	Исп1 Исп2	6												
10	Составление пояснительной записки	Исп1	20												

Примечание:

■ – Исп. 1 (разработчик), ▨ – Исп. 2 (научный руководитель)

3.3 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета научно-технического исследования учитывались все виды расходов, связанных с его выполнением. В этой работе использовать следующую группировку затрат по следующим статьям:

- материальные затраты научно-исследовательской работы (НИР);
- затраты на специальное оборудование для экспериментальных работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы НИР.

3.3.1 Расчет амортизации специального оборудования

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации: рассчитывается по формуле:

$$H_A = \frac{1}{n}, \quad (4.5)$$

где n – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{H_A I}{12} \cdot m, \quad (4.6)$$

где I – итоговая сумма, тыс. руб.; m – время использования, мес.

Данный проект подразумевает научный подход для реализации. По этой причине затраты на сырьё, комплектующие и различные материалы будут отсутствовать. Перейдем сразу к затратам на специальное оборудование.

Таблица 4.11 - Затраты на программное оборудование

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования,руб.
1.	Ноутбук ASUS Laptop E410KA-BV1422	2	22 000	44 000
2.	Операционная система - Windows Pro	2	30 000	60 000

Стоит отметить, что учитываться затраты будут только на амортизационные отчисления, так как у рабочей группы уже имеются ноутбуки. Лицензия операционной системы приобретается на бессрочный период, но так как ресурс ноутбука, на который устанавливается ПО, ограничен (в среднем 8 лет), то перерасчёт производится на количество времени, затраченное на проект (2,3 месяца). Стоимость одной лицензии – 30 000 рублей.

Норма амортизационных отчисления на приобретение лицензии:

$$H_A = \frac{1}{8} \cdot 100 = 12,5\%$$

Из этого следует, что размер амортизации составит:

$$A_{\text{лиц}} = \frac{30\,000 \cdot 2}{12} \cdot 0,125 \cdot 4,1 = 2562,5 \text{ руб.}$$

Затраты на установку ОС на 2 устройства:

$$A_{\text{устан}} = 5000 \text{ рублей}$$

Также дистрибутив языка программирования и данные анализа хранятся в открытом доступе (тип лицензии).

Рассчитаем амортизацию оборудования линейным способом. Производитель даёт гарантию на модель 5 лет. Соответственно, рассчитаем размер амортизационных отчислений за специальное оборудование (компьютеры) за время разработки алгоритма:

$$A_{\text{лиц}} = \frac{44000}{5 \cdot 12} \cdot 4,1 = 3007 \text{ руб.}$$

Итоговая сумма затрат использование программного оборудования:

$$Z_{\text{оборуд}} = A_{\text{устан}} + A_{\text{лиц}} + A_{\text{лиц}} = 5000 + 2562,5 + 3007 = 10569,5 \text{ руб.}$$

3.3.2 Основная заработная плата исполнителей темы

В данном разделе рассчитывается заработная плата инженера и руководителя, помимо этого необходимо рассчитать расходы по заработной плате, определяемые трудоемкостью проекта и действующей системой оклада.

Основная заработная плата $Z_{осн}$ одного работника рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (4.7)$$

где $Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата, руб.; T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн. (таблица 4.9).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя научного руководителя):

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{51285 \cdot 10,3}{246} = 2147,3 \text{ руб.}, \quad (4.8)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.; F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дней; M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

– при отпуске в 28 раб. дня – $M = 11,2$ месяца, 5-дневная рабочая неделя;

– при отпуске в 56 раб. дней – $M = 10,3$ месяца, 6-дневная рабочая неделя.

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя разработчика):

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{33150 \cdot 11,2}{213} = 1743,1 \text{ руб.}. \quad (4.9)$$

Должностной оклад работника за месяц:

– для научного руководителя:

$$Z_m = Z_{мс} \cdot (1 + k_{np} + k_d) k_p = 26300 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 51285 \text{ руб.} \quad (4.10)$$

– для разработчика:

$$Z_m = Z_{мс} \cdot (1 + k_{np} + k_d) k_p = 17000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 33150 \text{ руб.}, \quad (4.11)$$

где Z_{mc} – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.; k_{np} – премиальный коэффициент, равен 0,3; k_d – коэффициент доплат и надбавок, равен 0,2; k_p – районный коэффициент, равен 1,3 (для г. Томска).

В таблице 4.13 представлены показатели рабочего времени, исходя от вида рабочей недели. В таблице 4.14 представлены расчеты основной заработной платы рабочей группы.

Таблица 4.13 – Баланс рабочего времени исполнителей

Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Разработчик
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	52/14	104/14
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	48/5	24/10
Действительный годовой фонд рабочего времени	246	213

Таблица 4.14 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	Z_{mc} , руб	k_{np}	k_d	k_p	Z_m , руб	$Z_{он}$, руб	T_p , раб.дн.	$Z_{осн}$, руб
Научный руководитель	26300	0,3	0,2	1,3	51285	2147,3	15,8	33927,3
разработчик	17000	0,3	0,2	1,3	33150	1743,1	85,6	149209,4
Итого:								183136,7

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

– для руководителя:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,15 \cdot 33927,3 = 5089,1 \text{ руб.} \quad (4.12)$$

– для инженера:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,15 \cdot 149209,4 = 22381,4 \text{ руб.}, \quad (4.13)$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (принимается равным 0,15).

3.3.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

– для научного руководителя:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0.3 \cdot 39016 = 11704 \text{ руб.} \quad (4.14)$$

– для инженера:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0.3 \cdot 171590 = 51477 \text{ руб.} \quad (4.14)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет в 2020 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ).

3.3.4 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты: оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (Z_{\text{внеб}} + Z_{\text{осн}} + Z_{\text{оборуд}} + Z_{\text{доп}}) \cdot k_{\text{нр}} \quad (4.15)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величина коэффициента накладных взята в размере 16%. Тогда отчисления по накладным расходам составит:

$$Z_{\text{накл}} = (63181 + 183136,7 + 10569,5 + 27470,5) \cdot 0,16 = 284358 \cdot 0,16 = 45497,3 \text{ руб.}$$

3.3.5 Бюджет НИР

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости ВКР «Использование глубоких моделей нейросетей для определения направления будущего движения рисков компонент портфеля активов» по форме, приведенной в таблице 4.15. В таблице также представлено определение бюджета затрат конкурирующего проекта.

Таблица 4.15 – Группировка затрат по статьям

№	Наименование статьи	Сумма, руб.		Примечание
		Текущий Проект	Конкурирующий проект	
1	Материальные затраты НИР	-	-	-
2	Затраты на специальное оборудование	10569,5	51493,4	Пункт 4.3.1

3	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	183136,7	121795,7	Пункт 4.3.2
4	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	27470,5	18 269,4	-
5	Отчисления во внебюджетные фонды	63181	29786	Пункт 4.3.3
6	Накладные расходы	45497,3	36930,6	Пункт 4.3.4
Бюджет затрат НИР		329854,4	258274,4	

3.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Для определения эффективности исследования рассчитан интегральный показатель эффективности научного исследования при помощи определения интегральных показателей финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получен в процессе оценки бюджета затрат конкурирующего проекта. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принят за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

В качестве аналогов данной НИР рассмотрена:

- 1) «Прогнозирование котировок сырьевых товаров методами анализа временных рядов в среде Python» в рамках НИР 2019 года;

Интегральный финансовый показатель разработки рассчитывается как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{\text{pi}}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (4.17)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения.

$\Phi_{тек.проект} = 329854,4$ руб, $\Phi_{исп.1} = 258274,4$ руб.

$$I_{финр}^{тек.пр.} = \frac{\Phi_{тек.пр.}}{\Phi_{max}} = \frac{329854,4}{329854,4} = 1$$

$$I_{финр}^{исп.2} = \frac{\Phi_{исп.2}}{\Phi_{max}} = \frac{258274,4}{329854,4} = 0.78$$

В результате расчета с точки зрения финансовой эффективности текущий проект является менее привлекательным и выгодным.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов выполнения

НИР (I_{pi}) определен путем сравнительной оценки их характеристик, распределенных с учетом весового коэффициента каждого параметра (таблица 4.16).

Таблица 4.16 – Сравнительная оценка характеристик вариантов НИР

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Исп.1
1. Доходность	0,3	9	5
2. Точность работы	0,3	7	4
3. Надежность	0,3	8	4
4. Время получения модели	0,05	7	3
5. Автономность модели	0,05	9	4
ИТОГО	1	8	5,75

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{p1} = 0,3 * 9 + 0,3 * 7 + 0,3 * 8 + 0,05 * 7 + 0,05 * 9 = 8$$

$$I_{p2} = 0,3 * 5 + 0,3 * 4 + 0,3 * 4 + 0,05 * 3 + 0,05 * 4 = 4,25$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки вычисляется на основании показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.i} = \frac{I_{p-исп.i}}{I_{финр}^{исп.i}} \quad (20)$$

$$I_{тек.проект} = \frac{8}{1} = 8; \quad I_{исп.1} = \frac{4,25}{0,78} = 5,4;$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (таблицы 4.17) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных.

Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{ср}$):

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}}$$

Таблица 4.17 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Текущий проект	Исп.2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,78
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	8	4,25
3	Интегральный показатель эффективности	8	5,4
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,675

Проанализировав сравнительную эффективность разработки, можно сделать вывод о том, что данный проект является более эффективным, в сравнении с другими конкурентами, в связи с тем, что он обеспечивает большую точность и доходность, также имеет большую автономность, инвестору не нужно каждый раз подбирать параметры.

Выводы по разделу

В результате выполнения целей раздела можно сделать следующие выводы:

1. Результатом анализа конкурентных технических решений является выбор одного из вариантов реализации НИР как наиболее подходящего и оптимального по сравнению с другими;
2. Было проведено планирование научно-исследовательской работы, подсчитаны временные показатели занятости рабочей группы, составлен календарный план-график с использованием диаграммы Ганта. Общее количество календарных дней для выполнения работ составляет 123 дней;
3. Для оценки затрат на реализацию проекта разработан проектный бюджет, который составляет 329854,4 руб;
4. Результат оценки эффективности ИР показывает следующие выводы:
 - 1) значение интегрального финансового показателя ИР составляет 1, что является показателем того, что ИР является менее финансово выгодной по сравнению с аналогами;
 - 2) значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 8 по сравнению с 4,25.
 - 3) значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 1, по сравнению с 0,675, и является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

4. Социальная ответственность

Введение

Объектом разработки данной ВКР являются модели предсказания поведения цены криптовалюты на основе деревьев решений и глубоких нейросетей. Деревья решений – модель принятия решений на основе признаков, от которых зависит целевая функция. Нейронная сеть – математическая модель, построенная по принципу организации и функционирования биологических нейронных сетей. Полученные модели могут использовать частные инвесторы, при принятии решения о покупке криптовалюты.

Проект выполняется на персональном компьютере (ПК), поэтому в данном разделе проводится анализ опасных и вредных факторов при работе с ПК, влияния этих факторов на окружающую среду и мероприятий по её защите.

Предметом исследования является рабочая зона разработчика, включая компьютерный стол, ПК, клавиатуру, компьютерную мышь и стул. Работы выполнялись в компьютерном классе 427А 10 корпуса ТПУ.

4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Специальная оценка условий труда является единым комплексом последовательно осуществляемых мероприятий по идентификации вредных и (или) опасных факторов производственной среды и трудового процесса и оценке уровня их воздействия на работника с учетом отклонения их фактических значений от установленных уполномоченным Правительством Российской Федерации федеральным органом исполнительной власти нормативов (гигиенических нормативов) условий труда и применения средств индивидуальной и коллективной защиты работников [19]. По результатам проведения специальной оценки условий труда устанавливаются классы

(подклассы) условий труда. Согласно трудовому кодексу РФ работникам высшей категории (офисные работники) предусматриваются:

1. Понятие рабочего времени. Нормальная продолжительность рабочего времени [ТК РФ Статья 91]: Для работников, условия труда на рабочих местах, которых по результатам специальной оценки условий труда отнесены к оптимальным – нормальная продолжительность рабочего времени не может превышать 40 часов в неделю.
2. Обеспечение нормальных условий труда для выполнения норм выработки [ТК РФ Статья 193];
3. Предоставления работникам предусмотренных ТК РФ выходных и праздничных дней [ТК РФ г. 18], а также оплачиваемые отпуска [ТК РФ г. 19];
4. Установления работникам предусмотренных ТК РФ гарантий и компенсаций [ТК РФ г. 28].

Разработка программного обеспечения происходит за компьютерным столом. Рабочее место разработчика должно быть организовано согласно ГОСТ 12.2.032-78 «Рабочее место при выполнении работ сидя» и СП 2.4.3648-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи». Высота рабочей поверхности стола рекомендуется в пределах 680–800 мм. Высота рабочей поверхности, на которую устанавливается клавиатура, должна быть 650 мм. Рабочий стол должен быть шириной не менее 700 мм и длиной не менее 1400 мм. Должно иметься пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной не менее 500 мм, глубиной на уровне колен не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног не менее 650 мм. Минимальная диагональ монитора должна составлять не менее 39,6 см.

Рабочее кресло должно быть подъёмно-поворотным и регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки до переднего края сиденья. Рекомендуемая высота сидения над уровнем пола

420–550 мм. Конструкция рабочего кресла должна обеспечивать: ширину и глубину поверхности сиденья не менее 400 мм.

4.2 Производственная безопасность

При разработке алгоритма разработчики подвергаются воздействию различных вредных и опасных факторов, которые представлены в таблице 1. В таблице также представлены соответствующие нормативные документы и этапы работ, во время которых разработчики могут столкнуться с их влиянием.

Таблица 1 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
Отклонение показателей микроклимата	СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [20]
Недостаточная освещённость рабочей зоны	СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение» [21]
Повышенная световая и цветовая контрастность	СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение» [21]
Повышенный уровень шума на рабочем месте	ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности [22] СП 51.13330.2011 «Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003» [16]
Длительное сосредоточенное наблюдение	МР 2.2.9.2311 – 07 «Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности» [23]
Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий	ГОСТ Р 58698-2019 «Защита от поражения электрическим током» [26]

По данной таблице можно сделать вывод, что на разработчиков алгоритма в ходе их деятельности воздействуют только физические и

психологические факторы, а химические и биологические факторы отсутствуют.

4.2.1 Отклонение показателей микроклимата

Отклонение показателей микроклимата на рабочем месте от комфортных непосредственно влияет на здоровье работников. Повышение скорости движения воздуха и понижение температуры может привести к переохлаждению организма путем усиления теплообмена и процесса теплоотдачи при испарении пота. Недостаточная влажность в свою очередь ведет к интенсивному испарению влаги со слизистых оболочек. Это может привести к пересыханию, растрескиванию и затем к заражению болезнетворными бактериями. При разработке алгоритма используются персональные компьютеры, которые могут непосредственно влиять на микроклимат путем снижения относительной влажности и повышению температуры в рабочем помещении.

Общие требования к микроклимату производственных помещений регламентируются СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». Санитарные нормы регулируют оптимальные и допустимые значения показателей в рабочей зоне, соответствующие физиологическим потребностям организма человека, для создания комфортных и безопасных условий труда.

Работа, выполняемая командой разработки программного обеспечения, по энергозатратам относится к категории Ia (производится сидя, сопровождается незначительными физическими усилиями). В таблицах 2 и 3 представлены оптимальные и допустимые значения показателей микроклимата на рабочих местах для данной категории.

Таблица 2 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах

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

Таблица 3 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах

Период года	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
	диапазон ниже оптимальных величин	диапазон выше оптимальных величин			для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более
Холодный	20,0 – 21,9	24,1 – 25,0	19,0 – 26,0	15 – 75	0,1	0,1
Тёплый	21,0 – 22,9	25,1 – 28,0	20,0 – 29,0	15 – 75	0,1	0,1

В производственных помещениях, где поддерживать допускаемые нормативные величины локального микроклимата не представляется возможным, необходимо проводить мероприятия по защите работников от возможного перегревания и охлаждения. Это достигается разными способами: использование систем местного кондиционирования воздуха; регламентацией периодов работы в неблагоприятном локальном микроклимате и отдыха в помещении с микроклиматом, нормализующим тепловое состояние; уменьшение длительности рабочей смены и др.

4.2.2 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Недостаточная освещенность рабочей зоны является вредным производственным фактором, приводящим к повышенной утомляемости и снижению работоспособности человека на предприятии. Продолжительная работа в условиях низкой освещенности приводит к ухудшению зрения.

Нормы естественного, искусственного и совместного освещения регламентируются СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение». Разработка программного обеспечения относится к категории работ высокой точности – Б (наименьший или эквивалентный объект различения 0,30 – 0,50 мм), подразряд 1 (относительная продолжительность зрительной работы при направлении зрения на рабочую поверхность не менее 70%).

В таблице 4 представлены требования к освещению рабочего помещения для разряда Б1.

Таблица 4 – Требования к освещению рабочего помещения

Освещенность на рабочей поверхности от системы общего освещения, лк	Искусственное освещение			Естественное освещение	
	Цилиндрическая освещенность	Объединенный показатель дискомфорта, не более	Коэффициент пульсации освещенности, Кп, %, не более	Коэффициент естественной освещенности, %, при	
				верхнем или комбинированном	боковом
300	100	21	15	3	1

Яркий свет в зоне периферийного зрения заметно увеличивает глазное напряжение. Для снижения влияния вредного фактора недостаточной освещенности необходимо, чтобы уровень естественного освещения рабочего пространства приблизительно совпадал с яркостью дисплея. Проблему недостаточной освещенности помещения можно решить при помощи установки дополнительных осветительных приборов, расширения световых проемов.

4.2.3 Повышенная световая и цветовая контрастность

Отклонение светового и цветового контраста на рабочем месте приводит к быстрому утомлению и снижению уровня работоспособности человека на предприятии. Продолжительное воздействие этого вредного фактора приводит к возникновению проблем со зрением. Нормы светового и цветового

контраста регламентируются СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение». Для работы за компьютером (категория работ Б1) нормы контраста представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Требования к освещению рабочего помещения

Характеристика зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона
Высокой точности	Малый	Средний
	Средний	Темный

Для изменения светового и цветового контраста необходимо отрегулировать уровень естественной и искусственной освещенности рабочего помещения или заменить текущее оборудование (мониторы) на более качественные, которые позволят сгладить контраст.

4.2.4 Повышенный уровень шума на рабочем месте

Превышение уровня шума на рабочем месте создает психологический и физический стресс, снижающий производительность, концентрацию, внимание, повышает утомляемость. Повышение уровня шума на рабочем месте возможно из-за фона, создаваемого работой персональных компьютеров, наличия центральной системы вентиляции и кондиционирования воздуха.

Предельно допустимые показатели уровня звука, звукового давления регламентируются СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003. Для команды разработчиков программного обеспечения, эти показатели представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Предельно допустимые и допустимые уровни звукового давления, уровни звука, эквивалентные и максимальные скорректированные по А уровни звука в помещениях производственных, жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003 [34].

Назначение помещений или территорий	Для источников постоянного шума								Для источников непостоянного шума				
	Уровни звукового давления дБ, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, Гц								Уровень звука корректированный по А, L _A , дБ	Эквивалентный корректированный по А уровень звука L _{Аэкв} , дБ	Максимальный корректированный по А уровень звука L _{Амакс} , дБ		
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000				8000	
Помещения офисов, рабочие помещения и кабинеты административных зданий, научно-исследовательских	-	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50	50	65

Для снижения уровня шума в производственном помещении можно использовать защитные звукопоглощающие экраны. Для любого оборудования необходимо регулярно проводить техническое обслуживание, так как загрязнение может увеличить производимый шум.

4.2.5 Длительное сосредоточенное наблюдение

При разработке алгоритма необходим контроль процесса формирования популяций и значений целевых функций, который вызывает зрительную и умственную нагрузку на организм человека.

При умственной нагрузке необходима длительность сосредоточенного внимания, выраженная ответственность, плотность сигналов и сообщений в единицу времени по МР 2.2.9.2311 – 07 «Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности» [24]. Оказывает угнетающее влияние на психическую деятельность ухудшаются функции внимания (объем, концентрация, переключение), памяти

(кратковременной и долговременной), восприятия (появляется большое число ошибок).

При зрительной нагрузке необходима высокая координация сенсорных и моторных элементов зрительной системы. Вызывает головную боль, ухудшение зрения, астенопию – патологического состояния, связанного с быстрым переутомлением глаз.

Для устранения накопленной усталости и нагрузки на организм человека необходимо выполнять комплекс физических упражнений на координацию движений, концентрацию внимания, комплекс упражнений на глаз, использовать методику психической саморегуляции.

1.2.6. Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий

Вследствие работы с электрооборудованием и компьютерами возникает вероятность прохождения электрического тока через тело человека. Опасное и вредное воздействия на людей электрического тока проявляются в виде электротравм (судороги, остановка сердца, остановка дыхания, ожоги и др.) и заболеваний. Результат воздействия тока на человека зависит от величины силы тока, его рода и частоты, продолжительности воздействия и множества других факторов. Причиной поражения электрическим током в условиях лаборатории могут стать случайное прикосновение к токоведущим частям или появление напряжения на металлических частях оборудования.

Под электробезопасностью подразумевается система технических и организационных мероприятий, направленных на защиту людей от опасного воздействия электрического тока, статического электричества и электромагнитного поля. Значения вышеперечисленных факторов регулируются ГОСТ Р 58698-2019.

Таблица 7 – Пороги напряжения прикосновения для реагирования

Характер реагирования	Пороги напряжения, В
Реакция испуга	2 (переменный ток)
	8 (постоянный ток)
Мышечная реакция	20 (переменный ток)
	40 (постоянный ток)

Меры предосторожности для основной защиты от поражения электрическим током:

- использование защитных ограждений или оболочек;
- размещение опасных для жизни и здоровья человека участков электропроводов и приборов вне зоны досягаемости рукой;
- ограничение напряжения или питание должно осуществляться от безопасного источника питания;
- автоматическое отключение питания (защитное устройство, которое будет отключать систему, питающую электрическое оборудование в случае замыкания)

Защита от поражения электрическим током может осуществляться посредством системы безопасного сверхнизкого напряжения (БСНН) и защитного сверхнизкого напряжения (ЗСНН).

4.3 Экологическая безопасность

Программное обеспечение не оказывает влияния на окружающую среду, так как его разработка и использование происходит при помощи персональных компьютеров, однако использование самого компьютера может оказывать влияние на окружающую среду.

ПЭВМ состоит из различных деталей, которые имеют различный класс опасности. Ртутные лампы, материнские платы и аккумуляторы содержат свинец, литий, кадмий; материнские платы содержат олово; трансформаторы содержат обмотку из меди, а также железный сердечник; преобразователи и проводка содержат алюминий магний; корпус состоит из металла и пластика. Класс опасности и предельно-допустимая концентрация указаны в таблице 8 [35].

Таблица 8 – Предельно-допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны

Наименование вещества	Формула	Величина ПДК, мг/м ³	Класс опасности
Ртуть	Hg	0,01/0,05	I
Литий и его неорганические соединения		0,02	I
Свинец и его неорганические соединения		-/0,05	I
Олово фторид	FSn	1/0,2	II
Железо	Fe	-/10	IV
Полиэтиленхлорид	[C ₂ H ₃ Cl] _x	6	III
Алюминий магнит	AlMg	-/6	IV

Для оказания наименьшего влияния на окружающую среду, необходимо проводить специальную процедуру утилизации ПЭВМ и оргтехники, при которой разбирается, сортируется и более 90% отправится на вторичную переработку и менее 10% будут отправлены на свалки. При этом она должна соответствовать процедуре утилизации ГОСТ Р 53692-2009 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы технологического цикла отходов» [28].

Безопасность в чрезвычайных ситуациях

4.3.1 Пожар

Причинами возникновения пожара при работе с ЭВМ может служить короткое замыкание проводки, в том числе в следствии неисправности прибора, сильный перегрев ЭВМ в результате его использования в режиме повышенной нагрузки.

Для предотвращения возникновения пожара, необходимо проводить периодическую своевременную диагностику оборудования и электрической проводки, соблюдать нормы при работе с ЭВМ.

На основании Федерального закона от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. От 30.04.2021) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" помещения учебной аудитории оборудованы следующими средствами пожаротушения: огнетушитель ручной углекислотный ОУ-5, пожарный кран с рукавом, также аудитория оборудована системой противопожарной сигнализации [30]. Помещение аудитории категории помещения группы – В4, возможный класс пожара – Е. [30].

При появлении возгорания необходимо сообщить в службу пожарной охраны адрес и место возникновения пожара.

Вывод по разделу

В данном разделе были рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности, аспекты производственной и экологической безопасности, а также рассмотрен вопрос безопасности рабочей группы при чрезвычайном происшествии. В результате можно сделать вывод о работнике:

- Имеет нормальную продолжительность рабочего времени;
- Обеспечен нормальными условиями труда для выполнения норм выработки;
- Имеет, предусмотренные ТК РФ, выходные и праздничные дни;
- Имеет категорию тяжести труда - Ia (производится сидя, сопровождается незначительными физическими усилиями), согласно [20];
- Относится к первой группе по электробезопасности [32];

А также о рабочей зоне:

- Рабочая зона имеет оптимальные значения показаний микроклимата согласно таблице 2;
- Фактические показатели освещения совпадают с оптимальными в таблице 4;
- Мониторы ЭВМ имеют оптимальную световую и цветовую контрастность;
- Соблюдаются меры предосторожности для основной защиты от поражения электрическим током;
- Вышедшие из строя ПЭВМ утилизируются согласно ГОСТ Р 53692-2009;
- Помещения учебной аудитории оборудованы положенными средствами пожаротушения;
- Рабочая зона имеет категорию помещения по электробезопасности согласно ПУЭ – без повышенной опасности [33];

- Помещение аудитории категории помещения группы – В4 (пожароопасное);
- Помещение аудитории находится в объекте, относящийся к IV категории по оказанию негативного воздействия на окружающую среду [33].

Заключение

1. Создана рекуррентная нейронная сеть с долгосрочно-краткосрочной памятью (LSTM), она обучена, калибрована и верифицирована для исходных данных цен криптовалют
2. Построены доверительные интервалы для каждой прогнозной вероятности. Проверены статистические гипотезы о их равенстве. Вероятности получения успешного прогноза для различных криптовалют оказались статистически неразличимы с вероятностью 0,95.
3. На основе построенных прогнозов на тестовых выборочных данных была рассчитана доходность инвестирования, она составила для предложенной модели – 70% годовых, для стратегии “купить и держать” – 66%.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Fama E. The Behavior of Stock Market Prices // Journal of Business 38, 1964. p. 34–103
2. Cho, K., Van Merriënboer, B., Gulcehre, C., Bahdanau, D., Bougares, F., Schwenk, H., & Bengio, Y. “Learning phrase representations using RNN encoder-decoder for statistical machine translation”. URL: <https://arxiv.org/abs/1406.1078>
3. Binance: [Электронный ресурс]. URL: <https://www.binance.com> (дата обращения: 13.05.2023)
4. Yaohao Peng, Feature selection and deep neural networks for stock price direction forecasting using technical analysis indicators // Machine Learning with Applications, Vol. 3, September 2021.
5. Hsu, M.-W., Lessmann, S., Sung, M.-C., Ma, T., & Johnson, J. E. (2016). Bridging the divide in financial market forecasting: machine learners vs. financial economists. Expert Systems with Applications, 61, 215–234.
6. Спицын В.Г., Цой Ю.Р., Применение искусственных нейронных сетей для обработки информации: методические указания к лабораторным работам. – Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – 31 с.
7. Hochreiter, S., & Schmidhuber, J. “Long short-term memory”. Neural computation., vol. 9, no. 8, pp. 1735-1780, Nov. 1997.
8. A Brief Introduction to Recurrent Neural Networks. [Электронный ресурс] URL:<https://towardsdatascience.com/a-brief-introduction-to-recurrent-neural-networks-638f64a61ff4> (дата обращения: 13.05.2023)
9. Henrique, B. M., Sobreiro, V. A., & Kimura, H. (2019). Literature review: Machine learning techniques applied to financial market prediction. Expert Systems with Applications.
10. Murphy, J.J. Technical Analysis of the Financial Markets: A Comprehensive Guide to Trading Methods and Applications. New York Institute of Finance. 1999.

11. Stochastic Oscillator: What It Is, How It Works. [Электронный ресурс] URL: <https://www.investopedia.com/terms/s/stochasticoscillator.asp> (дата обращения: 13.05.2023)
12. Williams %R: Definition, Formula, Uses, and Limitations. [Электронный ресурс] URL: <https://www.investopedia.com/terms/w/williamsr.asp> (дата обращения: 13.05.2023)
13. Обзор индикатора Price Oscillator (Ценовой Осциллятор). [Электронный ресурс] URL: <https://bcs-express.ru/novosti-i-analitika/obzor-indikatora-price-oscillator-tsenovoi-ostsilliator> (дата обращения: 13.05.2023)
14. Индикатор Average True Range. Определяем волатильность. [Электронный ресурс] URL: <https://bcs-express.ru/novosti-i-analitika/indikator-average-true-range-opredeliaem-volatil-nost> (дата обращения: 13.05.2023)
15. Теория вероятностей и математическая статистика для технических университетов. Часть I. Теория вероятностей: учебное пособие / О.Л. Крицкий, А.А. Михальчук, А.Ю. Трифонов, М.Л. Шинкеев; Томский политехнический университет. – 2-е изд. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 213 с.
16. Положинцев Б.И. Теория вероятностей и математическая статистика. Введение в математическую статистику: Учебное пособие. – СПб.: 2016. – 95 .
17. Kingma, D. P., & Ba, J. (2014). Adam: A method for stochastic optimization. arxiv preprint arxiv:1412.6980. URL: <https://arxiv.org/abs/1412.6980> (Дата обращения: 10.05.2023)
18. Функции потерь библиотеки Keras [Электронный ресурс] URL: <http://www.100byte.ru/python/loss/loss.html> (дата обращения: 13.05.2023)
19. ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200003913> (дата обращения: 12.03.2023);

- 20.СП 2.4.3648-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи»// Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/566085656> (дата обращения: 23.05.2023);
- 21.СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [Электронный ресурс]. 2021. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 12.03.2023);
- 22.СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение» // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/456054197> (дата обращения: 12.03.2023);
- 23.СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум. Общие требования безопасности» // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200118606> (дата обращения: 12.03.2023);
- 24.МР 2.2.9.2311-07 «Состояние здоровья работающих в связи с состоянием производственной среды» // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200072234> (дата обращения: 12.03.2023);
- 25.ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200003608> (дата обращения: 12.03.2023);
- 26.ГОСТ Р 58698-2019 «Защита от поражения электрическим током» // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200170001> (дата обращения: 12.03.2023).

27. Трудовой кодекс (ТК РФ) «Рабочее время» // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://base.garant.ru/12125268/> (дата обращения: 12.03.2023);
28. ГОСТ Р 53692-2009 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы технологического цикла отходов» // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200081740> (дата обращения: 12.03.2023);
29. СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности;
30. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/902111644> (дата обращения: 12.03.2023);
31. «Правила устройства электроустановок» // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200030216> (дата обращения: 12.03.2023);
32. Приказ «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок» // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573264184> (дата обращения: 12.03.2023);
33. Постановление «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий» // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573292854> (дата обращения: 12.03.2023);
34. СП 51.13330.2011 «Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003» // Электронный фонд правовой и нормативно-технической

документации [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
<https://docs.cntd.ru/document/1200084097> (дата обращения: 12.03.2023);

35. ГН 2.2.5.3532-18 "Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны" // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/557235236> (дата обращения: 12.03.2023);