

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

---

Институт Кибернетики  
Направление подготовки 09.03.02 Информационные системы и технологии  
Кафедра Автоматики и Компьютерных Систем

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Нейросетевая модель прогнозирования времени прибытия маршрутного транспорта</b>

УДК 004.032.26: 656.121.014-047.72

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ИЗА	Реннит Андрей Андреевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент каф. АиКС	Погребной В.Ю.			

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент каф. Менеджмента	Спицын В.В.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент каф. ЭБЖ	Акулов П.А.			

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
АиКС	Суходоев М.С.	к.т.н.		

Томск – 2017 г.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Код результатов	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i><b>Профессиональные и общепринятые компетенции</b></i>	
P1	Применять базовые и специальные естественнонаучные и математические знания для комплексной инженерной деятельности по созданию, внедрению и эксплуатации геоинформационных систем и технологий, а также информационных систем и технологий в бизнесе.
P2	Применять базовые и специальные знания в области современных информационных технологий для решения инженерных задач.
P3	Ставить и решать задачи комплексного анализа, связанные с созданием геоинформационных систем и технологий, информационных систем в бизнесе, с использованием базовых и специальных знаний, современных аналитических методов и моделей.
P4	Выполнять комплексные инженерные проекты по созданию информационных систем и технологий, а также средств их реализации (информационных, методических, математических, алгоритмических, технических и программных).
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования, включающие поиск и изучение необходимой научно-технической информации, математическое моделирование, проведение эксперимента, анализ и интерпретация полученных данных, в области создания геоинформационных систем и технологий, а также информационных систем и технологий в бизнесе.
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современные геоинформационные системы и технологии, информационные системы и технологии в бизнесе, обеспечивать их высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья, безопасность труда, выполнять требования по защите окружающей среды.
<i><b>Универсальные (общекультурные) компетенции</b></i>	
P7	Использовать базовые и специальные знания в области проектного менеджмента для ведения комплексной инженерной деятельности.
P8	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом. Владеть иностранным языком (углублённый английский язык), позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности.
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций.
P10	Демонстрировать личную ответственность за результаты работы и готовность следовать профессиональной этике и нормам ведения комплексной инженерной деятельности.
P11	Демонстрировать знания правовых, социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, а также готовность к достижению должного уровня физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.

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

Институт Кибернетики  
 Направление подготовки (специальность) 09.03.02 Информационные системы и технологии  
 Кафедра Автоматики и Компьютерных Систем

УТВЕРЖДАЮ:  
 Зав. кафедрой  
 \_\_\_\_\_  
 (Подпись)      \_\_\_\_\_ (Дата)      М.С. Суходоев  
 (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ  
 на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы
---------------------

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

Студенту:

Группа	ФИО
8ИЗА	Реннит Андрей Андреевичу

Тема работы:

Нейросетевая модель прогнозирования времени прибытия маршрутного транспорта	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№2706/с от 19.04.2017 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><small>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</small></p>	
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><small>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</small></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Анализ предметной области;</li> <li>– Проектирование системы;</li> <li>– Разработка системы;</li> <li>– Разработка программной документации.</li> </ul>

<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Презентация в формате *.ppt
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Спицын В.В.
Социальная ответственность	Акулов П.А.
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	
Заключение	

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

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент каф. АиКС	Погребной В.Ю.			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ИЗА	Реннит Андрей Андреевич		

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

---

Институт кибернетики  
Направление подготовки – 09.03.02 Информационные системы и технологии  
Уровень образования – бакалавриат  
Кафедра автоматике и компьютерных систем  
Период выполнения – весенний семестр 2017 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа
---------------------

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	Основная часть	75
	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
	Социальная ответственность	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. АиКС	Погребной В.Ю.			

**СОГЛАСОВАНО:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. каф. АиКС	Суходоев М.С.	к.т.н.		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
8ИЗА	Реннит Андрей Андреевич

<b>Институт</b>	Институт кибернетики	<b>Кафедра</b>	Автоматики и компьютерных систем
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	Информационные системы и технологии

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Оценка потенциальных потребителей исследования, SWOT-анализ.
2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	Определение возможных альтернатив с помощью морфологического подхода.
3. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Планирование этапов работ, определение трудоемкости работы и построение календарного графика.

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	06.02.2017
---	------------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
доцент каф. Менеджмента	Спицын В.В.			

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
8ИЗА	Реннит Андрей Андреевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
8ИЗА	Реннит Андрей Андреевич

<b>Институт</b>	Кибернетики	<b>Кафедра</b>	Автоматики и Компьютерных Систем
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	Информационные системы и технологии

**Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:**

*1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения*

*1. Спроектировать нейронную сеть и реализовать спроектированную модель для использования в работе службы прогнозирования параметров движения транспорта города Томска.*

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

**1. Производственная безопасность**

1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности.  
1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности.

1.1 Рассмотрены вредные факторы:

- отклонение показателей микроклимата;
- недостаточная освещенность рабочей зоны.

1.2 Рассмотрены опасные факторы:

- электрический ток;
- пожаровзрывобезопасность.

**2. Экологическая безопасность:**

2.1 Анализ воздействия объекта на окружающую среду;  
2.2 Разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.

2.1 Рассмотрены негативно влияющие на экологию факторы при эксплуатации компьютера.

2.2 Решения по обеспечению экологической безопасности согласно нормативным документам.

**3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:**

3.1 Перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения;  
3.2 Разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.

3.1 Перечень возможных ЧС, которые могут возникнуть при работе в помещении офиса.

	3.2 Способы защиты от пожара и ликвидация последствий.
<b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> 4.1 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 4.2 Специфика влияния продукта на рабочий процесс.	4.1 Организационные мероприятия по обеспечению безопасности трудящихся за персональным компьютером. 4.2 Влияние разработанной системы на рабочий процесс

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	06.02.2017
--	------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ЭБЖ	Акулов Петр Анатольевич			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ИЗА	Реннит Андрей Андреевич		



## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 81 страницы, 11 рисунков, 18 таблиц, 19 источников, 5 приложений.

Ключевые слова: Томск; пассажирские перевозки; общественный транспорт; интеллектуальная транспортная система; информационная система; время прибытия; модель прогнозирования; алгоритм прогнозирования.

Объектом исследования является алгоритм прогнозирования параметров движения

Цель работы – спроектировать нейронную сеть и реализовать спроектированную модель.

В процессе исследования проводился анализ популярных алгоритмов прогнозирования, функций активации и методов обучения нейронной сети, а также описывается используемый язык программирования, шаблон проектирования и среда разработки.

В результате исследования была спроектирована и разработана система прогнозирования параметров движения.

Целевой аудиторией системы для прогнозирования параметров движения транспорта:

- Пассажиры
- Диспетчеры транспортной компании
- Контролирующие органы

В рамках развития проекта в будущем планируется увеличения количества маршрутов, улучшение графического интерфейса, а также повышение точности.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	13
1. Алгоритмы прогнозирования.....	14
1.1 Исторические алгоритмы, алгоритмы на основе данных .....	14
1.2 Временные ряды и модели фильтрации Калмана.....	17
2. Обоснование выбора .....	20
3. Теоретический обзор.....	21
3.1 Человеческая нервная система .....	22
3.2 Нейронная сеть.....	24
3.3 Нейрон.....	25
3.4 Функции активации .....	26
3.4.1 Единичный скачок или жесткая пороговая функция .....	26
3.4.2 Сигмоидальная функция или сигмоид.....	27
3.4.3 Линейный порог или гистерезис .....	28
3.4.4 Гауссова кривая.....	28
3.4.5 Линейная функция .....	29
4. Архитектура нейронной сети.....	30
4.1 Сеть прямой передачи .....	30
4.2 Сеть обратной связи.....	30
4.3 Биологические нейронные сети.....	31
4.4 Искусственные нейронные сети.....	31
4.5 Нейроны .....	32
4.6 Обучение с учителем .....	33
4.7 Метод обратного распространения ошибки.....	34
5. Инструментарий, языки и шаблоны разработки.....	35
5.1 Язык программирования .....	35
5.2 Среда разработки .....	36
6. Структура системы .....	37
6.1 Слои.....	37
6.2. Нейроны и дендриты .....	38
7. Программная реализация .....	39

8. Результат .....	40
9. Финансовый менеджмент.....	41
9.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....	41
9.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования .....	41
9.2 Анализ конкурентных технических решений.....	42
9.3 Технология QuaD .....	44
9.4 SWOT-анализ.....	45
9.5 Определение возможных альтернатив научных исследований .....	48
9.6 Планирование научно-исследовательских работ .....	49
9.6.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	49
9.6.2 Определение трудоемкости выполнения работ .....	49
9.6.3 Разработка графика проведения научного исследования.....	51
10 Социальная ответственность .....	52
10.1 Производственная безопасность .....	53
10.1.1 Вредные производственные факторы .....	54
10.1.1.1 Отклонение показателей микроклимата в помещении .....	54
10.1.1.2 Недостаточная освещенность рабочей зоны.....	56
10.1.2 Опасные производственные факторы.....	57
10.1.2.1 Опасность поражения электрическим током .....	57
10.1.2.2 Пожаровзрывобезопасность .....	59
10.2 Экологическая безопасность.....	60
10.2.1 Анализ воздействия продукта на окружающую среду .....	60
10.2.2 Решения по обеспечению экологической безопасности.....	61
10.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	62
10.3.1 Перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения .....	62
10.3.2 Разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. ....	63
10.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	65
10.4.1 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны ..	66
10.4.2 Специфика влияния продукта на рабочий процесс.....	68
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	<b>69</b>

<b>CONCLUSION</b> .....	70
Список использованных источников .....	71
ПРИЛОЖЕНИЕ А .....	74
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	76
ПРИЛОЖЕНИЕ В .....	78
ПРИЛОЖЕНИЕ Г .....	79
ПРИЛОЖЕНИЕ Д.....	81

## **Введение**

За последние несколько десятилетий рост заторов на дорогах создает угрозу качеству жизни людей во многих странах. Заторы в целом приводят к снижению доступности и мобильности, потери времени в пути и загрязнению воздуха. Многие решения были предложены, методы, которые включают спрос (ценообразование, управление движением и т.д.) и снабжение (построение большего количества дорог, добавление дорожек) или их интеграцией для смягчения перегруженности. Одной из возможной модели со стороны предложения является совершенствование и расширение услуг общественного транспорта. Услуги общественного транспорта могут быть расширены за счет предоставления пассажирам надежной информации о движении маршрутного транспорта с помощью системы расширенного общественного транспорта, которая является одним из компонентов системы транспортных средств. Информация о движении является наиболее предпочтительной информацией для пассажиров. Обеспечение своевременного и точного времени прибытия жизненно важно, поскольку оно привлекает больше людей к общественному транспорту и повышает удовлетворенность пользователей. [1]

Однако информацию о времени в режиме реального времени невозможно измерить напрямую. Поэтому, чтобы предоставить пассажирам эту информацию, требуются математические модели, которые могут прогнозировать время в пути с разумной точностью. На протяжении многих лет разрабатывались различные модели прогнозирования для прогнозирования состояния движения, такие как время в пути и транспортный поток. Наиболее широко используемые модели прогнозирования времени движения транспорта можно разделить на четыре категории, которые обсуждаются ниже.

## **1. Алгоритмы прогнозирования**

### **1.1 Исторические алгоритмы, алгоритмы на основе данных**

Основная предпосылка исторических и алгоритмах на основе данных заключается в том, что схемы движения цикличны. Другими словами, знание типичных условий движения в понедельник в 9:00 утра позволит прогнозировать условия по какому-либо понедельнику в 9:00 утра. Некоторые демонстрационные проекты (AUTOGUIDE, ATIS) в Лондоне просто используют базы данных, чтобы предсказать время исходя из времени суток. Такой алгоритм привлекателен тем, что не требует данных в реальном времени. Система контроля движения UTCS использует прогноз условий движения в попытке контролировать трафик на опережение. В общем, UTCS опирается на исторические данные при прогнозировании параметров движения. Недостаток этого метода заключается в том, что UTCS сложно применять в новых условиях, так как данный алгоритм требует большого набора исторических данных. Улучшенный UTCS (UTCS-2) использует "текущие параметры" движения для корректировки отклонений от средних исторических данных. С недавних пор, алгоритм UTCS не использует исторические данные, в место этого прогнозы данной системы основаны только на текущих параметрах движения. [9]

LISB, который является европейским информационным экспериментом, использует простую методику для прогнозирования будущего состояния трафика. LISB используются как исторические данные и данные в реальном времени. Соотношение проекции «исторического времени в пути по конкретной ссылке на текущее время перемещения по сообщению оборудованных транспортных средств» используются для прогнозирования времени поездки и связи для будущих интервалов. Основным недостатком этой методики является то, что она неявно предполагает, что данные проекции будут оставаться постоянными. [9]

Хоффман и Янко (1988) разработали метод оценки и прогнозирования связи времени и пробега, которая была использована в системе ALI\_SCOUT в Берлине, которая является централизованной системой RGS. В данной системе лучший маршрут идентифицируются центральным компьютером и затем отправляется на транспортные средства через придорожные маяки, расположенные на основных перекрестках. В своем подходе связи время и пути прогнозируется масштабирование исторического времени в пути на основе текущего времени. [9]

Метод прогнозирования времени предполагает, что отношение текущего времени в пути к среднему времени в пути от исторических данных остается неизменным в течение будущего периода времени. Это отношение называется коэффициентом отклонения ( $P_{ij,k}$ ), которое показано в уравнении (1.1):

$$P_{ij,k} = \frac{\bar{t}_{ij,k}}{t_{ij,k}} \quad (1.1)$$

Где,

$P_{ij,k}$  - Коэффициент отклонения по ссылке (i,j) в течение периода времени k

$\bar{t}_{ij,k}$  - Исторический профиль (среднее время в пути) (i, j) для временного периода k

$t_{ij,k}$  - Текущее время в пути (i, j) для временного периода k

Если текущее время в пути отсутствует, то  $P_{ij,k}$  равняется 1.

прогнозируемое время движения (i, j) в будущем интервале времени m,  $tt^*_{ij,m}$ .

Рассчитывается с помощью уравнения (1.2):

$$tt^*_{ij,m} = \frac{\bar{tt}_{ij,m}}{p_{ij,k}}, \quad (1.2)$$

Где,

$tt^*_{ij,m}$  - Прогнозируемое время движения по ссылке (i, j) в течение времени периода m

$\bar{tt}_{ij,m}$  - Исторический профиль (среднее время в пути) по ссылке (i, j) для временного периода m

Koutsopoulos и Xu (1991) представлен подход, основанный на теории дисконтирования информации, в качестве попытки улучшить подход Хоффмана. В проекте ADVANCE, использовалось два типа временных профилей поездки. Первый тип представляет собой исторический профиль и используется для расчета маршрута, когда предполагается, что дорожное движение будет функционировать в стабильных и исторических условиях. Второй тип представляет собой режим реального времени, при этом используется информационный центр движения, чтобы оценить время поездки, когда в режиме реального времени время путь значительно отклоняется от первоначального значения. Исходя из уравнения (5.2), прогноз возможен, и разницу между прогнозируемым временем и историческим временем отправляется на каждое оборудованное транспортное средство для дальнейшего расчета маршрута. [9]



## 1.2 Временные ряды и модели фильтрации Калмана

Основная идея методов анализа временных рядов является прогнозирование по условию  $X(t + d)$ , учитывая  $X(t)$ ,  $X(t-d)$ ,  $X(t-2d)$ , и так далее, пока  $d$  является интервалом времени прогноза. Было несколько методов, разработанных в области статистики для моделирования временных рядов. Транспортные исследователи применяли многие из этих методов анализа временных рядов для прогнозирования движения. [9]

Техника Бокса и Дженкинса широко используемый подход к созданию различных моделей временных рядов. Были показаны точные результаты прогнозирования в ряде областей применения. Наиболее развитые методы: Бокса и Дженкинса - модели авторегрессии скользящего среднего (АРСС) и модели пространства состояний или фильтры Калмана. Методы используют линейную модель ввода-вывода (АРСС) для прогнозирования времени прохождения автострады, используя время в пути от датчиков индуктивных петель. В 1993 году, Андерсон и др. исследовал эти методы (АРСС) для прогноза времени движения на основе приближающегося транспортного потока. Они использовали время последних 11 транспортных средств и данные о транспортном потоке соответствующие предыдущей минуте. Такахаши использовал модель фильтрации для прогнозирования времени прохождения на основе времени в пути и скорости по времени движения, полученной от датчиков автомобиля. Однако, эти исследования ограничены в том, что они имеют дело только с одноразовым периодом прогнозирования. [9]

## 1.3 Модели симуляции

Имитационные модели обеспечивают возможности прогнозирования, поскольку они демонстрируют, как система может реагировать на различные условия и стратегии управления. Учитывая важность интеллектуального потенциала в банкоматах, это природа рассмотреть применение моделирования в среде реального времени: "Эффективная модель на линии моделирование позволит центру управления проецировать оперативно будущий трафик с учетом любых ранее реализованные стратегий в операционной среде реального времени. К сожалению, в это время, в режиме реального времени применение моделирования движения не представляется возможным, поскольку существующие режимы или алгоритм конструкции не могут поддерживать применение в реальном времени. Существует потребность в новых подходах к моделированию транспортной системы. Недавние усилия исследования в области параллельных вычислений попытались разработать архитектуру для параллельного моделирования трафика. Тем не менее, усилия по-прежнему в стадии предварительной разработке, и идея развертывание широкомасштабного параллельного моделирования движения далека от реализации. [1]

#### **1.4 Искусственные нейронные сети**

Методы обучения, такие как искусственные нейронные сети (ИНС), могут иметь дело со сложными отношениями между предикторами, которые могут возникать в больших объемах данных, обрабатывать нелинейные отношения между предикторами и сложными и шумовыми данными процесса. Эти модели могут использоваться для прогнозирования времени проезда без явной адресации (физических) процессов трафика. Метод ИНС относится к этой категории. Недавно ИНС стали набирать популярность в прогнозировании времени прибытия автобуса из-за их способности решать сложные нелинейные отношения (Jeong and Rilett 2004, Ramakrishna et al., 2006; Chien et al., 2002; Chen

et al., 2004). ИНС, вдохновленные интеллектуальными способностями и возможностями человеческого мозга, сконструированы с несколькими слоями обработки, называемых искусственными нейронами. Нейроны содержат функции активации (линейные или нелинейные) и сильно связаны друг с другом синаптическими весами. Информация может обрабатываться в прямом или обратном направлении через полностью или частично подключенные топологии. Между тем, синаптические веса могут быть скорректированы так, чтобы автоматически отображать отношения ввода-вывода для анализируемой системы через процесс обучения (Hagan et al., 1996). Однако результаты, полученные с использованием этих моделей для одного местоположения, (как правило) не переносятся на другие, из-за специфических для местоположения обстоятельств (геометрия, управление трафиком и т. д.) [1].

ИНС, разработанные разными исследователями при прогнозировании времени прохождения, отличаются по своим комбинациям ввода-вывода. Кроме того, в качестве входных данных используются объясняющие переменные, такие как поток, скорость, погода, расстояние и т. д. Тем не менее, в области прогнозирования времени движения автобусов с использованием технологии ГЛОНАСС было сделано мало исследований. Таким образом, цель данного документа заключается в том, чтобы явно учитывать информацию о времени прибытия и отправления на остановках, собранных с помощью технологии ГЛОНАСС, для прогнозирования времени движения автобуса. Предложенная модель прогнозирования времени поездки на автобусе основана на исторических временных параметрах времени прибытия / отъезда и информации о времени прибытия. Следовательно, нелинейные корреляции между временами перемещения могут быть получены, чтобы предсказать время движения транспорта на остановку. Предложенная модель ИНС обучается в автономном режиме, но может использоваться для предоставления информации о времени в режиме реального времени. [1]

## 1. Обоснование выбора

Использование искусственных нейронных сетей (ИНС) для прогнозирования показателей работы транспорта обусловлено им присущими свойствами:

- способностью к обучению,
- надежностью при неполной входной информации,
- устойчивостью к помехам,
- быстрым откликом обученной сети на входные воздействия,
- возможностью моделирования на персональных компьютерах,
- отсутствием модели объекта.

При построении моделей прогнозирования необходимо стремиться к использованию сформулированных моделей как можно более в длительном интервале времени. В ходе развития процессов на транспорте появляются новые переменные величины, как во внутренней, так и внешней среде, которые влияют на процессы самым разнообразным образом. К их числу можно отнести конкурентов в данной отрасли, социальные, политические и экономические процессы, происходящие в стране и обществе. Переход к рыночным отношениям изменил схему взаимоотношений между контрагентами предоставив им свободу действий и одновременной с этим повысил неопределенность условий в которых работают предприятия транспорта. В силу указанных обстоятельств и того что переменные величины будут появляться вновь в разнообразных формах необходимо применять модели, позволяющие как можно лучше учитывать происходящие изменения. Для решения указанных вопросов предлагается использовать системы, которые мы сможем самостоятельно обучать в тех условиях, которые будут возникать в процессе оказания транспортных услуг и изменяться под воздействием параметров внешней и внутренней среды. Предполагая вариации исходных показателей, изменяются и выходные

характеристики. По сути, мы говорим о поиске таких моделей, которые бы наиболее полно были адаптированы к создавшимся условиям и неопределенностям. Развитие технологий сбора, хранения и обработки информации высокопроизводительной вычислительной техникой с современными базами данных позволяет хранить большой статистический материал и использовать его для обучения и тестирования ИНС, заблаговременно вне реального времени, и после этого применять обученные сети для решения требуемых задач в необходимых объемах. [7]

## **2. Теоретический обзор**

### 3.1 Человеческая нервная система

Человеческую нервную систему можно рассматривать как трехступенчатую систему. Центральным для системы является мозг, представленный нейронной сетью, которая постоянно получает информацию, воспринимает ее и принимает соответствующие решения. На рисунке 1 показаны два набора стрелок. Те, кто указывает слева направо, указывают на прямую передачу информационных сигналов через систему. Стрелки, указывающие справа налево, означают наличие обратной связи в системе. Рецепторы преобразуют раздражители из человеческого тела или внешней среды в электрические импульсы, которые передают информацию в нейронную сеть. Эффекты преобразуют электрические импульсы, генерируемые нейронной сетью, в отчетливые ответы как выходы системы. Борьба за понимание мозга стала легче благодаря новаторской работе (Рамона и Каяля (1911)), которая ввела идею нейронов как структурных составляющих мозга. Как правило, нейроны на 5-6 порядков медленнее, чем кремниевые логические ворота; События в кремниевом чипе происходят в наносекундном диапазоне, тогда как нейронные события происходят в миллисекундном диапазоне. Тем не менее, мозг компенсирует относительно медленную скорость работы нейрона, имея поистине ошеломляющее число нейронов (нервных клеток) с массивными взаимосвязями между ними. По оценкам, в коре человека насчитывается около 10 миллиардов нейронов и 60 триллионов синапсов или соединений (Shepherd and Koch, 1990). Конечным результатом является то, что мозг является чрезвычайно эффективной структурой. В частности, энергетическая эффективность мозга составляет приблизительно 10-16 джоулей (J) за операцию в секунду, тогда как соответствующее значение для лучших компьютеров на порядки больше. Синапсы или нервные окончания являются элементарными

структурными и функциональными единицами, которые опосредуют взаимодействие между нейронами. [3]



Рисунок 1 Блочная диаграмма для нервной системы

Наиболее распространенным видом синапса является химический синапс, который действует следующим образом: пресинаптический процесс освобождает вещество передатчика, которое диффундирует через синаптическое соединение между нейронами, а затем действует на постсинаптический процесс. Таким образом, синапс преобразует пресинаптический электрический сигнал в химический, а затем обратно в постсинаптический электрический сигнал. В электрической терминологии такой элемент называется невзаимным двухпортовым устройством. В традиционных описаниях нейронной организации предполагается, что синапс - это простая связь, которая может налагать возбуждение или торможение, но не на восприимчивый нейрон. [3]

### 3.2 Нейронная сеть

Нейронная сеть является взаимосвязанной сборкой простых элементов обработки, устройства или узлы, чьи функциональные возможности основаны на живом нейроне. Способность обработки сети хранится в соединения между блоками или весам, полученных путем адаптации или обучения набора шаблонов обучения. В некоторых случаях эти веса предписывают значения при создании и не нуждаются в изучении. Искусственные нейронные сети (ИНС) не так сложны, как мозг, но имеют явные сходства, такие как:

- Блоки ИНС представляют собой простые вычислительные устройства.
- Эти устройства тесно взаимосвязаны.
- Информация обрабатывается локально на каждом нейроне.
- Сила синапса изменяется при обучении.
- Топологические связи между нейронами, а также сильные связи определяют функцию ИНС.

Распределение памяти на:

- Долговременную память - находится в синаптических сильных нейронах.
- Кратковременную память - соответствует сигналу от нейрона.

7. ИНС по своей природе является параллельной

Преимущества вычислений ИНС являются:

1. Внутренне массовый параллелизм.
2. Внутренне отказоустойчивой - многие клетки мозга умирают каждый день, и все же его функция не сильно ухудшается.
3. Способны к обучению и обобщению.
4. Нет необходимости знать основные законы или регулирующие уравнения. [3]



Нейронные сети и компьютеры с обычным алгоритмом не конкурируют, а дополняют друг друга. Есть задачи, которые больше подходят для алгоритмического подхода, как арифметические операции и задачи, которые более подходят для нейронных сетей. Более того, большое количество задач, требуют системы, которые используют комбинацию двух подходов (как правило, обычный компьютер используется для контроля нейронной сети) для выполнения с максимальной эффективностью. [3]

### 3.3 Нейрон

Основной вычислительным элементом часто называют узел или блок (Рисунок 2). Он получает входные данные от некоторых других единиц, или, возможно, от внешнего источника. Каждый вход имеет соответствующий вес  $W$ , который может быть изменен таким образом, чтобы смоделировать синаптическое обучение. Блок вычисляет некоторую функцию  $f$  взвешенной суммы его входов:

$$y_i = f\left(\sum_j w_{ij} y_j\right), (3.1)$$

Его выход, в свою очередь, может служить в качестве входных данных к другим устройствам.

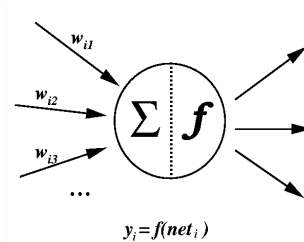


Рисунок 2 - Нейрон

Взвешенная сумма:

$$\sum_j w_{ij} y_j, (3.2)$$

называется чистый ввод в блок  $i$ .

Функция  $F$  является функцией активации аппарата. В простейшем случае,  $f$  является тождественной функцией, а выход блока является только его чистым входом. Это называется линейным блоком. [3]

### **3.4 Функции активации**

Передаточная функция активации:

Передаточная функция преобразует входные сигналы в выходные сигналы. В основном, используются четыре передаточных функции:

- Единичный скачок или жесткая пороговая функция,
- Сигмоидальная функция или сигмоид,
- Линейный порог или гистерезис,
- Гауссова кривая.

#### **3.4.1 Единичный скачок или жесткая пороговая функция**

Выход устанавливается на одном из двух уровней, в зависимости от того, будет ли общее входное больше или меньше некоторого порогового значения (Рисунок 3). [8]

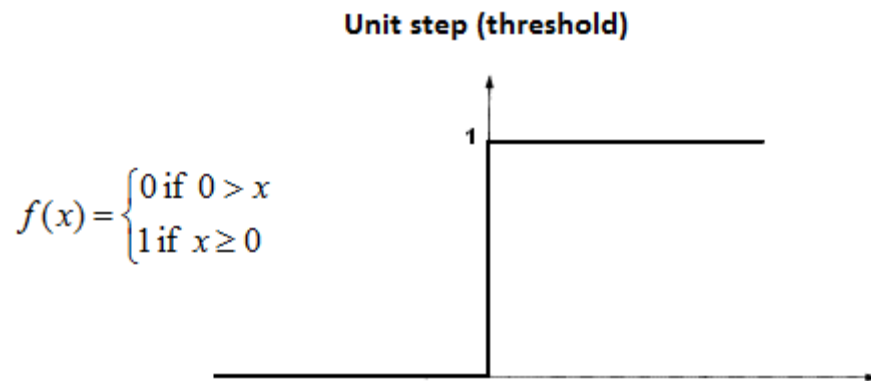


Рисунок 3 – Жесткая пороговая функция

### 3.4.2 Сигмоидальная функция или сигмоид

Функция сигмовидной состоит из 2-х функций, логистической и тангенциальной. Значения логистической функции диапазоне от 0 до 1 и от -1 до +1 для тангенциальной функции. (Рисунок 4) [8]

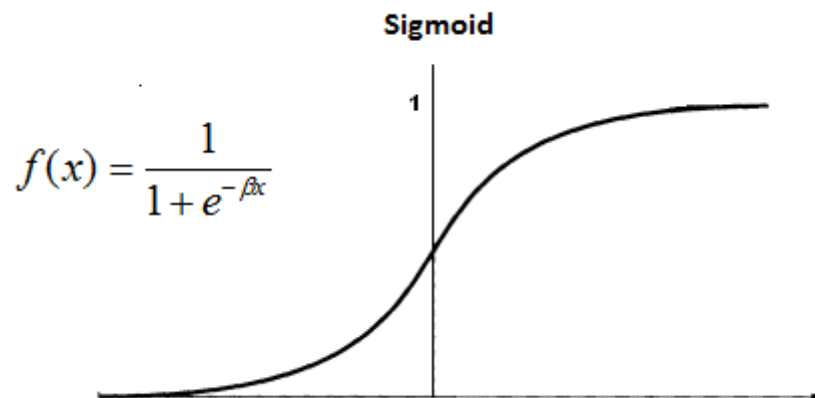


Рисунок 4 – Сигмоид

### 3.4.3 Линейный порог или гистерезис

Выход пропорционален общей взвешенной продукции. (Рисунок 5)

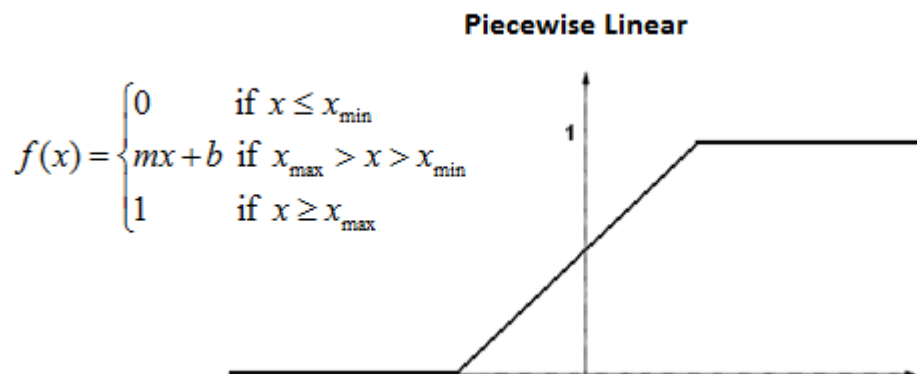


Рисунок 5 – Гистерезис

### 3.4.4 Гауссова кривая

Гауссовы функции - это колоколообразные кривые, непрерывные.

Вывод узла (высокий / низкий) интерпретируется в терминах членства в классе (1/0), в зависимости от того, насколько чистый сетевой ввод соответствует выбранному среднему значению. (Рисунок 6) [8]

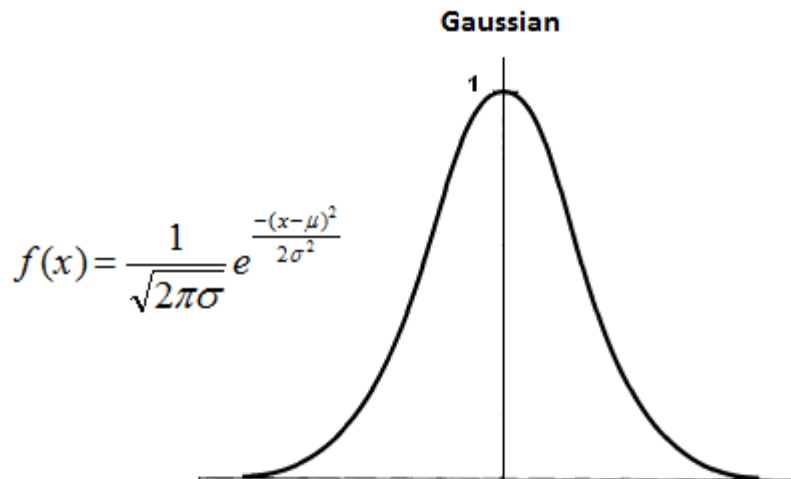


Рисунок 6 – Гауссова кривая

### 3.4.5 Линейная функция

Как и линейная регрессия, функция линейной активации преобразует взвешенные суммарные входы нейрона в выходной сигнал с использованием линейной функции. [8]

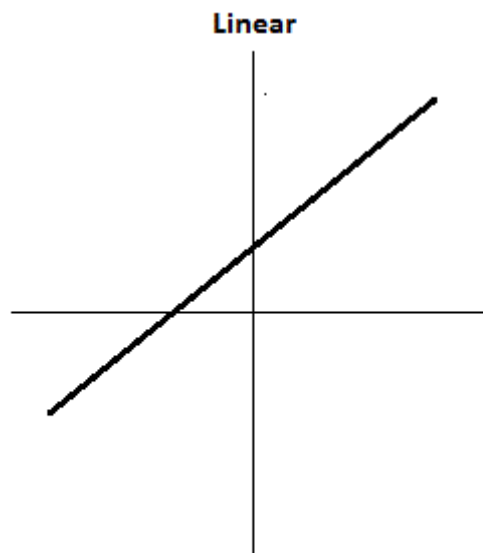


Рисунок 7 - Линейная функция

## **4. Архитектура нейронной сети**

Существуют различные типы нейронных сетей, но они обычно классифицируются в сети прямой и обратной связи. [8]

### **4.1 Сеть прямой передачи**

Сеть прямой передачи - это неперiodическая сеть, которая содержит входы, выходы и скрытые слои. Сигналы могут перемещаться только в одном направлении. Входные данные передаются на слой элементов обработки, где он выполняет вычисления. Каждый обрабатывающий элемент вычисляет его на основе взвешенной суммы своих входов. Новые расчетные значения затем становятся новыми входными значениями, которые подают следующий уровень. Этот процесс продолжается до тех пор, пока он не пройдет через все слои и не определит выход. Функция пороговой передачи иногда используется для количественной оценки выхода нейрона в выходном слое. Сети передачи данных включают сети персептрона (линейные и нелинейные) и радиальные базовые функции. Сети передачи данных часто используются для интеллектуального анализа данных. [7]

### **4.2 Сеть обратной связи**

Сеть обратной связи имеет обратные пути, что означает, что они могут передавать сигналы в обоих направлениях с использованием петель. Разрешены все возможные связи между нейронами. Поскольку петли присутствуют в этом типе сети, он становится нелинейной динамической системой, которая непрерывно изменяется, пока не достигнет состояния равновесия. Сети обратной связи часто используются в ассоциативных воспоминаниях и проблемах оптимизации, когда сеть ищет наилучшее расположение взаимосвязанных факторов. [7]

Термин «нейронные сети», как правило, используются в качестве ссылки на сеть или цепь, состоящую из нейронов. Можно выделить два типа нейронных сетей:

- биологические
- искусственные
- 

#### **4.3 Биологические нейронные сети.**

Сети, образованные с помощью биологических нейронов, и они являются типичными для живых существ. Нейроны / клетки соединены друг с другом в периферическую нервную систему или в центральном. В нейробиологии, группы нейронов определяются по физиологической функции, которую они выполняют. [3]

#### **4.4 Искусственные нейронные сети**

Искусственные сети представляют собой математические модели, которые могут быть реализованы через электронный носитель. Проще говоря, мы будем иметь набор искусственных нейронов метких для решения конкретной задачи в области искусственного интеллекта. Как натуральному, искусственная сеть может «узнать», с течением времени, характер проблемы и все более и более эффективно решает ее. [3]

## 4.5 Нейроны

После этого простого помещения, должно быть очевидно, что в сети, будучи естественным или искусственным, нейрон имеет первостепенное значение, так как он принимает входные сигналы, и отвечает правильной обработки данных, которые получают результат. Искусственные модели пытаются захватить и воспроизвести основную работу нейрона, который базируется на 3-х основных частях:

- Сомы, или клеточное тело
- Аксон, выходной нейрон
- Дендриты, входной нейрон, который принимает данные от других аксонов через синапсы

Сомы выполняют взвешенную сумму входных сигналов, проверяя, если они превышают определенный предел. Если они делают, то нейрон активизируется (в результате потенциального действия), оставаясь в состоянии спокойствия иначе. Искусственная модель пытается имитировать эти подразделы, с целью создания массива взаимосвязанных сущностей, способных приспособливаться на основе полученных материалов, постоянно проверять полученные результаты с ожидаемой ситуацией.

Как правило, нейронная теория сети идентифицирует 3 основных способа, посредством которого сеть может узнать (где, с «узнать», мы намерены - теперь - процесс, посредством которого нейронная сеть изменяет себя, чтобы быть в состоянии произвести определенный результат с данным вход). Что касается базовой реализации визуальной, мы остановимся только на одном из них, но это полезно ввести все парадигмы, чтобы иметь лучший обзор. Для НН (нейронные сети), чтобы узнать, он должен быть «обучен». Обучение может быть с учителем, если у нас есть набор данных, состоящих из входных и выходных значений. Через них, сеть может научиться вывести соотношение,



которое связывает нейрон с другой. Другой метод является обучение без учителя, который основан на обучающих алгоритмах, которые модифицируют веса Сетей, полагающиеся только на входных данных, полученных в сетях, которые будут учиться в группу получили информацию с вероятностными методами. Последний методом является армированным обучением, который не зависит от представленных данных, но алгоритмы разведки, которые производят материалы, которые будут опробованы через агента, который проверит их влияние на сеть, пытаюсь определить эффективность НН на данный проблема. [1]

#### **4.6 Обучение с учителем**

Данные обучения состоят из набора примеров обучения. В контролируемом обучении каждый пример представляет собой пару, состоящую из входного объекта (обычно вектора) и желаемого выходного значения (также называемого контрольным сигналом). Контролируемый алгоритм обучения анализирует данные обучения и выдает предполагаемую функцию, которая может использоваться для сопоставления новых примеров. Оптимальный сценарий позволит алгоритму правильно определять метки классов для невидимых экземпляров. Это требует, чтобы алгоритм обучения обобщал данные обучения на невидимые ситуации «разумным образом». [7]

## 4.7 Метод обратного распространения ошибки

Обратное распространение ошибки представляет собой метод, в котором сначала происходит инициализация сети (как правило, со случайными значениями относительно веса на отдельных нейронах), протекающей в пересылке входных данных, соответствующих результатам с выходными данными. Затем вычисляется отклонение полученных значений от желаемого, получения коэффициента дельты, который должен быть обратно распространен нейронам, чтобы отрегулировать свое первоначальное состояние в соответствии с объектом ошибки мы вычисленным. Посредством испытаний и повторений, несколько наборов входных и выходных данных представлены в сеть, каждый раз проверяя

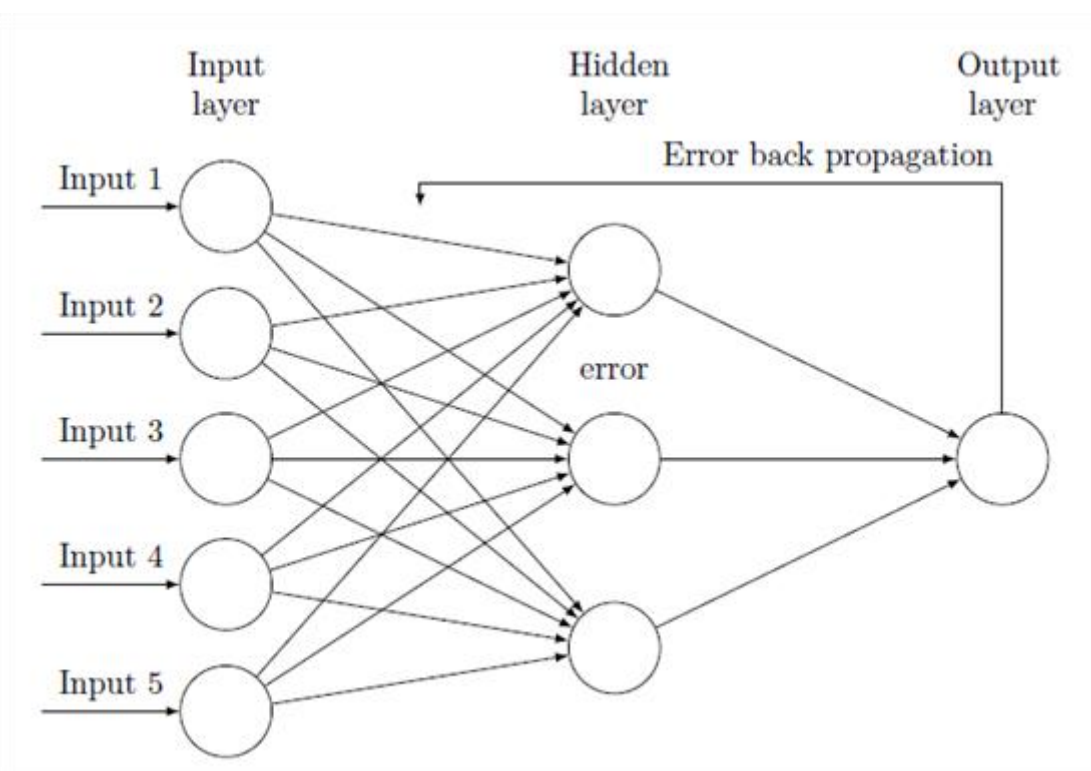


Рисунок 8 – Метод обратного распространения ошибки

совпадение между реальным и идеальным значением. В определенное время вид операции будет производить более точные выходные сигналы,

калибровки веса компонентов каждой сети, и в конечном счете, его переработка будет способности обрабатывать полученные данные (Рисунок 8). [7]

## **5 Инструментарий, языки и шаблоны разработки**

### **5.1 Язык программирования**

Для разработки системы был выбран один из самых мощных и быстро развивающихся объектно-ориентированных языков программирования – C#. [4] Он был разработан группой инженеров в корпорации Microsoft в конце 90-х годов. Главным разработчиком этого языка программирования был Андерс Хейльсберг – один из ведущих в мире специалистов по языкам программирования. [5] Синтаксис C# упрощает многие сложности языка C++ и предоставляет мощные функции, такие как лямбда-выражения, делегаты, перечисления и т.п., которых нет в языке Java. В дополнение к базовым объектно-ориентированным принципам C# упрощает разработку программных компонентов с помощью нескольких инновационных языковых конструкций, таких как:

- Инкапсулированные сигнатуры методов – делегаты, поддерживающие типобезопасные уведомления о событиях;
- Свойства, использующиеся как методы доступа для закрытых переменных;
- Атрибуты, которые представляют декларативные метаданные о типах во время выполнения;
- Встроенные комментарии XML-документации;
- LINQ, предоставляющий встроенные возможности запросов в различных источниках данных. [4]

Основным недостатком C# является не кроссплатформенность языка. Поскольку он разработан в компании Microsoft, то и работает только в операционных системах семейства Windows.

## 5.2 Среда разработки

Для создания системы использована интегрированная среда разработки Microsoft Visual Studio 2015. MVS предоставляет усовершенствованный редактор кода, удобные инструменты для создания графического пользовательского интерфейса, интегрированный отладчик и множество других инструментов для упрощения разработки приложений на основе .NET Framework.

Приложение выполняется в среде .NET Framework – интегрированном компоненте Windows, содержащем виртуальную систему выполнения (среда CLR) и унифицированный набор библиотек классов. .NET Framework для настольных систем предоставляет комплексную и согласованную модель программирования для создания ориентированных на данные приложения с простым и безопасным обменом данными. [4]

## **6. Структура системы**

Система прогнозирования разработана на С#. Для дальнейшего внедрения нейросетевой модели алгоритмы должны быть написаны на С#. По этой причине другие языки программирования не рассматривались.

### **6.1 Слои**

Слой представляет собой группу нейронов, которые разделяют более или менее общую функцию. Это будет входной слой, в котором находится группа нейронов, которые имеют общую функциональность, в данном случае ограничивается получением и передачей информации. Так же существует выходной слой, который будет группировать эти нейроны, которые получают результат предыдущей обработки. Среди этих слоев могут находиться много слоев, как правило, такие слой называют «скрытым», так как пользователь не будет иметь прямой доступ к ним. Число этих скрытых слоев и число нейронов каждого из них, в значительной степени зависит от природы и сложности проблемы, которую хотим решить. Подводя итог, каждая сеть будет состоять из слоев, каждый из которых будет содержать определенное заранее определенное число нейронов. На рисунке 1 показана схема сети, которая была использована для прогнозирования параметров движения. [3]

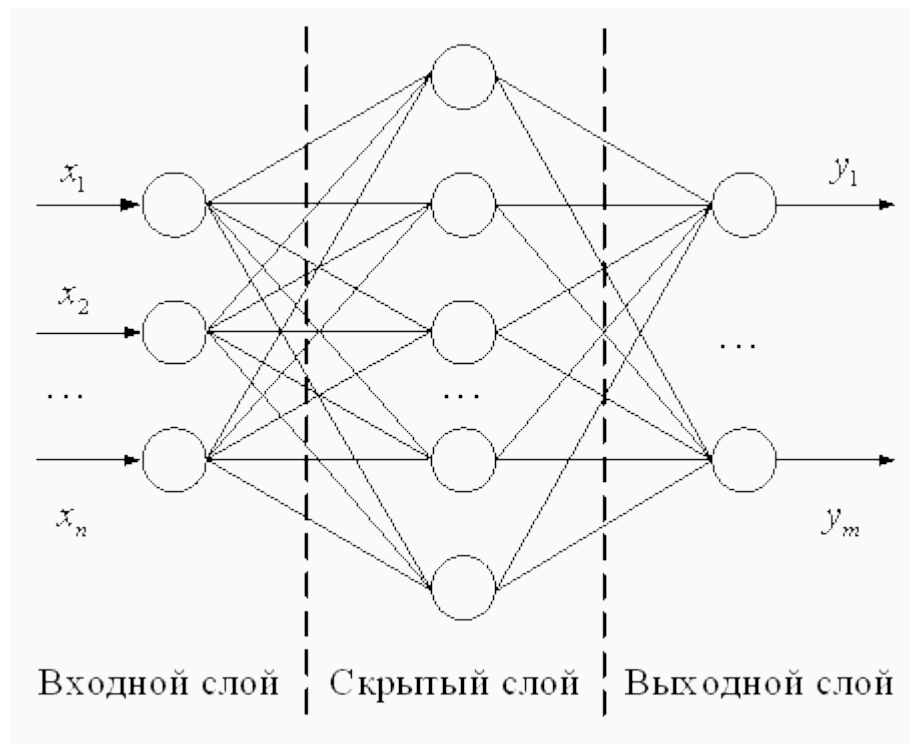


Рисунок 9 – Структура нейронной сети разработанной программы [2]

## 6.2. Нейроны и дендриты

Нейрон можно изобразить, как субъект, который представляет определенное значение, скорректированный на пробных итерациях, и связаны с другими нейронами через дендриты, обладающие первоначальным случайным весом. Процесс обучения будет состоять в передаче данных в нейроны входного слоя, которые передают их значение через дендриты на выходной слой. Данная операция будет повторяться пока выходной слой не будет достигнут. Далее, программа вычисляет дельту между текущим выходным значением и желаемым результатом. В данном случае сравнение времени прибытия транспорта на остановку. На основе текущей ошибки (дельты) данные, проходят через сеть и корректируют дендриты весов, значение нейронов и каждое значение отклонения, чтобы исправить сеть и приблизить начальное значение к желаемому. Затем операция обучения повторяется. [1]

## 7. Программная реализация

Программа получает данные о времени отбытия и прибытия троллейбуса на остановку. На вход в нейронную сеть подаются данные о времени отбытия троллейбуса, а на выход данные о времени отбытия и прибытия. Программа при получении входных данных выводит выходные значения времени прибытия на основе текущих параметров и функции активации. Алгоритм запуска нейронной сети изображен на рисунке 2. При обучении сеть сравнивает прогнозируемое значение прибытия с реальным значением. На основе этой разницы (ошибки) нейронная сеть обучается, пытаясь максимально точно приблизиться к истинному значению времени прибытия троллейбуса. На рисунке 3 представлен алгоритм обучения методом обратного распространения ошибки.

```
ссылка: 2
public double[] Run(double input)
{
    for (int l = 0; l < Layers.Count; l++)
    {
        Layer layer = Layers[l];

        for (int n = 0; n < layer.Neurons.Count; n++)
        {
            Neuron neuron = layer.Neurons[n];

            if (l == 0)
                neuron.Value = input;
            else
            {
                neuron.Value = 0;
                for (int np = 0; np < this.Layers[l - 1].Neurons.Count; np++)
                    neuron.Value = neuron.Value + this.Layers[l - 1].Neurons[np].Value * neuron.Dendrites[np].Weight;

                neuron.Value = Sigmoid(neuron.Value + neuron.Bias);
            }
        }
    }

    Layer last = this.Layers[this.Layers.Count - 1];
    int numOutput = last.Neurons.Count;
    double[] output = new double[numOutput];
    for (int i = 0; i < last.Neurons.Count; i++)
        output[i] = last.Neurons[i].Value;

    return output;
}
```

Рисунок 10 – Запуск нейронной сети

```

public bool Train(double input, double output)
{
    Run(input);

    for(int i = 0; i < this.Layers[this.Layers.Count - 1].Neurons.Count; i++)
    {
        Neuron neuron = this.Layers[this.Layers.Count - 1].Neurons[i];
        neuron.Delta = neuron.Value * (1 - neuron.Value) * (output - neuron.Value);

        for(int j = this.Layers.Count - 2; j > 2; j--)
        {
            for(int k = 0; k < this.Layers[j].Neurons.Count; k++)
            {
                Neuron n = this.Layers[j].Neurons[k];
                n.Delta = n.Value *
                    (1 - n.Value) *
                    this.Layers[j + 1].Neurons[i].Dendrites[k].Weight *
                    this.Layers[j + 1].Neurons[i].Delta;
            }
        }

        for(int i = this.Layers.Count - 1; i > 1; i--)
        {
            for(int j=0; j < this.Layers[i].Neurons.Count; j++)
            {
                Neuron n = this.Layers[i].Neurons[j];
                n.Bias = n.Bias + (this.LearningRate * n.Delta);

                for (int k = 0; k < n.Dendrites.Count; k++)
                    n.Dendrites[k].Weight = n.Dendrites[k].Weight + (this.LearningRate * this.Layers[i - 1].Neurons[k].Value * n.Delta);
            }
        }
    }
    return true;
}

```

Рисунок 11 – Реализация функции обучения нейронной сети

## 8. Результат

Для входного слоя нейронной сети использовались данные о времени отбытия и прибытия троллейбусов, собранные в г. Томске за 2015 и 2016 год. Входной массив данных содержит 15 тысяч значений. Данные были нормализованные с помощью алгоритма линейной нормализации и поданы во входной слой сети. Нейронная сеть использует сигмоидальную функцию (1)

$$\frac{1}{1+e^{-x}}, (1)$$

в качестве функции активации. В процессе обучения на основе алгоритма обратного распространения ошибки была вычислена точность алгоритма, которая составляет 80%. Данная точность является хорошим результатом обучения.



## **9. Финансовый менеджмент**

### **9.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности**

#### **проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

##### **9.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

Целевой аудиторией системы для прогнозирования параметров движения транспорта:

- Пассажиры
- Диспетчеры транспортной компании
- Контролирующие органы

Целевым рынком разработки является рынок систем для прогнозирования параметров движения транспорта. Один из критериев сегментации – вид потребителей, основанный на целевой аудитории. Второй критерий – версия программного продукта. Он основан на поведенческом принципе сегментирования, который предполагает разделение потребителей на группы в зависимости от характера использования программного продукта. Стандартная версия программного продукта предполагает только получение спрогнозированных данных. В расширенной версии программного продукта пользователю доступна вся исходная информация и точность прогнозирования.

Преимущества данного программного продукта заключается в простом и удобном интерфейсе для пользователя, высокая производительность и точность прогнозирования.

Недостатками являются узкая направленности и ограниченный функционал.

В таблице 1 представлена карта сегментирования рынка на основе наиболее значимых критериев.

Таблица 1 – Карта сегментирования рынка систем прогнозирования параметров движения транспорта:

	Виды потребителей		
	Пассажиры	Диспетчеры транспортной компании	Контролирующие органы
Стандартная версия			
Расширенная версия			

В результате анализа и сегментирования рынка систем для анализа и управления сетевым трафиком получается, что основным сегмента рынка, на который необходимо ориентироваться, является область разработки именно расширенной версии продукта.

## 9.2 Анализ конкурентных технических решений

В данный момент на рынке существуют следующие аналоги разрабатываемой системы:

- Программный продукт «Дорожный менеджер» (K1);
- Программный продукт «PTV VISION» (K2);
- Программное продукт «Traffic Suite» (K3)
- Специализированный пакет «TransCad» (K4).

Данные программные продукты, в основном, выполняют функцию моделирования транспортного потока на основе параметров движения. Они имеют широкий функционал, следовательно, не очень дружелюбный интерфейс для пользователя, а также, в основном, высокую цену.

- 
-

В приложении А представлены и систематизированы Достоинства и недостатки моделей и методов прогнозирования.

Оценочная карта для сравнения конкурентных программных решений представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных программных решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы					Конкурентоспособность				
		Бф	Бк1	Бк2	Бк3	БК4	Кф	Кк1	Кк2	Кк3	Кк4
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>											
Функциональная мощность	0,2	5	3	4	4	5	1	0,6	0,8	0,8	1
Устойчивость (способность обеспечивать продолжение работы после возникновения отклонений)	0,2	4	5	5	5	2	0,8	1	1	1	0,4
Уровень защиты доступа	0,1	5	5	5	5	3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3
Простота интерфейса	0,15	5	3	2	3	4	0,75	0,45	0,3	0,45	0,6
<b>Экономические критерии оценки ресурсоэффективности</b>											
Конкурентоспособность продукта	0,1	2	3	4	4	5	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5
Область применения	0,15	3	2	2	3	4	0,45	0,3	0,3	0,45	0,6
Уровень проникновения на рынок	0,05	0	3	3	4	5	0	0,15	0,15	0,2	0,25
Поддержка продукта	0,05	2	2	3	5	5	0,1	0,1	0,15	0,25	0,25

<b>Итого</b>	<b>1</b>		3,8	3,4	3,6	4,05	3,9
--------------	----------	--	-----	-----	-----	------	-----

Экспертная оценка основных технических и экономических характеристик конкурентных программных решений показывает, что разрабатываемая прогнозирование параметров движения транспорта является конкурентоспособной по сравнению с представленными аналогами.

Основными недостатками конкурентных программных продуктов являются достаточно сложный пользовательский интерфейс и узкий спектр функциональных возможностей.

Разрабатываемая система прогнозирования параметров движения транспорта: предоставляет широкий спектр функциональных возможностей и имеет простой и удобный пользовательский интерфейс.

### 9.3 Технология QuaD

Для оценки качества разработки и ее перспективности на рынке была построена оценочная карта конкурентных программных решений по технологии QuaD с учетом технических и экономических особенностей этой разработки. Данная оценочная карта представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Оценочная карта для сравнения конкурентных программных решений по технологии QuaD

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
<b>Показатели оценки качества разработки</b>					
Функциональная мощность	0,2	95	100	0,95	19
Устойчивость	0,1	80	100	0,8	8
Качество интерфейса	0,1	100	100	1	10
Удобство эксплуатации	0,15	90	100	0,9	13,5
<b>Показатели оценки коммерческого потенциала разработки</b>					
Конкурентоспособность продукта	0,1	70	100	0,7	7

Уровень проникновения на рынок	0,1	45	100	0,45	4,5
Финансовая эффективность научной разработки	0,05	85	100	0,85	4,25
Перспективность рынка	0,15	90	100	0,9	13,5
<b>Критерии оценки</b>	<b>Вес критерия</b>	<b>Баллы</b>	<b>Максимальный балл</b>	<b>Относительное значение (3/4)</b>	<b>Средневзвешенное значение (5x2)</b>
Поддержка продукта	0,05	70	100	0,7	3,5
<b>Итого</b>	<b>1</b>				<b>83,25</b>

В результате оценки качества и перспективности по технологии QuaD можно сделать вывод, что разработка системы прогнозирования параметров движения транспорта, так как значение итогового показателя оценки перспективности равно 83,25.

#### 9.4 SWOT-анализ

Для комплексного анализа научно-исследовательского проекта на основе анализа конкурентных решений была составлена матрица SWOT-анализа, содержащая сильные и слабые стороны проекта, а также возможности и угрозы для разработки проекта. Данная матрица представлена в приложении Б.

Для того, чтобы разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT, были построены интерактивные матрицы проекта, показывающие соответствия параметров SWOT-анализа.

Интерактивная матрица проекта полей «Сильные стороны и возможности» представлена в таблице 4.

Таблица 4 – Интерактивная матрица сильных сторон и возможностей проекта

Сильные стороны проекта							
Возможности проекта		С1	С2	С3	С4	С5	
	1	В	+	+	+	+	-
	2	В	+	+	0	-	-
	3	В	+	0	-	+	-
	4	В	+	+	+	-	+
	5	В	+	+	+	+	-

Интерактивная матрица проекта полей «Слабые стороны и возможности» представлена в таблице 5.

Таблица 5 – Интерактивная матрица слабых сторон и возможностей проекта

Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	В1	+	-	+	-	0
	В2	-	0	-	+	-
	В3	+	-	+	-	+
	В4	-	+	-	+	-
	В5	-	+	0	+	+

Интерактивная матрица проекта полей «Сильные стороны и угрозы» представлена в таблице 6.

Таблица 6 – Интерактивная матрица сильных сторон и угроз проекта

Сильные стороны проекта							
Угрозы проекта		С1	С2	С3	С4	С5	
		1	2	3	4	5	
	1	У	+	0	0	0	-
	2	У	-	+	+	+	+
	3	У	-	+	+	+	+
	4	У	-	+	+	+	0
	5	У	-	+	+	+	-

Интерактивная матрица проекта полей «Слабые стороны и угрозы» представлена в таблице 7.

Таблица 7 – Интерактивная матрица слабых сторон и угроз проекта

Слабые стороны проекта						
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	У1	0	-	0	-	0
	У2	-	0	-	-	0
	У3	+	+	-	-	+
	У4	+	+	-	+	-
	У5	+	+	+	+	-

Результаты анализа интерактивных матриц проекта представлены в матрице SWOT-анализа в приложении Б.

## 9.5 Определение возможных альтернатив научных исследований

Для определения возможных альтернативных путей проведения научных исследований использовался морфологический подход.

Морфологическими характеристиками являются:

- интегрированная среда разработки;
- язык программирования;
- формат хранения данных;
- графический интерфейс пользователя;
- способ блокирования веб-сайтов.

В таблице 8 представлена морфологическая матрица проекта.

Таблица 8 – Морфологическая матрица проекта

	Исполнение 1	Исполнение 2
А. Интегрированная среда разработки	Microsoft Visual Studio 2013	Microsoft Visual Studio 2015
Б. Язык программирования	C#	C++
В. Формат хранения данных	JSON	XML
Г. Графический интерфейс пользователя	WPF	WinForms
Д. Способ прогнозирования	Использование Фильтра Калмана	Прогнозирование с помощью нейронных сетей.

Из данной морфологической матрицы проекта было выделено три варианта решения технической задачи:

И1. А2Б1В1Г1Д3;



И2. А1Б2В3Г2Д2;

И3. А3Б3В2Г3Д1.

Эти варианты исполнения будут использованы в дальнейших расчетах.

## **9.6 Планирование научно-исследовательских работ**

### **9.6.1 Структура работ в рамках научного исследования**

Для планирования комплекса предполагаемых работ был составлен перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, определены исполнители проекта и распределено время и этапы работ между исполнителями проекта. Исполнителями проекта являются студент и научный руководитель. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей по данным видам работ в рамках проводимого научно-исследовательского проекта представлен в приложении В.

### **9.6.2 Определение трудоемкости выполнения работ**

Определение трудоемкости работ каждого из участников проекта является важным этапом планирования научно-исследовательских работ, так как трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер и рассчитывается с помощью длительности работ в рабочих и календарных днях каждого этапа работ.

По формуле 1, рассчитывается ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения каждой работы  $t_{ожі}$  в человеко-днях.

$$T_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}, \quad (1)$$

где  $t_{ожі}$  – ожидаемая трудоёмкость выполнения  $i$ -ой работы, человеко-дни;

$t_{\min i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), человеко-дни;

$t_{\max i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), человеко-дни.

По формуле 2, рассчитывается продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_{pi}$ , с учетом численности исполнителей на каждом этапе выполнения работ.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (2)$$

где  $T_{pi}$  – продолжительность  $i$ -ой работы, рабочие дни;

$t_{ожi}$  – ожидаемая трудоёмкость выполнения  $i$ -ой работы, человеко-дни;

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

Для удобства построения графика проведения научного исследования необходимо перевести длительность каждого из этапов работ из рабочих в календарные дни с помощью формулы 3.

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (3)$$

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

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

$k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности.

Для расчёта длительности каждого из этапов работ в календарных днях необходимо рассчитать коэффициент календарности  $k_{\text{кал}}$  используя формулу 4.

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (4)$$

где  $k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности;

$T_{\text{кал}}$  – количество календарных дней в году;

$T_{\text{кал}}$  – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$  – количество праздничных дней в году.

В 2017 году количество календарных дней составляет 365 дней, а сумма выходных и праздничных дней равна 118 дням. Из этого следует, что коэффициент календарности для 2017 года равен  $k_{\text{кал}} = 1,478$ .

Для построения календарного плана-графика необходимо рассчитать временные показатели проведения научного исследования. Все расчеты представлены в приложении Г.

### **9.6.3 Разработка графика проведения научного исследования**

Для наглядного представления распределения работ участников проекта и затраченного времени была построена диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Построенная диаграмма Ганта представлена в приложении Д.

## **10 Социальная ответственность**

Целью выпускной квалификационной работы является проектирование и реализация нейронной сети для использования в работе службы прогнозирования параметров движения транспорта города Томска. Для разработки системы проводились различные теоретические исследования, анализ и структуризация полученных данных, а также проектирование и программирование системы с использованием вычислительной техники.

Так как выполнение работы заключалось в разработке системы для анализа и прогнозирования параметров движения, то в качестве рабочего места будет рассмотрено рабочее место оператора персональной электронной вычислительной машины (ПЭВМ).

Использование средств вычислительной техники, накладывает целый ряд вредных факторов на человека, что впоследствии снижает производительность его труда и может привести к существенным проблемам со здоровьем сотрудника.

Обеспечение производственной и экологической безопасности является необходимым условием реализации любых проектов, в том числе конструкторских и исследовательских. В общем, обеспечение безопасности предполагает создание безопасных и благоприятных рабочих условий для лиц, задействованных в работе над проектом, а также условий, обеспечивающих экологическую безопасность окружающей среды.

Первичным этапом в задаче обеспечения безопасности труда является выявление и анализ вредных и опасных факторов труда оператора ПЭВМ, возможных причин потенциальных аварий и пожаров, производственных травм, профессиональных заболеваний. Следующими этапами в задачи обеспечения безопасности труда являются разработка мероприятий по защите вредных и опасных факторов, оценка условий труда и микроклимата рабочей среды.

Поэтому данный раздел посвящен анализу вредных и опасных факторов производственной среды для операторов ПЭВМ, разработке программ по минимизации воздействия вредоносного и опасного влияния выявленных

факторов, а также программ по снижению вредных воздействий на окружающую среду, экономии невозполнимых ресурсов и защите в чрезвычайных ситуациях.

### **10.1 Производственная безопасность**

Для обеспечения производственной безопасности необходимо проанализировать воздействия на человека вредных и опасных производственных факторов, которые могут возникать при разработке или эксплуатации проекта.

Производственные условия на рабочем месте характеризуются наличием различных опасных и вредных производственных факторов, оказывающих негативное влияние на работников.

Производственный фактор считается вредным, если воздействие этого фактора на работника может привести к его заболеванию. Производственный фактор считается опасным, если его воздействие на работника может привести к его травме [1].

Вредные факторы характеризуются потенциальной опасностью для здоровья, в частности способствуют развитию каких-либо заболеваний, приводят к повышенной утомляемости и снижению работоспособности. При этом, вредные факторы проявляются при определенных условиях таких как интенсивность и длительность воздействия. Опасные производственные факторы способны моментально оказать влияние на здоровье работника: привести к травмам, ожогам или к резкому ухудшению здоровья работников в результате отравления или облучения.

В таблице 1 представлены возможные вредные и опасные факторы, возникающие при работе за ПЭВМ.

Таблица 9 – Вредные и опасные факторы, возникающие при работе за ПЭВМ

Наименование видов работ	Факторы	Нормативные документы
<b>Вредные факторы</b>		
Работа за ПЭВМ	Отклонение показателей микроклимата (температуры и влажности воздуха)	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [2] СанПиН 2.2.4.548-96 [3]
	Недостаточная освещенность рабочей зоны	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03
<b>Опасные факторы</b>		
Работа за ПЭВМ	Опасность поражения электрическим током	ГОСТ 12.1.038–82 [4]
	Пожаровзрывоопасность	ФЗ от 22.07.2008 №123-ФЗ [5]

### **10.1.1 Вредные производственные факторы**

#### **10.1.1.1 Отклонение показателей микроклимата в помещении**

Одним из необходимых благоприятных условий труда является обеспечение в помещениях нормальных условий микроклимата, оказывающих существенное влияние на тепловое самочувствие человека. Микроклимат в производственных помещениях, зависит от особенностей технологического процесса, а также внешних условий (категории работ, периода года, условий вентиляции и отопления).

К параметрам, характеризующим микроклимат в производственных помещениях, относятся:

- Температура воздуха (t, °С);
- Температура поверхностей (t, °С);

- Относительная влажность воздуха ( $\phi$ , %);
- Скорость движения воздуха ( $v$ , м/с);
- Интенсивность теплового облучения ( $I$ , Вт/м<sup>2</sup>).

В производственных помещениях для работы с ПЭВМ происходит постоянное выделение тепла самой вычислительной техникой, вспомогательными приборами и средствами освещения. Поскольку оператор расположен в непосредственной близости с источниками выделения тепла, то данный фактор является одним из важнейших вредных факторов производственной среды оператора ПЭВМ, а высокая температура воздуха способствует быстрому перегреву организма и быстрой утомляемости [6].

Влажность оказывает большое влияние на терморегуляцию организма. Так, например, высокие показатели относительной влажности (более 85 %) затрудняют терморегуляцию снижая возможность испарения пота, низкие показатели влажности (менее 20 %) вызывают пересыхание слизистых оболочек человека [7].

Работа программиста относится к категории Ia, которые производятся сидя и сопровождаются незначительным физическим напряжением. Интенсивность энерготрат организма для данной категории работ составляет до 120 ккал/ч (до 139 Вт).

Оптимальные значения показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений согласно СанПиН 2.2.4.548-96 для категории работ Ia представлены в таблице 2. [3]

Таблица 10 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia	22 – 24	60 – 40	0,1
Теплый	Ia	21 – 23	60 – 40	0,1

Оптимальные микроклиматические условия обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта при минимальном напряжении механизмов терморегуляции, не вызывают отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для высокого уровня работоспособности и являются предпочтительными на рабочих местах.

В таблице 3 приведены допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений согласно СанПиН 2.2.4.548-96 для категории работ Ia. [3]

Таблица 11 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia	20 – 25	15 – 75	0,1
Теплый	Ia	21 – 28	15 – 75	0,1 – 0,2

Допустимые микроклиматические условия не вызывают повреждений или нарушений состояния здоровья, но могут приводить к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности.

Согласно требованиям СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03, в кабинете поддерживается температура равная 19–20 С°, при относительной влажности в 55–58%. Для этого в помещении проводится ежедневная влажная уборка и систематическое проветривание после каждого часа работы на ПЭВМ [2].

#### **10.1.1.2 Недостаточная освещенность рабочей зоны**

Недостаточная освещенность рабочей зоны является вредным производственным фактором, возникающим при работе с ПЭВМ, уровни которого регламентируются СП 52.13330.2011.

Работа с компьютером подразумевает постоянный зрительный контакт с дисплеем ПЭВМ и занимает от 80 % рабочего времени.



Недостаточный уровень освещенности в помещении приводит к снижению остроты зрения, головным болям, снижению концентрации внимания и, как следствие, к ухудшению производительности труда.

Причиной недостаточной освещенности являются недостаточность естественного освещения, недостаточность искусственного освещения, пониженная контрастность.

Рабочее помещение должно иметь как естественное, так и искусственное освещение. Коэффициент естественного освещения должен быть не менее 1,2%. Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 освещенность на поверхности рабочего стола в зоне размещения документа должна быть 300 – 500 лк, что может достигаться установкой местного освещения, не создающего бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна превышать 300 лк. Яркость светящихся поверхностей (окон, светильников), находящихся в поле зрения должна быть не более 200 кд/м<sup>2</sup>. Для источников искусственного освещения следует применять люминесцентные лампы типа ЛБ и компактные люминесцентные лампы (КЛЛ). Коэффициент пульсации при работе с ПЭВМ не должен превышать 5%.

Следует ограничивать отраженную блескость на рабочих поверхностях (экран, стол, клавиатура) за счет правильного выбора и расположения светильников, яркость бликов на экране не должна превышать 40 кд/м<sup>2</sup>. Светильники местного освещения должны иметь непросвечивающий отражатель.

## **10.1.2 Опасные производственные факторы**

### **10.1.2.1 Опасность поражения электрическим током**

Поражение электрическим током является опасным производственным фактором и, поскольку оператор ПЭВМ имеет дело с электрооборудованием, то вопросам электробезопасности на его рабочем месте должно уделяться много внимания.

Опасность поражения человека электрическим током оценивается величиной тока  $I$  (А), проходящего через его тело, или напряжением прикосновения  $U$  (В). Степень опасного воздействия на человека электрического тока зависит от рода и величины напряжения тока, частоты электрического тока, пути тока через тело человека, продолжительности его воздействия на организм человека, а также условий внешней среды.

Электрический ток, протекая через тело человека, производит термическое, механическое и световое воздействие – электролитическое разложение жидкости (в том числе и крови), судорожное сокращение мышц, разрыв тканей и поражение глаз.

Работа с ПЭВМ является опасной с точки зрения поражения током, так как практически во всех частях компьютера течет электрический ток. Поражение электрическим током при работе в ПЭВМ возможно при наличии оголенных участков на кабеле, нарушении изоляции распределительных устройств и от токоведущих частей компьютера в случае их пробоя и нарушении изоляции, при работе с ПЭВМ во влажной одежде и влажными руками.

Помещение, где расположено рабочее место оператора ПЭВМ, относится к помещениям без повышенной опасности ввиду отсутствия следующих факторов: сырость, токопроводящая пыль, токопроводящие полы, высокая температура, возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам и металлическим корпусам электрооборудования.

К мероприятиям по предотвращению возможности поражения электрическим током относятся:

- При производстве монтажных работ необходимо использовать только исправный инструмент, аттестованный службой КИПиА;

- С целью защиты от поражения электрическим током, возникающим между корпусом приборов и инструментом при пробое сетевого напряжения на корпус, корпуса приборов и инструментов должны быть заземлены;
- При включенном сетевом напряжении работы на задней панели должны быть запрещены;
- Все работы по устранению неисправностей должен производить квалифицированный персонал;
- Необходимо постоянно следить за исправностью электропроводки [2].

Согласно ГОСТ 12.1.038-82 на рабочем месте программиста допускаются уровни напряжений прикосновения и токов, представленные в таблице 4. [4]

Таблица 2 – Предельно допустимые напряжения прикосновения и токи

Род тока	Напряжение прикосновения, В	Ток, мА
	не более	
Переменный, 50 Гц	2,0	0,3
Постоянный	8,0	1,0

Значения напряжения прикосновения и токов приведены при продолжительности воздействия не более 10 минут в сутки.

#### **10.1.2.2 Пожаровзрывобезопасность**

Возникновение пожара является опасным производственным фактором, т.к. пожар на предприятии наносит большой материальный ущерб, а также часто сопровождается травмами и несчастными случаями.

Пожарная безопасность представляет собой единый комплекс организационных, технических, режимных и эксплуатационных мероприятий по предупреждению пожаров и взрывов.

В помещениях с ПЭВМ повышен риск возникновения пожара из-за присутствия множества факторов: наличие большого количества электронных схем, устройств электропитания, устройств кондиционирования воздуха; возможные неисправности электрооборудования, освещения, или неправильная их эксплуатация может послужить причиной пожара.

Для устранения возможных причин возникновения пожаров необходимо проводить следующие мероприятия:

- Организационные мероприятия:
  - противопожарный инструктаж обслуживающего персонала;
  - обучение персонала техники безопасности;
  - разработка инструкций, плакатов, планов эвакуации.
- Эксплуатационные мероприятия:
  - соблюдение эксплуатационных норм оборудования;
  - выбор и использование современных автоматических средств тушения пожаров.
- Технические мероприятия:
  - профилактический осмотр и ремонт оборудования;
  - соблюдение противопожарных мероприятий при устройстве электропроводок, оборудования, систем отопления, вентиляции и освещения.

## **10.2 Экологическая безопасность**

### **10.2.1 Анализ воздействия продукта на окружающую среду**

Разработанный программный продукт, не наносит вреда окружающей среде ни на стадиях его разработки, ни на стадиях эксплуатации. Однако, средства, необходимые для его разработки и эксплуатации могут наносить вред окружающей среде.

Объект, на котором производилась разработка продукта, а также объекты, на которых будет производиться его использование операторами ПЭВМ относятся к предприятиям пятого класса, размер санитарной зоны для которых равен 50 м.

Основными факторами, оказывающими негативные действия на экологию, являются факторы, связанные с производством и эксплуатацией компьютерной техники. В частности, отходы и выбросы, имеющие место на этапе производства компьютеров, а также отходы, связанные с неполной их утилизацией.

Эксплуатация компьютерной техники может сопровождаться следующими негативными факторами влияния на окружающую среду:

- локальное повышение электромагнитного и радиоактивного фона;
- неоправданное потребление электроэнергии (связано с использованием компьютера не на полную мощность в течение всего его время работы) и прочее.

### **10.2.2 Решения по обеспечению экологической безопасности**

При разработке любых автоматизированных систем возникает необходимость утилизировать производственные отходы, в качестве которых в данном случае выступают бумажные отходы (макулатура) и неисправные детали персональных компьютеров, плат, контроллеров.

Бумажные отходы должны передаваться в соответствующие организации для дальнейшей переработки во вторичные бумажные изделия. Неисправные комплектующие персональных компьютеров должны передаваться либо государственным организациям, осуществляющим вывоз и уничтожение бытовых и производственных отходов, либо организациям, занимающимся переработкой отходов. Важнейшим этапам обращения с отходами является их сбор, а в дальнейшем переработка, утилизация и захоронение [8].

## 10.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

### 10.3.1 Перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения

Возможными чрезвычайными ситуациями могут быть:

- техногенные: взрывы, пожары, обрушение помещений, аварии на системах жизнеобеспечения;
- природные: наводнения, ураганы, бури, природные пожары;
- экологические: разрушение озонового слоя, кислотные дожди;
- биологические: эпидемии, пандемии;
- антропогенные: война, терроризм.

Общие правила поведения при чрезвычайных ситуациях:

- 1) Не паниковать и не поддаваться панике. Призывать окружающих к спокойствию.
- 2) По возможности немедленно позвонить по телефону «01», сообщить что случилось, указать точный адрес места происшествия, назвать свою фамилию и номер своего телефона.
- 3) Включить устройства передачи звука (радио, телевизор), а также прослушать информацию, передаваемую через уличные громкоговорители и громкоговорящие устройства. В речевом сообщении будут озвучены основные рекомендации и правила поведения.
- 4) Выполнять рекомендации специалистов (сотрудников полиции, медицинских работников, пожарных, спасателей).
- 5) Не создавать условия, которые препятствуют и затрудняют действия сотрудников полиции, медицинских работников, спасателей, пожарных.

Наиболее характерной для объекта, где размещаются рабочие помещения, оборудованные ПЭВМ, чрезвычайной ситуацией является пожар.

Причинами возникновения данного вида ЧС могут являться:

- возникновением короткого замыкания в электропроводке;
- возгоранием устройств ПЭВМ из-за неисправности аппаратуры;
- возгоранием устройств искусственного освещения;
- возгоранием мебели по причине нарушения правил пожарной безопасности, а также неправильного использования дополнительных бытовых электроприборов и электроустановок.

Помещение для работы операторов ПЭВМ по системе классификации категорий помещений по взрывопожарной и пожарной опасности относится к категории Д (из 5-ти категорий А, Б, В1-В4, Г, Д), т.к. относится к помещениям с негорючими веществами и материалами в холодном состоянии [9].

### **10.3.2 Разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.**

Пожарная безопасность подразумевает надлежащее состояние объекта с исключением возможности возникновения очага возгорания (пожара) и его распространения в пространстве. Обеспечение пожарной безопасности — приоритетная задача для любого предприятия. Создание системы защиты регламентировано законом и нормативными документами различных ведомств.

Каждый сотрудник организации должен быть ознакомлен с инструкцией по пожарной безопасности, пройти инструктаж по технике безопасности и строго соблюдать его.

Запрещается использовать электроприборы в условиях, не соответствующих требованиям инструкций изготовителей, или имеющие неисправности, которые в соответствии с инструкцией по эксплуатации могут привести к пожару, а также эксплуатировать электропровода и кабели с поврежденной или потерявшей защитные свойства изоляцией.

Электроустановки и бытовые электроприборы в помещениях по окончании рабочего времени должны быть обесточены (вилки должны быть вынуты из розеток). Под напряжением должны оставаться дежурное освещение и пожарная сигнализация. Недопустимо хранение легковоспламеняющихся,

горючих и взрывчатых веществ, использование открытого огня в помещениях офиса.

Перед уходом из служебного помещения работник обязан провести его осмотр, закрыть окна, и убедиться в том, что в помещении отсутствуют источники возможного возгорания, все электроприборы отключены и выключено освещение. С периодичностью не реже одного раза в три года необходимо проводить замеры сопротивления изоляции токоведущих частей силового и осветительного оборудования.

Работник при обнаружении пожара или признаков горения (задымление, запах гари, повышение температуры и т.п.) должен:

- Немедленно прекратить работу и вызвать пожарную охрану по телефону «01», сообщив при этом адрес, место возникновения пожара и свою фамилию;
- Принять по возможности меры по эвакуации людей и материальных ценностей;
- Отключить от сети закрепленное за ним электрооборудование;
- Приступить к тушению пожара имеющимися средствами пожаротушения;
- Сообщить непосредственному или вышестоящему начальнику и оповестить окружающих сотрудников;
- При общем сигнале опасности покинуть здание согласно «Плану эвакуации людей при пожаре и других ЧС».

Для тушения пожара применять ручные углекислотные огнетушители (типа ОУ-2, ОУ-5), находящиеся в помещениях офиса, и пожарный кран внутреннего противопожарного водопровода. Они предназначены для тушения начальных возгораний различных веществ и материалов, за исключением веществ, горение которых происходит без доступа воздуха. Огнетушители должны постоянно содержаться в исправном состоянии и быть готовыми к



действию. Категорически запрещается тушить возгорания в помещениях офиса при помощи химических пенных огнетушителей (типа ОХП-10) [10].

#### **10.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

Регулирование отношений между работником и работодателем, касающихся оплаты труда, трудового распорядка, особенности регулирования труда женщин, детей, людей с ограниченными способностями и проч., осуществляется законодательством РФ, а именно трудовым кодексом РФ.

Режим труда и отдыха предусматривает соблюдение определенной длительности непрерывной работы на персональном компьютере (ПК) и перерывов, регламентированных с учетом продолжительности рабочей смены, видов и категории трудовой деятельности.

Вид трудовой деятельности на персональном компьютере в рамках данной работы соответствует группе В – творческая работа в режиме диалога с ПК, категория трудовой деятельности – I (до 2 часов непосредственной работы на ПК).

При 8-часовой рабочей смене и работе на ПК, соответствующей описанным выше критериям необходимо через 1,5- 2,0 часа от начала рабочей смены и через 1,5-2,0 часа после обеденного перерыва устраивать регламентированные перерывы продолжительностью 20 минут каждый или продолжительностью 15 минут через каждый час работы.

Продолжительность непрерывной работы на ПК без регламентированного перерыва не должна превышать 2 часа.

Эффективными являются нерегламентированные перерывы (микропаузы) длительностью 1-3 минуты.

Регламентированные перерывы и микропаузы целесообразно использовать для выполнения комплекса упражнений и гимнастики для глаз, пальцев рук, а также массажа. Комплексы упражнений целесообразно менять через 2-3 недели.

Продолжительность рабочего дня не должна быть меньше указанного времени в договоре, но не больше 40 часов в неделю. Для работников до 16 лет – не более 24 часов в неделю, от 16 до 18 лет и инвалидов I и II группы – не более 35 часов.

Возможно установление неполного рабочего дня для беременной женщины; одного из родителей (опекуна, попечителя), имеющего ребенка в возрасте до четырнадцати лет (ребенка-инвалида в возрасте до восемнадцати лет). Оплата труда при этом производится пропорционально отработанному времени, без ограничений оплачиваемого отпуска, исчисления трудового стажа и других прав.

При работе в ночное время продолжительность рабочей смены сокращается на один час. К работе в ночную смену не допускаются беременные женщины; работники, не достигшие возраста 18 лет; женщины, имеющие детей в возрасте до трех лет, инвалиды, работники, имеющие детей-инвалидов, а также работники, осуществляющие уход за больными членами их семей в соответствии с медицинским заключением, матери и отцы-одиночки детей до пяти лет.

Организация обязана предоставлять ежегодный отпуск продолжительностью 28 календарных дней. Дополнительные отпуска предоставляются работникам, занятым на работах с вредными или опасными условиями труда, работникам имеющими особый характер работы, работникам с ненормированным рабочим днем и работающим в условиях Крайнего Севера и приравненных к нему местностях. [11]

#### **10.4.1 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны**

Большое значение для профилактики статических физических перегрузок имеет правильная организация рабочего места человека, работающего с ПЭВМ. Рабочее место должно быть организовано в соответствии с требованиями стандартов, технических условий и (или)

методических указаний по безопасности труда. Оно должно удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечивать возможность удобного выполнения работ;
- учитывать физическую тяжесть работ;
- учитывать размеры рабочей зоны и необходимость передвижения в ней работающего;
- учитывать технологические особенности процесса выполнения работ.

Невыполнение требований к расположению и компоновке рабочего места может привести к получению работником производственной травмы или развития у него профессионального заболевания. Рабочее место программиста должно соответствовать требованиям СанПин 2.2.2/2.4.1340-03.

Конструкция оборудования и рабочего места при выполнении работ в положении сидя должна обеспечивать оптимальное положение работающего, которое достигается регулированием высоты рабочей поверхности, высоты сидения, оборудованием пространства для размещения ног и высотой подставки для ног. Схемы размещения рабочих мест с персональными компьютерами должны учитывать расстояния между рабочими столами с мониторами: расстояние между боковыми поверхностями мониторов не менее 1,2 м, а расстояние между экраном монитора и тыльной частью другого монитора не менее 2,0 м. Клавиатура должна располагаться на поверхности стола на расстоянии 100-300 мм от края, обращенного к пользователю. Быстрое и точное считывание информации обеспечивается при расположении плоскости экрана ниже уровня глаз пользователя, предпочтительно перпендикулярно к нормальной линии взгляда (нормальная линия взгляда 15 градусов вниз от горизонтали). Рабочие места с ПЭВМ при выполнении творческой работы, требующей значительного умственного напряжения или высокой концентрации внимания, рекомендуется изолировать друг от друга перегородками высотой 1,5 - 2,0 м.

#### **10.4.2 Специфика влияния продукта на рабочий процесс**

Разрабатываемый в ходе выполнения ВКР программный продукт используется для прогнозирования параметров движения транспорта города Томска. При работе с данным продуктом не требуется постоянное его использование, так как программа анализирует входные данные и получает необходимый результирующий прогноз параметров движения транспорта, который, непосредственно, будет использован в дальнейшем. Работнику необходимо контролировать параметры входных данных и фиксировать спрогнозированные параметры. Следовательно, преимуществом данного продукта является практически полная автономность.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения выпускной квалификационной работы была достигнута ее основная цель – спроектирована и разработана система прогнозирования параметров движения.

Приложение разработано на языке C#. Разработка велась в среде Microsoft Visual Studio 2015.

Программа отвечает всем необходимым по заданию требованиям. Был разработан алгоритм нейронной сети для прогнозирования параметров движения. Входными параметрами являются время отбытия от остановки. В качестве функции активации выбрана сигмоидальная функция. Нейронная сеть обучается на основе метода возвращения ошибки, для этого на выходной слой также подаются данные о прибытии на следующую остановку. Так же была вычислена точность данного алгоритма.

В рамках развития проекта в будущем планируется увеличения количества маршрутов, улучшение графического интерфейса, а также повышение точности.

## CONCLUSION

As a result of the performance of the final qualification work, its main goal was achieved - a system for predicting traffic parameters was designed and developed.

The application is developed in C#. The development was conducted in the Microsoft Visual Studio 2015 environment.

The program meets all the requirements for the assignment. The neural network algorithm was developed to predict the motion parameters. The input parameters are the time of departure from the stop. The sigmoid function is selected as the activation function. The neural network is trained on the basis of the method of error return, for this, the data on arrival at the next stop is also fed to the output layer. The accuracy of this algorithm was also calculated.

As part of the project development in the future, it is planned to increase the number of routes, improve the graphical interface, and improve accuracy.

## Список использованных источников

1. Загоруйко Н. Г. Прикладные методы анализа данных и знаний. — Новосибирск: ИМ СО РАН, 1999. ISBN 5-86134-060-9.
2. Хайкин Саймон Нейронные сети: полный курс, 2-е издание. Пер. с англ. — М. : Издательский дом «Вильямс», 2006 – 1104 с.
3. Руководство по разработке для .NET Framework [Электронный ресурс] / MSDN – сеть разработчиков Microsoft. URL: [https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/hh156542\(v=vs.110\).aspx](https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/hh156542(v=vs.110).aspx), свободный. Яз. Рус. Дата обращения: 04.05.2017.
4. C# 5.0 и платформа .NET 4.5 [Электронный ресурс] / ProfessorWeb. URL: [https://professorweb.ru/my/csharp/charp\\_theory/level1/infocsharp.php](https://professorweb.ru/my/csharp/charp_theory/level1/infocsharp.php), свободный. Яз. Рус. Дата обращения: 04.05.2017.
5. LeCun, Y. Scaling learning algorithms towards AI / Y. LeCun, Y. Bengio – MIT Press, 2007.
6. Seema S.R. Dynamic Bus Arrival Time Prediction Using GPS Data / S.R. Seema // 10th National Conference on Technological Trends (NCTT09). — 2009. — P. 193-197.
7. R.Anand, K.G.Mehrotra, C.K.Mohan,and S.Ranka, “An Improved Algorithm for Neural Network Classification of Imbalanced Training Sets”, IEEE Trans. on Neural Networks, Vol.4, N.6, pp.962-969, Nov.1993.
8. Каллан Р. Основные концепции нейронных сетей: пер. с англ. / Р. Каллан. — М.: Издат. дом «Вильямс», 2003. — 288 с.
9. Охрана труда [Электронный ресурс] / Безопасность жизнедеятельности. URL: <http://www.grandars.ru/shkola/bezopasnost-zhiznedeyatelnosti/ohrana-truda.html>, свободный. Яз. Рус. Дата обращения: 16.05.2017.

10. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. Яз. Рус. Дата обращения: 16.05.2017.
11. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Яз. Рус. Дата обращения: 16.05.2017.
12. ГОСТ 12.1.038–82 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов. Яз. Рус. Дата обращения: 16.05.2017.
13. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. От 13.07.2015) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [Электронный ресурс]/КонсультантПлюс.URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_78699/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_78699/), свободный. Яз. Рус. Дата обращения: 16.05.2017.
14. Ефремова О. С. Требования охраны труда при работе на персональных электронно-вычислительных машинах. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Издательство «Альфа-Пресс», 2008. Яз. Рус. Дата обращения: 16.05.2017.
15. Назаренко О. Б. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие / О. Б. Назаренко, Ю. А. Амелькович; Томский политехнический университет. – 3-е изд., перераб. и доп. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. Яз. Рус. Дата обращения: 16.05.2017.
16. ГОСТ Р 55090-2012 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Рекомендации по утилизации отходов бумаги. Яз. Рус. Дата обращения: 16.05.2017.
17. НПБ 105-03 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности [Электронный ресурс] / Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200032102>, свободный. Яз. Рус. Дата обращения: 16.05.2017.



- 18.ППБ 01–03. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации. – М.: Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2003.
- 19.Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 03.07.2016) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2017) [Электронный ресурс] / Консультант Плюс. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_34683/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/), свободный. Яз. Рус. Дата обращения: 16.05.2017.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Сравнение моделей и методов прогнозирования

Модель и метод	Достоинства	Недостатки
Регрессионные модели и методы	простота, гибкость, прозрачность моделирования; единообразие анализа и проектирования	сложность определения функциональной зависимости; трудоемкость нахождения коэффициентов зависимости; отсутствие возможности моделирования нелинейных процессов (для нелинейной регрессии)

<b>Модель и метод</b>	<b>Достоинства</b>	<b>Недостатки</b>
Авторегрессионные модели и методы	простота, прозрачность моделирования; единообразие анализа и проектирования; множество примеров применения	трудоемкость и ресурсоемкость идентификации моделей; невозможность моделирования нелинейностей; низкая адаптивность
Модели и методы экспоненциального сглаживания	простота моделирования; единообразие анализа и проектирования	недостаточная гибкость; узкая применимость моделей
Нейросетевые модели и методы	нелинейность моделей; масштабируемость, высокая адаптивность; единообразие анализа и проектирования; множество примеров применения	отсутствие прозрачности; сложность выбора архитектуры; жесткие требования к обучающей выборке; сложность выбора алгоритма обучения; ресурсоемкость процесса обучения
Модели и методы на базе цепей Маркова	простота моделирования; единообразие анализа и проектирования	невозможность моделирования процессов с длинной памятью; узкая применимость моделей
Модели и методы на базе классификационно-регрессионных деревьев	масштабируемость; быстрота и простота процесса обучения; возможность учитывать категориальные переменные	неоднозначность алгоритма построения дерева; сложность вопроса останова

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### Матрица SWOT-анализа

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>С1. Актуальность разработки.</p> <p>С2. Простой интерфейс пользователя.</p> <p>С3. Гибкая настройка времени блокирования веб-сайтов.</p> <p>С4. Возможность взаимодействия системы с различными ОС.</p> <p>С5. Ограничение доступа к настройкам.</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>Сл1. Нестабильная работа при взаимодействии с различными антивирусными программами.</p> <p>Сл2. Необходима постоянная поддержка продукта.</p> <p>Сл3. Сложное для пользователя добавление дополнительных данных для прогноза.</p> <p>Сл4. Небольшой опыт разработки.</p> <p>Сл5. Незнание программного продукта на целевом рынке.</p>
<p><b>Возможности:</b></p> <p>В1. Внедрение дополнительных функций накопления и анализа данных.</p> <p>В2. Расширение списка используемых устройств.</p> <p>В3. Тенденция роста спроса на программный продукт.</p> <p>В4. Рост потребностей клиентов.</p> <p>В5. Захват смежных сегментов целевого рынка.</p>	<p><b>Направления развития:</b></p> <p>1. В1В5С1С2С3С4 – разработка алгоритмов анализа и визуализации накопленных данных (построение графиков и диаграмм).</p> <p>2. В3В4С1С3 – разработка различных версий программного продукта, ориентированных на более узкую целевую аудиторию.</p> <p>3. В4С1С2С5 – Расширение списка влияющих факторов на прогнозирование.</p> <p>4. В3В4С1С4 – реклама и продвижение продукта на целевом рынке.</p>	<p><b>Сдерживающие факторы:</b></p> <p>1. В2Сл4 – отсутствие знаний в области разработки нейронных сетей.</p> <p>2. В4В5Сл2Сл4 – отсутствие команды разработчиков.</p> <p>3. В3В5Сл5 – отсутствие опыта продвижения программного продукта на рынке.</p>
<p><b>Угрозы:</b></p>	<p><b>Угрозы развития:</b></p>	<p><b>Уязвимости:</b></p>

<p>У1. Появление и развитие аналогичных систем.  У2. Непопулярность продукта на рынке.  У3. Сбои работы в различных средах функционирования продукта.</p>	<p>1. У2У3С2С3С4С5 – непопулярность продукта на рынке снизит мотивацию разработчика к развитию проекта.  2. У1С1 – развитие конкурентных систем может привести к снижению спроса на продукт.</p>	<p>1. У3Сл1Сл5 – сбои работы программы при первом появлении на рынке могут способствовать провалу проекта.  2. У3У4Сл1Сл2Сл4 – нестабильность работы всей системы в целом.</p>
---	--	--

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

### Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
1	2	3	4
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследований	Научный руководитель
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Бакалавр
	4	Календарное планирование работ по теме	Научный руководитель, бакалавр
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Бакалавр
	6	Утверждение лучшего результата	Научный руководитель
Обобщение и оценка результатов	7	Оценка эффективности полученных результатов	Научный руководитель, бакалавр
	8	Определение целесообразности проведения ВКР	Бакалавр
<b>Проведение ВКР</b>			
Разработка технической документации и проектирование	9	Разработка различных алгоритмов прогнозирования параметров движения транспорта.	Бакалавр
	10	Тестирование разработанной системы на наличие ошибок.	Бакалавр
	11	Оценка эффективности и применения разработки	Бакалавр
	12	Разработка социальной ответственности по теме	Бакалавр
Оформление отчета (комплекта документации по ВКР)	13	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Бакалавр

## ПРИЛОЖЕНИЕ Г

### Временные показатели научного исследования

Название работы	Исполнители	Трудоемкость работ, человеко-дни									Длительность работ					
		tmin			tmax			toжi			Тр, рабочие дни			Тк, календарные дни		
		И1	И2	И3	И1	И2	И3	И1	И2	И3	И1	И2	И3	И1	И2	И3
Постановка задачи	1	1	1	1	2	2	2	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	2	2	2
Анализ предметной области	1	1	1	1	2	2	2	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	2	2	2
Выбор методов и средств разработки	1	1	2	2	2	3	3	1,4	2,4	2,4	1,4	2,4	2,4	2	4	4
Проектирование архитектуры системы	2	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	0,9	0,9	0,9	1	1	1
Реализация первой версии системы	1	8	8	9	11	12	13	9,2	9,6	10,6	9,2	9,6	10,6	14	14	16
Реализация второй версии системы	1	9	13	12	12	15	14	10,2	13,8	12,8	10,2	13,8	12,8	15	20	19
Разработка алгоритмов прогнозирования	1	10	10	10	12	12	12	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	16	16	16
Разработка графического пользовательского интерфейса	1	6	4	3	8	6	5	6,8	4,8	3,8	6,8	4,8	3,8	10	7	6

Внедрение функций для гибкой настройки работы системы	1	7	8	10	10	10	12	8,2	8,8	10,8	8,2	8,8	10,8	12	13	16
Разработка и внедрение функций, обеспечивающих стабильную работу программной системы	1	5	6	8	6	8	10	5,4	6,8	8,8	5,4	6,8	8,8	8	10	13
Реализация конечной версии программного продукта	1	4	6	5	5	7	6	4,4	6,4	5,4	4,4	6,4	5,4	7	9	8
Тестирование	2	2	2	2	3	3	3	2,4	2,4	2,4	1,2	1,2	1,2	2	2	2
Исправление ошибок	1	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	3	3	3
Оценка полученных результатов	1	1	1	1	2	2	2	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	2	2	2
Оформление сопровождающей документации	1	7	7	7	10	10	10	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	12	12	12
<b>Итого</b>								<b>74,8</b>	<b>81,8</b>	<b>83,8</b>	<b>72,7</b>	<b>79,7</b>	<b>81,7</b>	<b>108</b>	<b>117</b>	<b>122</b>



## ПРИЛОЖЕНИЕ Д

### Календарный план-график проведения работ

№	Вид работ	Исполнитель	$T_{ki}$	Продолжительность выполнения работ													
				февр.		март			апрель			май			июнь		
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
1	Составление ТЗ	Руководитель, студент	1	■													
2	Изучение литературы	Студент (дипломник)	35	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
3	Выбор направления исследования	Руководитель, студент	2							■	■						
4	Теоретические исследования и расчёты	Руководитель, студент	21							■	■	■	■	■	■	■	■
5	Оформление отчета по НИР	Руководитель, студент	13										■	■	■	■	■

Руководитель - ■ ; Студент - ■ ;