

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»
 Отделение школы Отделение информационных технологий

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Модели прогнозирования для аккуратных временных рядов

УДК 519.246-047.72:519.23

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8В8Б	Шлярд Дарья Владимировна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ ИШИТР	Ботыгин Игорь Александрович	К.Т.Н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Клемашева Елена Игоревна	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД	Мезенцева Ирина Леонидовна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»	Погребной Александр Владимирович	К.Т.Н.		

Запланированные результаты по основной образовательной программе подготовки бакалавров 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника», профиль «Программирование вычислительных и телекоммуникационных систем»

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
Универсальные компетенции университета	
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в профессиональной деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности
ОПК(У)-2	Способен использовать современные информационные технологии и программные средства, в том числе отечественного производства, при решении задач профессиональной деятельности
ОПК(У)-3	Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности
ОПК(У)-4	Способен участвовать в разработке стандартов, норм и правил, а также технической документации, связанной с профессиональной деятельностью
ОПК(У)-5	Способен устанавливать программное и аппаратное обеспечение для информационных и автоматизированных систем
ОПК(У)-6	Способен разрабатывать бизнес-планы и технические задания на оснащение отделов, лабораторий, офисов компьютерным и сетевым оборудованием
ОПК(У)-7	Способен участвовать в настройке и наладке программно-аппаратных комплексов
ОПК(У)-8	Способен разрабатывать алгоритмы и программы, пригодные для практического применения
ОПК(У)-9	Способен осваивать методики использования программных средств для решения практических задач
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способен разрабатывать требования и проектировать программное обеспечение
ПК(У)-2	Способен эксплуатировать и развивать транспортные сети и сети передачи данных, включая спутниковые системы
ПК(У)-3	Способен оптимизировать функционирование БД
ПК(У)-4	Способен выполнять работы и управление работами по созданию (модификации) и сопровождению ИС, автоматизирующих задачи организационного управления и бизнес-процессы
ПК(У)-5	Способен разрабатывать графический дизайн интерфейса

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

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника
 Отделение школы (ОИТ) Отделение информационных технологий

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ *Погребной А.В.*
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
8В8Б	Шлярд Дарье Владимировне

Тема работы:

Модели прогнозирования для аккуратных временных рядов	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 40-49/с от 09.02.2022

Срок сдачи студентом выполненной работы:	18.06.2022
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Техническое задание на проектирование структуры системы прогнозной аналитики и моделей прогнозирования для аккуратных временных рядов.</p>
---	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1 Алгоритмы сглаживания и фильтрации временных рядов. 2 Модели прогнозирования. 3 Функциональная структура системы прогнозной аналитики. 4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; 5 Социальная ответственность.
--	---

<p>Перечень графического материала</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Диаграмма классов системы прогнозной аналитики. 2. Диаграмма прецедентов системы прогнозной аналитики. 3. Диаграмма компонентов системы прогнозной аналитики. 4. Диаграмма деятельности системы прогнозной аналитики.
---	---

<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»</p>	<p>Клемашева Елена Игоревна</p>
<p>«Социальная ответственность»</p>	<p>Мезенцева Ирина Леонидовна</p>

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>09.02.2022</p>
--	-------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p>Доцент ОИТ ИШИТР</p>	<p>Ботыгин Игорь Александрович</p>	<p>к.т.н., доцент</p>		<p>09.02.2022</p>

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>8В8Б</p>	<p>Шлярд Дарья Владимировна</p>		<p>09.02.2022</p>

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

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника
 Отделение школы (ОИТ) Отдел информационных технологий

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	18.06.2021
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный Балл раздела (модуля)
22.02.2022	Алгоритмы сглаживания и фильтрации временных рядов	20
07.03.2022	Модели прогнозирования	30
28.03.2022	Функциональная структура системы прогнозной аналитики	30
25.05.2022	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
08.06.2022	Социальная ответственность	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ ИШИТР	Ботыгин Игорь Александрович	к.т.н., доцент		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ ИШИТР	Погребной Александр Владимирович	к.т.н.		

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

Студенту:

Группа	ФИО
8В8Б	Шлярд Дарье Владимировне

Школа	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	Отделение школы	Отделение информационных технологий
Уровень образования	Бакалавриат	Направление	09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	В реализации проекта задействованы 2 человека - научный руководитель, исполнитель программист. Оклад руководителя – 33600 руб. Оклад исполнителя – 26400 руб.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Премиальный коэффициент 30%; Доплаты и надбавки руководителя 20%; Дополнительная заработная плата 12%; Накладные расходы 16%; Районный коэффициент 1,3
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Отчисления во внебюджетные фонды – 30,2 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Анализ потенциальных потребителей результатов исследования. Анализ конкурентных технических решений; SWOT-анализ.
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Формирование плана и графика выполнения работ. Формирование бюджета затрат на научное исследование.
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Определение эффективности исследования

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Карта сегментирования
2. Матрица SWOT
3. График проведения НИ

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Клемашева Елена Игоревна	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8В8Б	Шлярд Дарья Владимировна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 8В8Б		ФИО Шлярд Дарье Владимировне	
Школа	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	Отделение (НОЦ)	Отделение информационных технологий
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	09.03.01 Информатика и вычислительная техника

Тема ВКР:

Модели прогнозирования для аккуратных временных рядов	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>Введение</p> <ul style="list-style-type: none"> – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации 	<p>Объект исследования: данные временных рядов. Область применения: различные сферы, начиная от финансовой сферы, заканчивая метеорологией. Рабочее место: офис с персональным компьютером. Размеры помещения: 45 м. Количество и наименование оборудования рабочей зоны: персональный компьютер. Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: разработка программного обеспечения.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> - Требования по пожарной безопасности ГОСТ 12.1.004–91 - ГОСТ 12.2.032–78 ССБТ Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. - ГОСТ 12.2.033–78 ССБТ Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.
<p>2. Производственная безопасность при разработке проектного решения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов <p>Расчет уровня опасного или вредного производственного фактора</p>	<p>Опасные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. производственные факторы, связанные с неионизирующими излучениями 2. производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий <p>Вредные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения 2. монотонность труда, вызывающая монотонию 3. перенапряжение зрительного анализатора 4. отклонение показателей микроклимата <p>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: очки</p>

3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения:	Воздействие на литосферу: твердые бытовые отходы	
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения:	Возможные ЧС: Природные катастрофы (наводнения, ураган и т.д.); геологические воздействия (землетрясения, провалы территории и т.д.); пожар в помещении; Наиболее типичная ЧС: Пожар в помещении	
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику		

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД	Мезенцева Ирина Леонидовна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8В8Б	Шлярд Дарья Владимировна		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 86 страниц, 19 рисунков, 19 таблиц, 29 источников литературы, 1 приложение.

Ключевые слова: временной ряд, аддитивная модель, прогнозирование, визуализация данных, мультипликативная модель.

Объектом исследования являются метеорологические данные системы климатического мониторинга.

Целью работы является построение моделей прогнозирования и разработка системы для прогнозной аналитики метеорологических рядов наблюдений.

В процессе исследования проводился подробный и обстоятельный анализ предметной области, произведена работа с данными о величине снежного покрова и атмосферного давления в городе Оймякон за 2018-2020 года, разработаны модели прогнозирования, UML-модель и инструментарий прогнозной системы.

В результате исследования спроектирована и реализована программная система для прогнозной аналитики, разработаны модели для сглаживания и прогнозирования, проведены программные эксперименты.

Область применения: финансовая сфера, планирование технологических процессов, прогнозирование погодных условий.

Определения, обозначения, сокращения и нормативные ссылки

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Среда разработки – комплекс программных средств, используемый для разработки программного обеспечения.

UML – система обозначений, которую можно применять для объектно-ориентированного анализа и проектирования.

Временной ряд – статистический материал, собранный в разные моменты времени о значении каких-либо параметров исследуемой системы.

Прогнозная аналитика – класс методов анализа данных, концентрирующийся на прогнозировании будущего поведения объектов с целью принятия оптимальных решений.

Аддитивная модель – модель, в которой временной ряд представлен в виде суммы трендовой, сезонной (циклической) и случайной составляющих.

Мультипликативная модель – модель, в которой временной ряд представлен в виде произведения трендовой, сезонной (циклической) и случайной составляющих.

R – язык программирования для статистической обработки данных и работы с графикой.

Prophet – процедура прогнозирования данных, в основе которой лежит аддитивная модель.

CSV – текстовый формат, предназначенный для представления табличных данных.

Оглавление

Введение.....	14
1 Аналитический обзор базовых методов предиктивного анализа	16
1.1 Базовые концепции в анализе временных рядов	16
1.2 Сглаживание временных рядов	18
1.3 Методы прогнозного анализа временных рядов.....	22
1.4 Пакет Prophet языка R для прогнозирования временных рядов	23
1.5 Заключение по теоретическому обзору	24
2 Разработка обобщенной функциональной структуры программной системы для прогнозной аналитики	26
2.1. Объектно-ориентированное проектирование системы для прогнозной аналитики с использованием языка UML.....	26
2.2. Схема алгоритма программы для прогнозной аналитики временных рядов	30
2.3 Заключение по проектированию структуры программы прогнозной аналитики	31
3 Результаты практических исследований моделей прогнозирования для аккуратных временных рядов	33
3.1 Алгоритмы сглаживания и прогнозирования временных рядов	33
3.2 Заключение по практическим исследованиям	44
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение..	46
Введение.....	46
4.1 Предпроектный анализ.....	46
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	46
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений.....	47

4.1.3	SWOT-анализ.....	49
4.2.	Инициация проекта.....	50
4.2.1	Цели и результат проекта.....	50
4.2.1.	Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	51
4.3.	Планирование научно-исследовательских работ	52
4.3.1.	Структура работ в рамках научного исследования	52
4.3.2.	Определение трудоемкости выполнения работ	53
4.3.3	Разработка графика проведения научного исследования.....	54
4.4	Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	57
4.4.1	Расчет затрат на специальное оборудование для научных исследований	57
4.4.2	Затраты по основной заработной платы исполнителей темы	57
4.4.3	Отчисления во внебюджетные фонды	59
4.4.4	Расчет накладных расходов	59
4.4.5	Формирование бюджета затрат научно-технического исследования .	60
4.4.6	Расчет прибыли	60
4.4.7	Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.	61
	Заключение по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».....	62
5	Социальная ответственность	63
	Введение.....	63
5.1.	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности ...	64
5.1.1	Правовые нормы трудового законодательства	64

5.1.2 Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны	65
5.2 Производственная безопасность	66
5.2.1 Анализ выявленных вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при разработке проектного решения	66
5.2.2 Обоснование мероприятий по снижению воздействия	72
5.3 Экологическая безопасность	73
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	74
Заключение по разделу «Социальная ответственность»	75
Заключение	76
Список студенческих публикаций	77
Список литературы	78
Приложение А. Код реализации программы.....	81

Введение

Временной ряд дает информацию о самых разнообразных системах – начиная с физических и биологических, заканчивая социально-экономическими или финансовыми. Если совершить своевременный и хорошо продуманный анализ, то можно сформировать некоторый прогноз или получить какие-либо полезные данные. Прогнозы бывают краткосрочные и долгосрочные, которые анализируют долгосрочную динамику изменяемого процесса, в этом случае производится выбор тренда. Величины, которые наблюдаются в ходе эксперимента, можно разложить на сезонный, трендовый и случайный компоненты.

Прогнозирование временных рядов – это актуальная и распространенная задача науки о данных, которая помогает организациям в планировании мощностей, грамотном и своевременном решении задач управления запасами, в обнаружении аномалий. Чтобы была основа для планирования финансов, производственной оптимизации, оценки спроса на выпускаемую продукцию и многого другого, производится прогнозирование значений временного ряда на основе данных, полученных на протяжении какого-то времени. Это производится потому, что технологические и экономические условия ведения бизнеса очень изменчивы [1].

Ситуации прогнозирования сильно различаются по своим временным масштабам, типам данных, фактическим результатам и многим другим аспектам. Методы прогнозирования могут быть простыми, например, использование самого последнего наблюдения в качестве прогноза или очень сложными, например, нейронные сети. Иногда данных вообще не будет, например, при оценке продажи нового продукта в первый год его существования. Выбор метода зависит от того, какие данные доступны, и требований к достоверности прогноза. Известно большое количество способов прогнозирования – нейросетевые, регрессионные и другие [2].

Обычно аналитики, которые отвечают за анализ данных, имеют

глубокие знания в своей профессиональной деятельности, среди конкретных продуктов или услуг, но не имеют достаточных знаний в области предписываемой им диагностической аналитики. Как вывод – аналитики, которые могут составлять прогнозы высокого качества встречаются редко, поскольку анализ данных и прогнозирование – это специальный навык, который требует большого опыта.

Таким образом, спрос на прогнозы высокого качества сильно опережает темпы, с которыми они могут быть получены.

1 Аналитический обзор базовых методов предиктивного анализа

1.1 Базовые концепции в анализе временных рядов

Следует начать с самого определения временного ряда. Последовательность, которая содержит значения, идущие по порядку через равные промежутки времени, называется временным рядом, используя модели которых можно получить представление о причинах, которые привели к тому, чтобы наблюдаемые данные образовались, также при их использовании можно получить мощный инструмент для прогнозирования и мониторинга. Анализ временных рядов широко используется во многих областях, например, в анализе рынка, контроле качества и многом другом [3].

Классифицировать временные ряды можно по многим признакам, например, они бывают моментные и интервальные. Интервальные ряды представляют из себя демонстрацию результата за определенный интервал времени (показывают данные за определенный интервал, например, объем продукции по месяцам и т.д.), а моментные временные ряды демонстрируют данные за конкретный момент времени.

Характеристика без случайных колебаний, создающимися факторами неопределенности, является основной тенденцией временного ряда [1].

Распространенным предположением во многих методах построения временных рядов является то, что данные являются стационарными.

Стационарный процесс представляет из себя процесс, в котором автокорреляционная структура, среднее значение и дисперсия остаются неизменными с течением времени. То есть, стационарный временной ряд имеет “плоскую” структуру – без тренда, сезонности и с постоянной во времени дисперсией [4].

Существует несколько методов, благодаря которым временной ряд можно преобразовать в стационарный, если он таким не является [5].

Мы можем сравнить данные. То есть, учитывая серию « Z_t », мы создаем новую серию:

$$Y_i = Z_i - Z_{i-1}. \quad (1)$$

Разностные данные будут содержать на одну точку меньше, чем исходные данные [1].

К данным, которые имеют тренд, можно подогнать кривую определенного типа, после чего остатки от подгонки смоделировать, если целью этого является намерение устранить долгосрочный тренд, то будет использована прямая линия, как простая подгонка [6].

Если дисперсия не имеет постоянного значения, то нахождение корня квадратного или логарифма из ряда может ее стабилизировать. Если данные имеют отрицательное значение, нужно добавить подходящую константу, если требуется, чтобы данные имели положительный знак перед преобразованием. А потом такую константу можно вычесть из созданной модели, чтобы получить подогнанные значения и прогноз.

Данные методы используются для создания рядов с местоположением и масштабом, которые имеют постоянный характер. Но сезонность (которая тоже учитывается в модели) имеет тенденцию нарушать стационарность. Многие временные ряды имеют такое свойство, как сезонность, то есть склонность к колебаниям в определенный период. Например, некоторые показатели имеют тенденцию к снижению или повышению в конкретный временной период. Во временных рядах области экономики часто есть сезонность [4].

Если сезонность присутствует, она должна быть включена в модель. Для определения сезонности можно использовать следующие графические методы:

1) График последовательности выполнения часто показывает сезонность.

2) График сезонных подсерий – это специализированный метод отображения сезонности. В качестве альтернативы сезонному подсерийному графику для определения сезонности можно использовать несколько боковых графиков.

3) График автокорреляции может помочь определить сезонность.

Примеры каждого из этих графиков будут показаны ниже.

График сезонных подсерий и график прямоугольника более четко отображают сезонность, а также сезонные различия (например, между шаблонами группы и внутригрупповыми шаблонами). Прямоугольный график отлично отображает сезонную разницу между групповыми шаблонами, но не внутри них. Но для больших наборов данных прямоугольная диаграмма обычно легче читается, чем диаграмма сезонных подсерий [7].

Подгонка методов может быть достаточно важной задачей. Существуют такие методы подгонки модели как модели «Box-Jenkins ARIMA», многомерные модели «Бокса-Дженкинса», экспоненциальное сглаживание «Холта-Винтерса» (одинарное, двойное, тройное) и другие. Применение и предпочтения пользователя будут определять выбор подходящей техники.

1.2 Сглаживание временных рядов

При анализе часто используется метод, называемый «сглаживание» для того, чтобы уменьшить или отменить некоторые формы случайных вариаций, выявить сезонные компоненты, основные тенденции, которые возникают при сборе данных.

Существуют две различные группы методов сглаживания:

- 1) методы усреднения;
- 2) методы экспоненциального сглаживания.

Самой популярной схемой для того, чтобы получить сглаженный временной ряд, является экспоненциальное сглаживание, которое подразумевает экспоненциально уменьшающиеся веса по мере старения наблюдения [5].

Когда производится сглаживание методом скользящего среднего, то веса, которые отнесены к наблюдениям, имеют равное значение « $1/N$ ».

Экспоненциальное сглаживание на протяжении многих лет доказало свою полезность во многих ситуациях прогнозирования. Впервые он был предложен К.К. Хольтом в 1957 году и предназначался для использования для

несезонных временных рядов, не показывающих тренда. Позже он предложил процедуру (1958 г.), которая действительно обрабатывает тенденции. Уинтерс в 1965 г. обобщил метод, включив в него сезонность, отсюда и название «Метод Хольта-Уинтерса».

Одиночное экспоненциальное сглаживание – схема сглаживания начинается с установки значения « S_2 » равным 1, где « S_i » означает сглаженное наблюдение или экспоненциально-взвешенное скользящее среднее (EWMA), а y означает исходное наблюдение. Индексы относятся к периодам времени 1, 2, ..., n .

Для третьего периода « $S_3 = \alpha y_2 + (1-\alpha)S_2$ » и так далее. « S_1 » отсутствует и сглаженный ряд начинается со сглаженной версии второго наблюдения.

Для любого периода времени t сглаженное значение S_t определяется путем вычисления основного уравнения для экспоненциального сглаживания, в котором α является параметром сглаживания:

$$S_t = \alpha y_{t-1} + (1 - \alpha)S_{t-1}, \quad 0 < \alpha \leq 1, \quad t \geq 3. \quad (2)$$

Одним из методов инициализации является установка « S_2 » на « y_1 » или же установить его в качестве процесса. Также стоит добавить, что начальный EWMA играет важную роль в вычислении всех последующих EWMA [8].

Еще одной возможностью было бы усреднение первых нескольких наблюдений.

Также можно показать, что чем меньше значение α , тем более важным является выбор исходного EWMA.

Расширим основное уравнение (2), сначала подставив « S_{t-1} » в основное уравнение, чтобы получить:

$$S_t = \alpha y_{t-1} + (1 - \alpha)[\alpha y_{t-2} + (1 - \alpha)S_{t-2}] = \alpha y_{t-1} + \alpha(1 - \alpha)y_{t-2} + (1 - \alpha)^2 S_{t-2}. \quad (3)$$

Подставляя « S_{t-2} », затем « S_{t-3} » и так далее, пока не достигнем « S_2 » (который просто « y_1 »), можно показать, что расширяющееся уравнение можно записать в виде:

$$S_t = \alpha \sum_{i=1}^{t-2} (1 - \alpha)^{i-1} y_{t-i} + (1 - \alpha)^{t-2} S_2, \quad t \geq 2. \quad (4)$$

Например, расширенное уравнение для сглаженного значения « S_5 »

имеет вид:

$$S_5 = \alpha[(1-\alpha)^0 y_{5-1} + (1-\alpha)^1 y_{5-2} + (1-\alpha)^2 y_{5-3}] + (1-\alpha)^3 S_2. \quad (5)$$

Это иллюстрирует экспоненциальное поведение. Веса « $\alpha(1-\alpha)^t$ » уменьшаются геометрически и их сумма равна единице. Используя свойство геометрических рядов, уравнение для сглаженных значений можно представить следующим образом:

$$\alpha \sum_{i=0}^{t-1} (1-\alpha)^i = \alpha \left[\frac{1-(1-\alpha)^t}{1-(1-\alpha)} \right] = 1 - (1-\alpha)^t. \quad (6)$$

Из последней формулы можно видеть, что член суммирования показывает, что вклад в сглаженное значение « S_t » становится меньше с каждым последующим периодом времени.

Как было замечено ранее, одиночное сглаживание не преуспевает в отслеживании данных при наличии тренда. Эта ситуация может быть улучшена введением второго уравнения со второй константой « γ », которая должна быть выбрана в сочетании с « α ». Речь идет о двойном экспоненциальном сглаживании.

Ниже представлены уравнения, связанные с двойным экспоненциальным сглаживанием:

$$S_t = \alpha y_t + (1-\alpha)(S_{t-1} + b_{t-1}), \quad 0 \leq \alpha \leq 1; \quad (7)$$

$$b_t = \gamma(S_t - S_{t-1}) + (1-\gamma)b_{t-1}, \quad 0 \leq \gamma \leq 1. \quad (8)$$

Следует иметь в виду, что для нахождения сглаженной замены значения при двойном экспоненциальном сглаживании нужно использовать текущее значение ряда [1].

Как и в случае с одинарным сглаживанием, существует множество схем для установки начальных значений для « S_t » и « b_t » при двойном сглаживании. « S_1 », как правило, устанавливается на « y_1 ». Вот три возможных уравнения для « b_1 »:

$$b_1 = y_2 - y_1, \quad (10)$$

$$b_1 = 1/3[(y_2 - y_1) + (y_3 - y_2) + (y_4 - y_3)], \quad (11)$$

$$b_1 = (y_n - y_1) / (n - 1). \quad (12)$$

Чтобы устранить запаздывание и привести переменную « S_t » к соответствующей базе текущего значения, используются следующие действия. Роль уравнения под номером x заключается в сглаживании и корректировке переменной « S_t » для « b_{t-1} » (тренда предыдущего периода) через приложение его к « S_{t-1} ».

Второе уравнение применяется для сглаживания тренда.

В случае, если данные покажут тенденцию и сезонность, двойное сглаживание не будет работать. В таком случае речь пойдет о тройном экспоненциальном сглаживании, оно подразумевает ввод третьего уравнения, чтобы учесть периодичность. Такой способ называется методом «Хольта-Уинтерса» (Holt-Winters, HW), который был назван в честь его изобретателей.

Основные уравнения для их метода даны в виде [9]:

$$S_t = \alpha * \frac{y_t}{I_{t-L}} + (1 - \alpha) * (S_{t-1} + b_{t-1}) \quad (13)$$

$$b_t = \gamma(S_t - S_{t-1}) + (1 - \gamma)b_{t-1} \quad (14)$$

$$I_t = \beta * \frac{y_t}{s_t} + (1 - \beta) * I_{t-L} \quad (15)$$

$$F_{t+m} = (S_t + mb_t) * I_{t-L+m} \quad (16)$$

где:

y – это наблюдение,

S – сглаженное наблюдение,

b – коэффициент тренда,

I – сезонный индекс,

F – прогноз на m периодов вперед,

t – индекс, обозначающий период времени,

α , β и γ – константы, которые должны быть оценены таким образом, чтобы MSE ошибки была минимизирована [1].

Первое уравнение соответствует общему смягчению тенденции, следующее уравнение соответствует смягчению тренда, следующее –

соответствует сезонному сглаживанию, и последнее – соответствует прогнозу.

Для инициализации метода «HW» нужны по крайней мере данные одного полного сезона, чтобы определить начальные оценки сезонных индексов « I_{t-L} » [10].

Полные данные сезона состоят из «L» периодов. И нужно оценить коэффициент тренда от одного периода к следующему. Для достижения этой цели рекомендуется использовать два полных сезона.

1.3 Методы прогнозного анализа временных рядов

Метод прогнозирования – это последовательность действий, которые необходимо выполнить для получения модели прогнозирования, которая описывает процесс для изучения и является основой для получения его будущих значений.

Методы прогнозирования бывают интуитивные и формализованные. Последние представляют из себя математические зависимости различной степени сложности, а интуитивные включают в себя суждения и оценки экспертов. Такой метод зачастую применяется, когда система достаточно проста, что не требуется выполнение формализованного описания [3].

Модели формализованного описания бывают двух видов – предметной области и временных рядов.

Типичной моделью предметной области является модель, построенная на дифференциальных уравнениях и иллюстрирующая прогноз демографии в определенном населенном пункте [11].

Про модели временных рядов можно добавить то, что они стремятся зависимость будущего значения, исходя из прошлого. На основе этого рассчитывается прогноз.

Существуют некоторые базовые методы построения прогнозных моделей. Одни из них:

1) ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) – модель

авторегрессионного интегрированного скользящего среднего и адаптирована для того, чтобы прогнозировать данные;

2) ETS (Exponential Smoothing) – это метод для сглаживания данных с использованием функции экспоненциального окна.

3) Mean forecast method – метод скользящей средней. Подразумевает использование среднего значения величин для составления прогноза.

Для оценки точности прогноза используется «Mean absolute percentage error» – средняя абсолютная процентная ошибка или среднее процентное отклонение.

1.4 Пакет Prophet языка R для прогнозирования временных рядов

Модель Prophet, в которой нелинейные тренды соответствуют сезонности различной периодичности, – это процедура прогнозирования данных, в основе которой лежит аддитивная модель, которая является более гибкой, чем стандартная линейная модель. Тренд, выходной (праздник) и сезонность – эти компоненты использует модель разложения временных рядов, которые представлены в следующем уравнении [6]:

$$y(t)=g(t)+s(t)+h(t)+\varepsilon_t \quad (17)$$

В представленном уравнении « $g(t)$ » является функцией тренда, которая моделирует неперiodические изменения значения временного ряда, « $h(t)$ » является функцией, которая описывает воздействие выходных (праздников), происходящих по потенциально нерегулярному графику в течение некоторого периода времени, « $s(t)$ » – сезонность, а функция « $g(t)$ » – это функция тренда, которая моделирует неперiodические изменения значения временного ряда. « T » – срок ошибки, представляющий не учитывающуюся моделью изменения

Данная спецификация подобна «GAM» (обобщенной аддитивной модели) – классу регрессионных моделей с потенциально нелинейными сглаживателями, которые применяются к регрессорам. Допустимо применение нескольких линейных и нелинейных функций времени в

качестве компонентов, но в работе используется только время в роли регрессора [4].

Подход, который используется при экспоненциальном сглаживании – это моделирование сезонности как аддитивного компонента. Мультипликативная сезонность – это сезонный эффект, являющийся фактором, который умножает « $h(t)$ » [4].

Модель «GAM» очень быстро рассчитывается, а также имеет такое преимущество, что она легко раскладывается и включает новые компоненты.

Модель «GAM» обладает рядом преимуществ:

1) Гибкость. Возможность анализировать и делать выводы о тенденциях, вследствие легкости учета с нескольких периодов;

2) Не требуется разделения измерений и интерполяции пропущенных значений в отличие от модели «ARIMA»;

3) Подгонка очень высокая, что позволяет проводить аналитику в быстром интерактивном режиме;

4) Легкость интерпретации параметров, которые могут быть изменены аналитиком. Модель может быть расширена включением новых компонентов аналитиками, имеющими опыт работы с регрессией.

1.5 Заключение по теоретическому обзору

В главе представлены обзорные базовые концепции в анализе временных рядов. Классификация, области использования, основные определения, которые используются в аналитике. Представлены основные методы сглаживания для временных рядов – методы усреднения и методы экспоненциального сглаживания, последний из которых более популярен в использовании. В первом разделе описаны математические функции принципа работы экспоненциального сглаживания первого, второго и третьего порядка.

Выделяют несколько типов методов для прогнозного анализа временных рядов, каждые из которых применимы для конкретного типа

данных. В разделе рассказывается о некоторых базовых методах построения прогнозных моделей, среди которых модель авторегрессионного интегрированного скользящего среднего, модель для сглаживания временных рядов с использованием функции экспоненциального окна, а также метод скользящей средней [3].

В разделе также представлена аддитивная модель, которая используется в пакете Prophet языка R, основные преимущества при использовании аддитивной модели и подход, который она использует при моделировании данных.

2 Разработка обобщенной функциональной структуры программной системы для прогнозной аналитики

2.1. Объектно-ориентированное проектирование системы для прогнозной аналитики с использованием языка UML

UML – унифицированный язык моделирования (Unified Modeling Language) – это система обозначений, которую можно применять для объектно-ориентированного анализа и проектирования.

Его можно использовать для визуализации, спецификации, конструирования и документирования программных систем.

Словарь UML включает три вида строительных блоков [12]:

- 1) диаграммы;
- 2) сущности;
- 3) связи.

Сущности являются основными элементами модели, которые соединяют между собой связи, а группируют представляющие интерес наборы сущностей диаграммы.

Диаграммы классов оперируют тремя видами сущностей UML – это структурные, поведенческие и аннотирующие. В то же время диаграмма графически отображает набор элементов, который изображен в виде связного графа вершин и путей, которые в данном случае выступают в роли сущностей и связей соответственно. Всего выделяют 13 видов диаграмм. Структурные – составной структуры, развертывания, пакетов, профилей, классов, объектов, компонентов. Диаграммы поведения включают в себя диаграмму деятельности, прецедентов, состояний, последовательности и коммуникации.

Отдельно стоит рассмотреть диаграмму классов, компонентов, деятельности и прецедентов.

Классом называется описание набора объектов с одинаковыми атрибутами, операциями и связями.

Существует три типа зависимостей между классами – это частный,

защищенный, общий.

Исходя из рассмотренных выше подходов и компонентов построения прогнозных моделей, была разработана UML-диаграмма для системы прогнозной аналитики временных рядов, для проектирования использовался редактор диаграмм DIA [13].

При разработке структуры учитывалось то, что данные загружаются с разными способами – вручную, с сайта и с ПК, в дальнейшем данные подвергаются сглаживанию и прогнозированию.

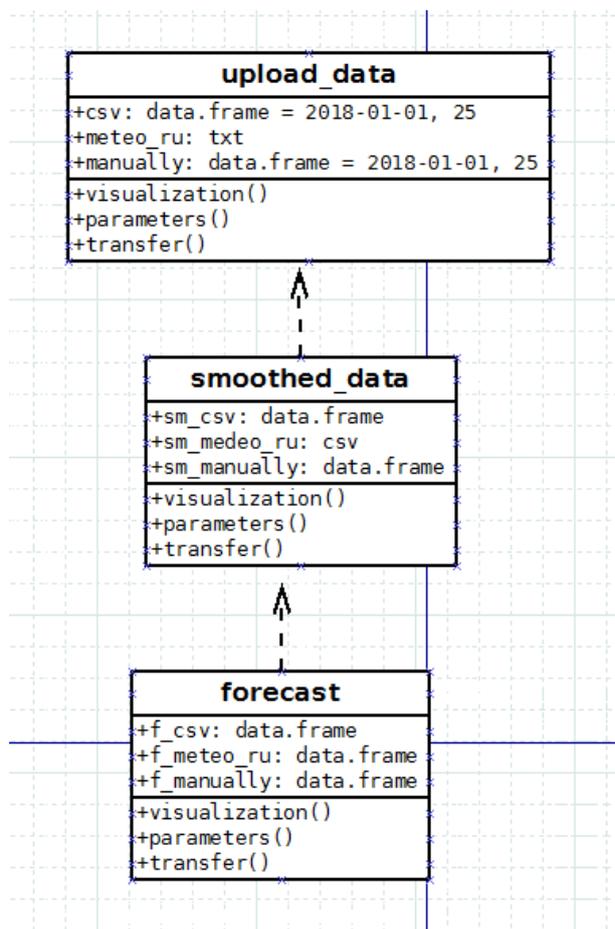


Рисунок 1 – UML-диаграмма классов для системы построения прогнозной модели [13]

UML-диаграмма прецедентов – диаграмма, отражающая отношения между акторами и прецедентами (отдельный сервис системы, определяющий вариант его использования) и являющаяся составной частью модели прецедентов, позволяющей описать систему на концептуальном уровне [12].

Выделяют следующие типы отношений между прецедентами:

- 1) обобщение;
- 2) включение;
- 3) расширение.

При разработке UML-диаграммы прецедентов учитывалось то, что пользователь взаимодействует непосредственно с данными, которые впоследствии используются для сглаживания и прогнозирования.

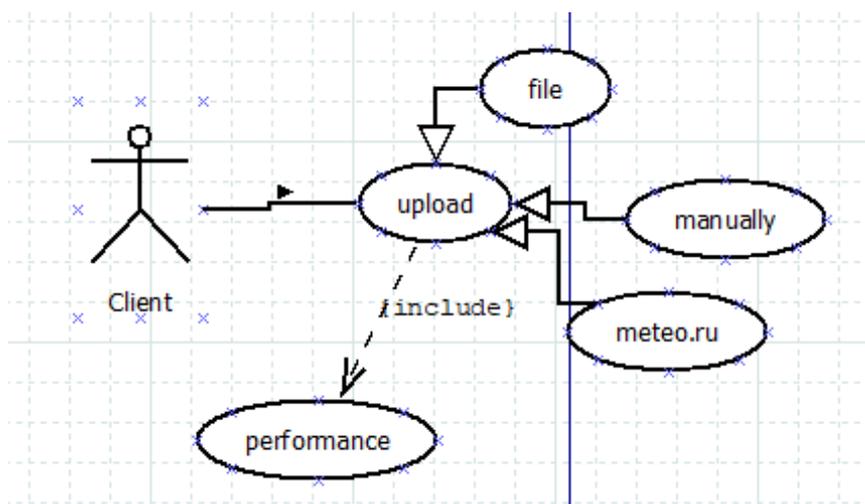


Рисунок 2 - UML-диаграмма прецедентов для системы построения прогнозной модели [13]

UML-диаграмма компонентов – элемент языка моделирования UML, статическая структурная диаграмма, которая показывает разбиение программной системы на структурные компоненты и связи (зависимости) между компонентами. В качестве физических компонентов могут выступать файлы, библиотеки, модули, исполняемые файлы, пакеты и т. п. С помощью диаграммы компонентов показывается отношение клиент-источник [12].

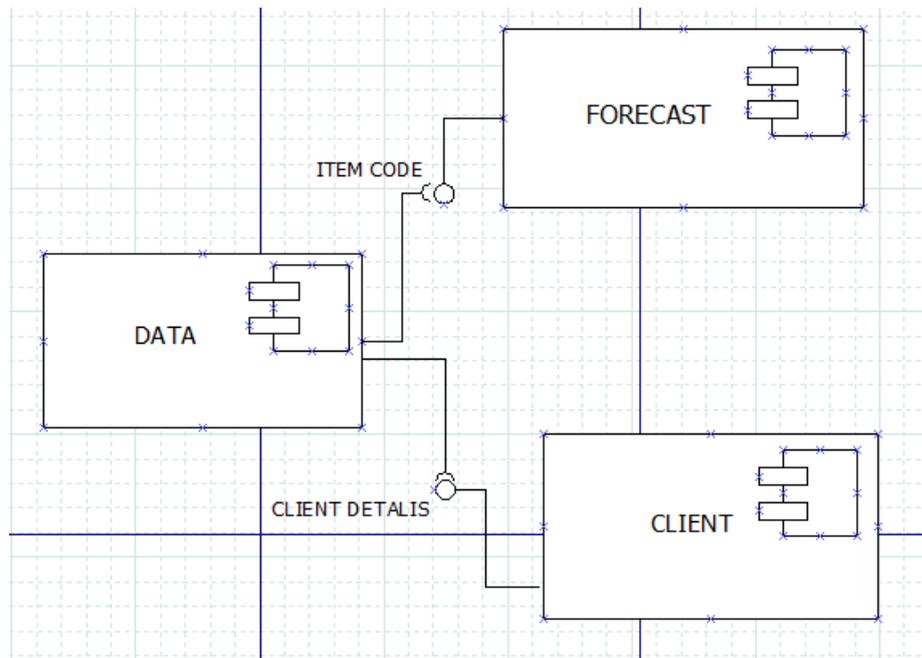


Рисунок 3 – UML-диаграмма компонентов для системы построения прогнозных моделей [13]

UML-диаграмма деятельности – диаграмма, на которой показаны действия, состояния которых описаны на диаграмме состояний. Такие диаграммы используются при моделировании различных технологических процессов.

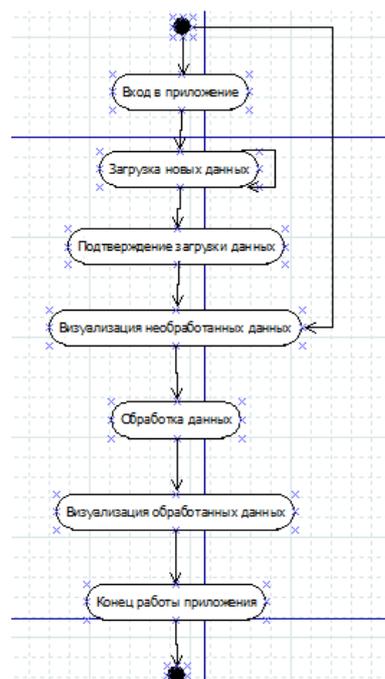


Рисунок 4 – UML-диаграмма деятельности [13]

На рисунке 4 изображена разработанная диаграмма действий для системы прогнозной аналитики. Диаграмма отображает координированные последовательно виды деятельности, которые предусматривает данная система.

2.2. Схема алгоритма программы для прогнозной аналитики временных рядов

В исследовании используются метеорологические данные, загруженные с «ВНИИГМИ-МЦД». Изначально данные загружаются в формате «txt», в которых указаны временные показатели выборки данных, а также код метеорологической станции, на которой было произведено измерение. Исследуемые данные были преобразованы из формата «txt» в формат «CSV».

При адаптации модели «ARIMA» к набору (несезонных) данных временных рядов следующая процедура обеспечивает полезный общий подход [3]:

- 1) Построение графика данных. Понимание закономерностей;
- 2) При необходимости используется преобразование «Бокса-Кокса» для стабилизации дисперсии;
- 3) Если модель выбирается самостоятельно, то:
 - a) при необходимости изменять данные, пока они не станут стационарными;
 - b) построить график «ACF/PACF» разностных данных и попытаться определить возможные модели-кандидаты;
 - c) применить выбранную модель и использовать «AIC» для поиска лучшей модели;
 - d) проверить остатки из выбранной модели, построив график «ACF» остатков и выполнив тест остатков «порт-Манто»;
 - e) если остатки выглядят, как белый шум, то производить прогнозирование;
- 4) Если модель выбирается по автоматизированному алгоритму, то:
 - a) используйте «auto.arima()», чтобы найти лучшую модель «ARIMA»

для временных рядов;

b) далее выполняется пункт «3.d» и «3.e».

Алгоритм функционирования системы построения сезонных моделей включает следующие этапы:

- 1) Вход в приложение.
- 2) Загрузка новых данных. Выбор способа загрузки данных:
 - a) Ручная загрузка;
 - b) Загрузка данных в формате «CSV»;
 - c) Загрузка данных с meteo.ru;
 - d) Подтверждение загрузки данных. Подтверждение системой, что данные были загружены;
 - e) Визуализация необработанных данных. Вывод графиков, построенных по исходным данным (загруженным ранее, новым);
 - f) Визуализация необработанных данных. Вывод таблиц с исходными данными (загруженным ранее, новым);
 - g) Обработка данных. Этап обработки данных для построения прогноза;
 - h) Визуализация обработанных данных. Вывод графиков по обработанным данным, вывод прогнозной модели;
 - i) Сохранение результатов. Возможность выгрузки обработанных данных из программы;
 - j) Завершение работы приложения. Выход из программы.

2.3 Заключение по проектированию структуры программы прогнозной аналитики

В данной главе рассматривается разработка программной системы для прогнозной аналитики временных рядов.

Во первом разделе приводится объектно-ориентированное проектирование системы для прогнозной аналитики с использованием

унифицированного языка моделирования UML. Построены 4 типа диаграмм – диаграмма классов, диаграмма компонентов, деятельности и прецедентов, представлено краткое теоретическое описание каждого типа диаграмм и описание механизма их действия по отношению к настоящей системе.

Во втором разделе приводится алгоритмическое описание подгонки модели ARIMA к несезонным данным временного ряда, а также этапы функционирования программы прогнозной аналитики.

3 Результаты практических исследований моделей прогнозирования для аккуратных временных рядов

3.1 Алгоритмы сглаживания и прогнозирования временных рядов

Объектом исследования являются данные о величине снежного покрова в городе Оймякон с 2018 по 2020 года [14]. Данные загружаются в формате «CSV» и в дальнейшем преобразовываются в вид «data frame» для удобства работы.

Первой создаваемой моделью является модель «M0» и в дальнейшем с использованием функции «make_future_dataframe» произведем прогноз данных на ближайшие 90 дней [15].

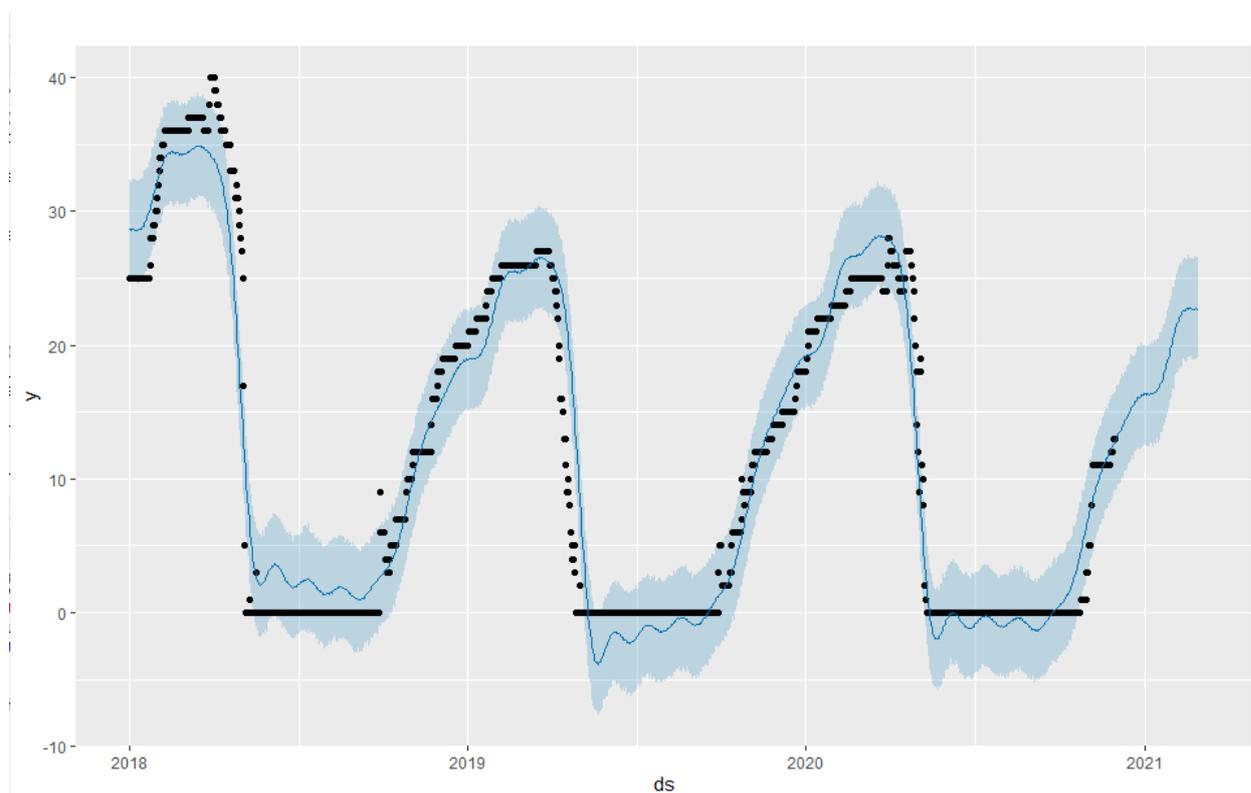


Рисунок 5 – Прогнозирование данных [16]

Точки на рисунке 5 соответствуют (логарифмированным) значениям величины снежного покрова из обучающей выборки. Сплошная голубая линия — это предсказанные моделью значения величины, а огибающая эту

линию светло-голубая «лента» обозначает 80%–ные доверительные границы предсказанных значений. Прогнозные значения у на следующие 90 дней видны в правой части графика [15].

С помощью функции «`prophet_plot_components()`» мы можем также изобразить отдельные компоненты модели.

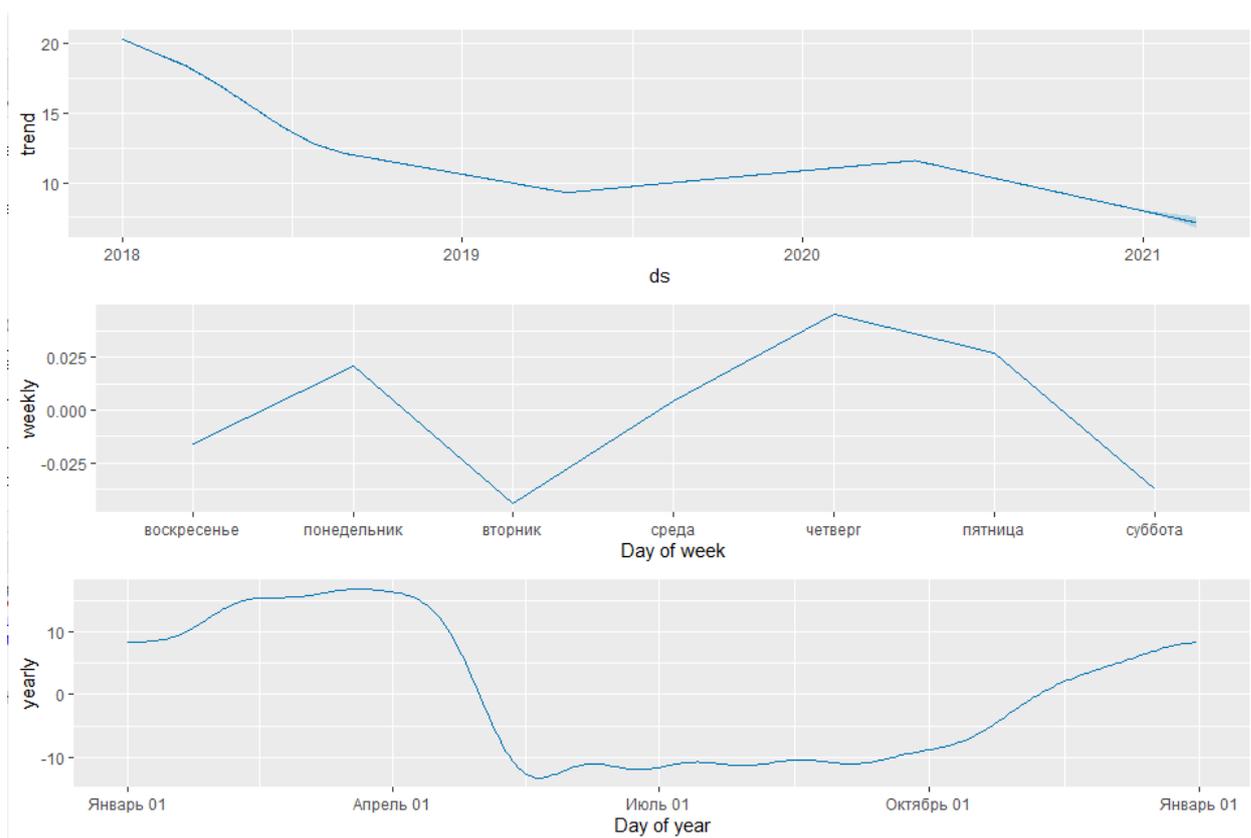


Рисунок 6 – Отдельные компоненты модели [16]

На рисунке 6 видно, что модель «M0» хорошо передает имеющийся в данных тренд. Взглянув на отдельные компоненты модели, можно сделать вывод о том, что она имеет довольно сильные внутригодовые колебания, за счет того, величина снежного покрова достигает своего максимума в зимнее время. В течение недели колебания также довольно существенны и видно, что функция достигает своего максимума обычно в четверг.

Тем не менее, качество прогноза «M0» оставляет желать лучшего, а доказательством этого является то, что чрезмерно расширяются доверительные интервалы, что в дальнейшем будет исправлено [15].

Создана модель с точками излома тренда с помощью функции «`add_changepoints_to_plot()`». Модель инициализирована с заданными вручную точками излома тренда, чтобы тренд вышел более гладким, временной интервал в пределах которого происходит оценивание составляет 90% и изменен с помощью функции «`changepoint.range`», также для получения более гладкого тренда использована функция «`changepoints.prior.to.scale`».

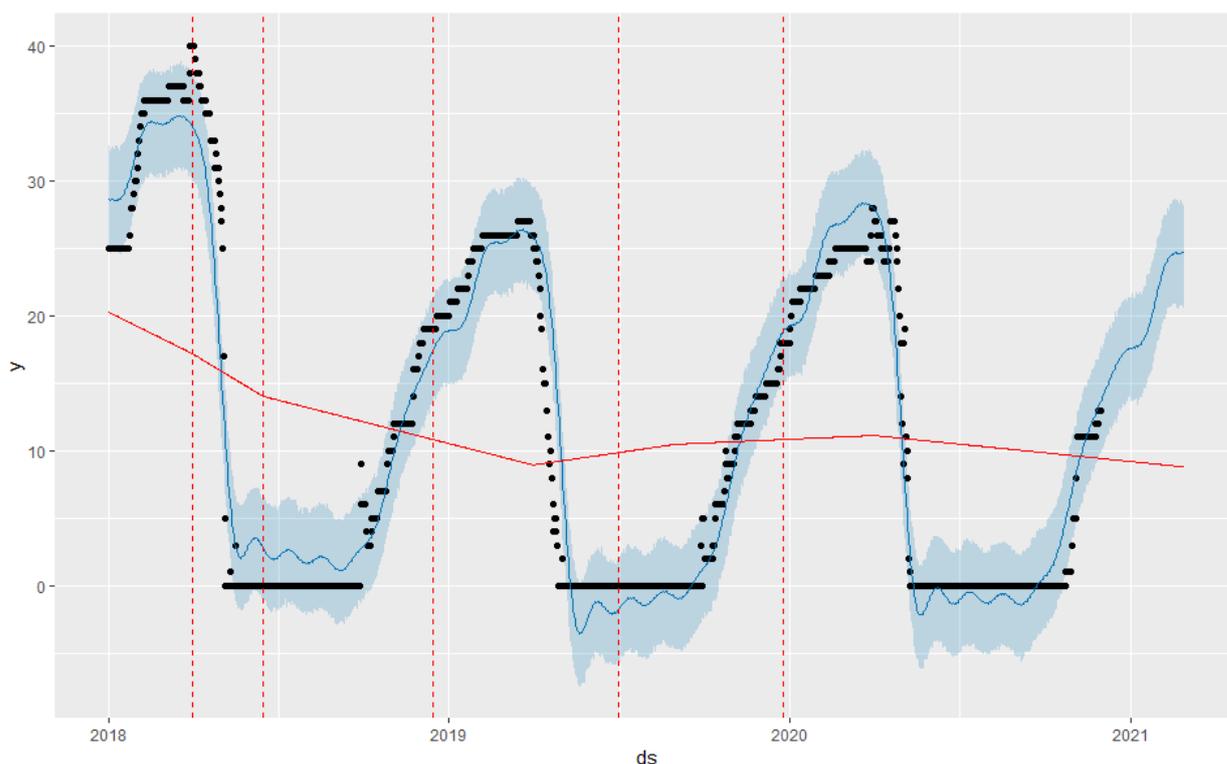


Рисунок 7 – Тренд с точками излома [16]

В дальнейшем рассмотрены параметры функции `prophet` и способы моделирования эффектов праздников. Нужно создать таблицу, содержащую столбец с названиями праздников и с временными местами, чтобы добавить эффект праздников в модель. Добавим данные из событий в модель.

На рисунке 8 приведены оцененные компоненты модели, включая эффекты событий, которые были добавлены с помощью аргумента «`holidays`» (второй график сверху).

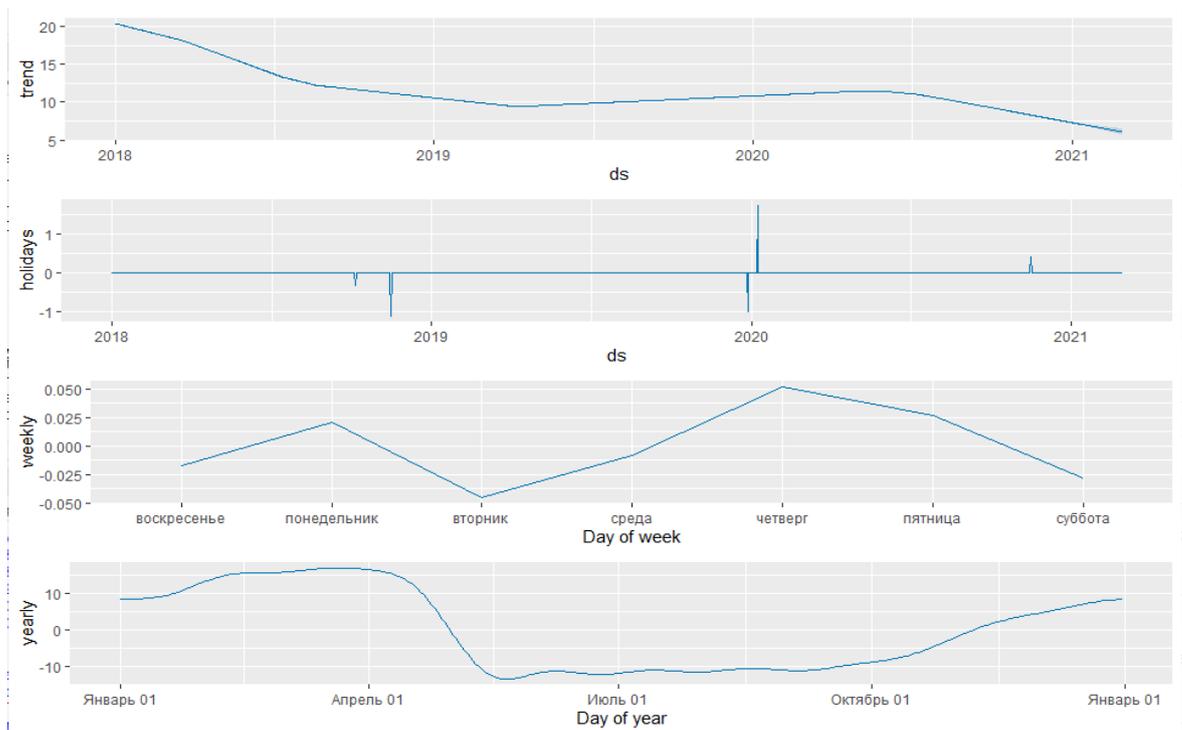


Рисунок 8 – Оцененные компоненты модели [16]

В пакет, с помощью которого проводится исследование, уже включены даты праздников в РФ, поэтому можно не включать выбранные события в модель, они будут автоматически в нее добавлены с помощью функции «add_country_holidays()». Построим модель, которая включает регулярные официальные праздники РФ [15].

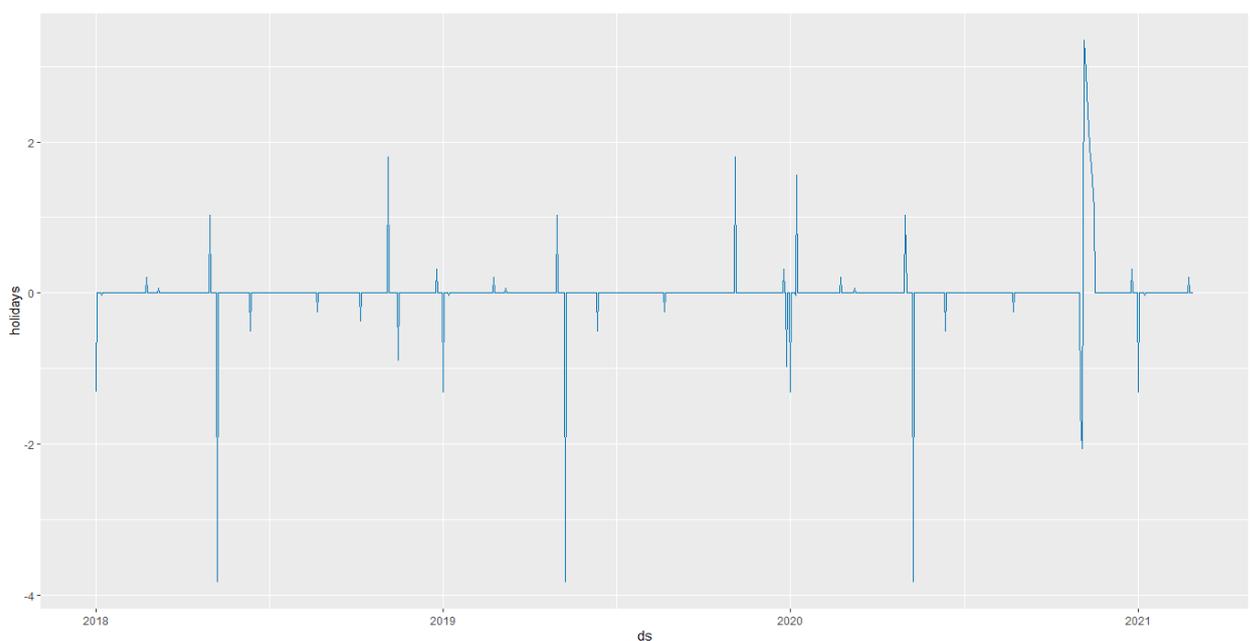


Рисунок 9 – Эффекты праздников, оцененные с помощью модели [16]

В «Prophet» чтобы не возникало эффекта переобучения модели, можно подавлять величину эффектов праздников.

Сезонные компоненты аппроксимируются в «prophet» с помощью частичных сумм ряда Фурье, число членов которого (порядок) определяет гладкость соответствующей функции [17].

Функция «prophet()» имеет три аргумента, с помощью которых можно контролировать гладкость функций годовой, недельной и дневной сезонности: «yearly.seasonality», «weekly.seasonality» и «daily.seasonality», которые автоматически добавляются в модель, если взяты данные за 2 года [15].

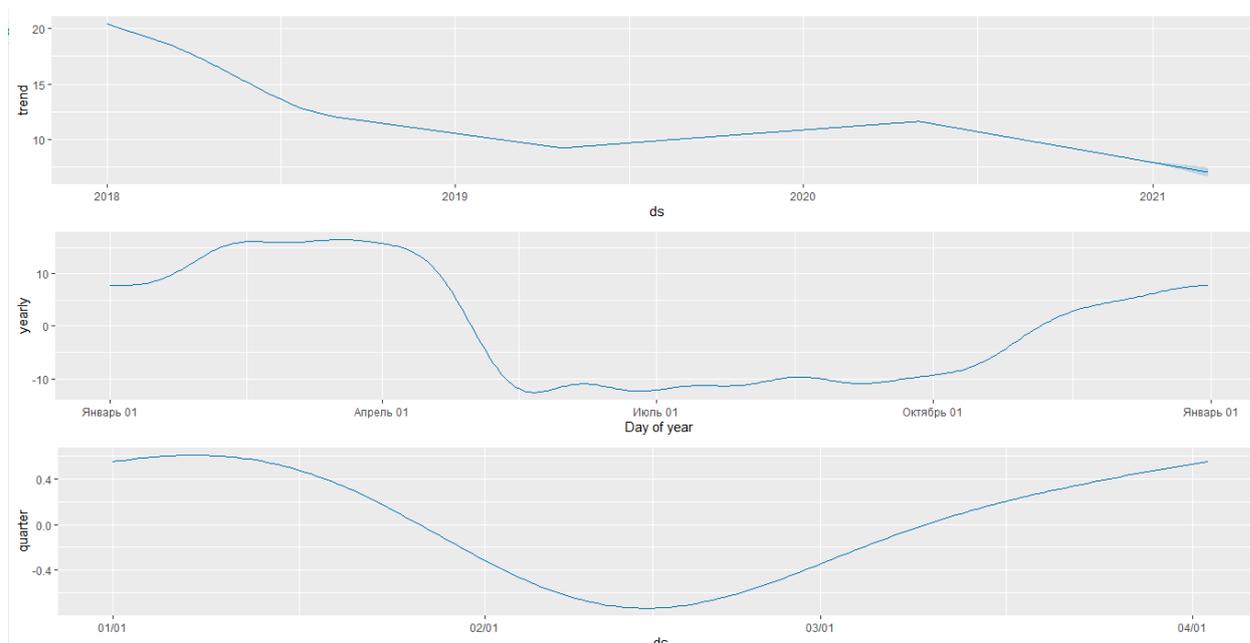


Рисунок 10 – Компоненты модели для сезонности [16]

На рисунке 10 изображена модель, в которой автоматически отключена недельная сезонность и вместо нее добавлена месячная (месячный период составляет 30.5 дней), в результате представлены все сезонные компоненты полученной модели (тренд, годовая и месячная сезонности).

В «Prophet» есть функция `condition.name`, которая может моделировать режимы, которые зависят от сторонних факторов [17].

Исключительно в качестве примера предположим, что недельные колебания величины снежного покрова в зимние месяцы отличаются от таковых в другие месяцы. Чтобы смоделировать такое различие добавим в таблицу с данными «df» две новые индикаторные переменные: «winter» (принимает значение «TRUE» в зимние месяцы и «FALSE» в другие месяцы) и «not_winter» («TRUE» в незимние месяцы и «FALSE» зимой). Важно помнить, что такие же переменные нужно



Рисунок 11 – Оцененные компоненты модели [16]

добавить и в таблицу с будущими датами «future_df» – иначе прогнозные значения рассчитать не получится.

Согласно полученной модели, в незимние месяцы величина снежного покрова в течение недели обычно достигает максимума по четвергам, тогда как в зимние месяцы равномерна.

С помощью функции `seasonality.prior.scale` и `prior.scale` можно контролировать уровень вклада сезонных компонент [15].

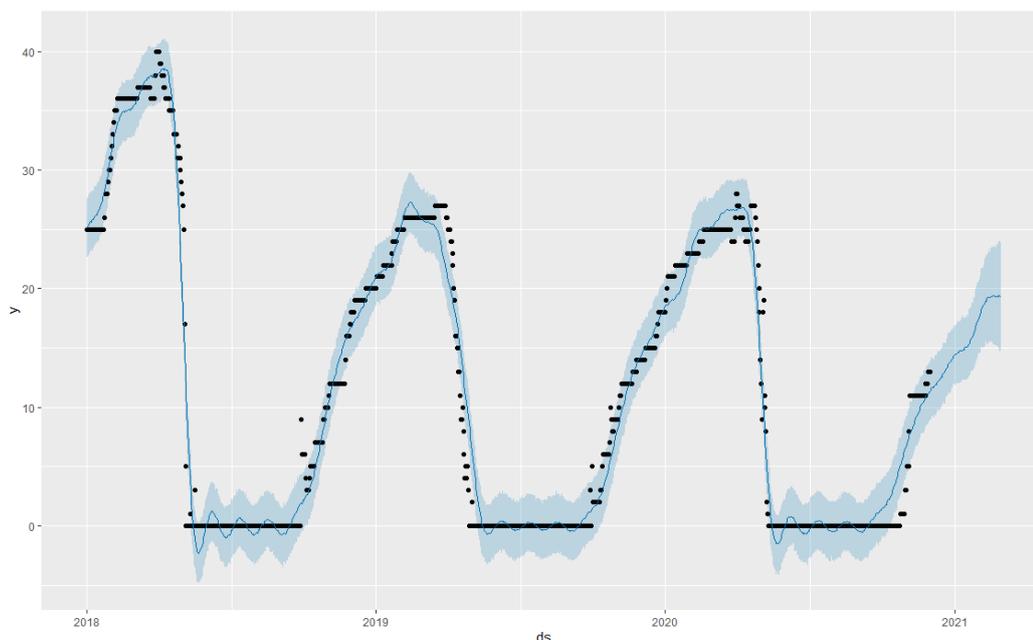


Рисунок 12 – Прогноз величины снежного покрова, построенный на основе мультипликативной модели [16]

По характеру функциональной связи между своими компонентами модели временных рядов делятся на два основных типа — аддитивные и мультипликативные. Первый из них применяется в случаях, когда амплитуда сезонных колебаний приблизительно постоянна. Если же эта

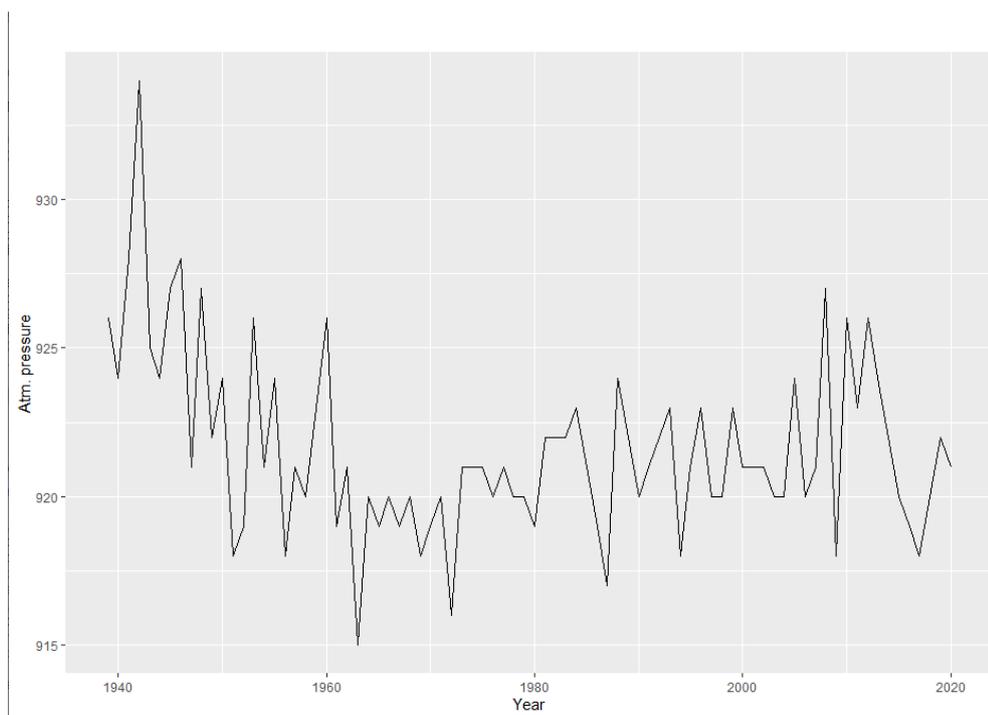


Рисунок 13 – Данные об атмосферном давлении в городе Оймякон [16]

амплитуда заметно изменяется во времени (обычно возрастает), то строят мультипликативную модель [8].

В дальнейшем рассмотрю модели сглаживания и прогнозирования временных рядов с использованием пакета `forecast` языка R.

Для выполнения данных исследований используются данные о величине атмосферного давления в городе Оймякон начиная с 1943 и заканчивая 2020 годами [14]. Данные взяты с портала `meteo.ru` и преобразованы в тип `time series` для работы с пакетом [16].

Так как данные не обладают четкой тенденцией или сезонной закономерностью (вывод об этом можно сделать, взглянув на рисунок 13), то для их обработки наилучшим образом подходит метод простого экспоненциального сглаживания [3].

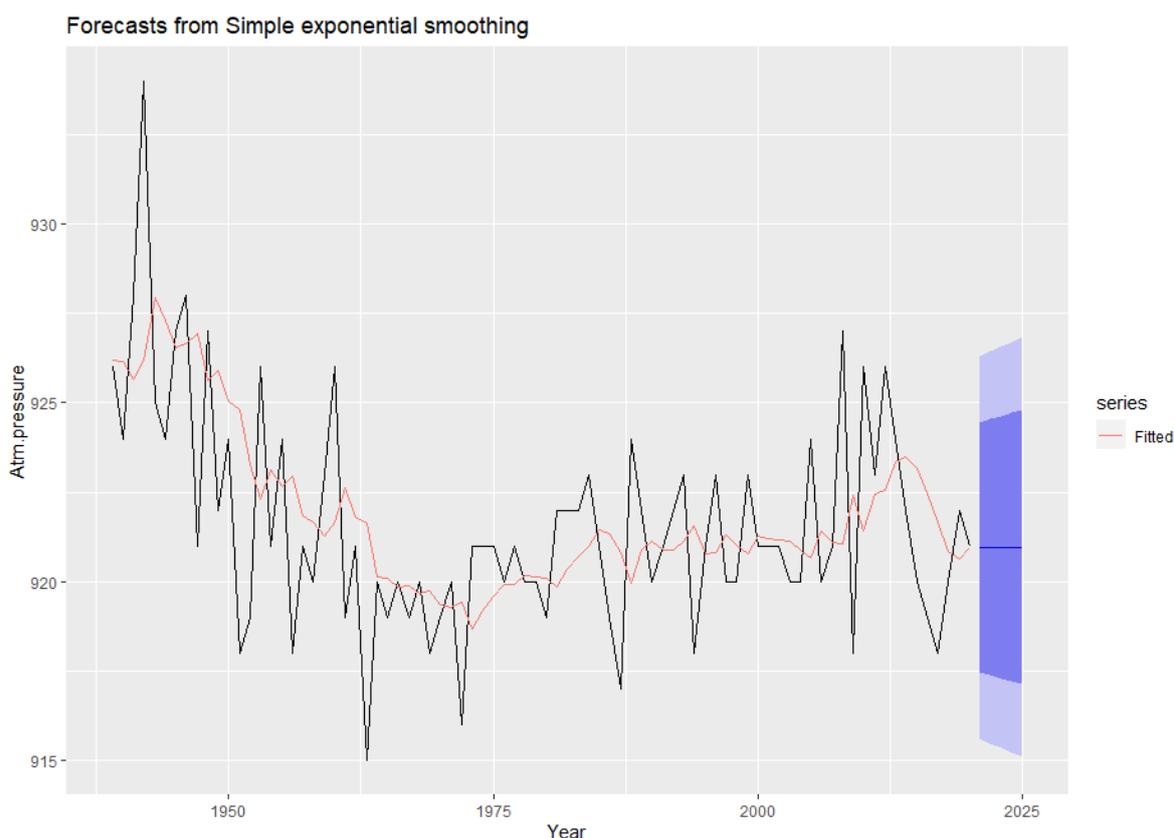


Рисунок 14 – Иллюстрация применения простого экспоненциального сглаживания [16]

Черная линия на рисунке 14 отображает график, показывающий изменение данных во времени, а красная подогаданные данные.

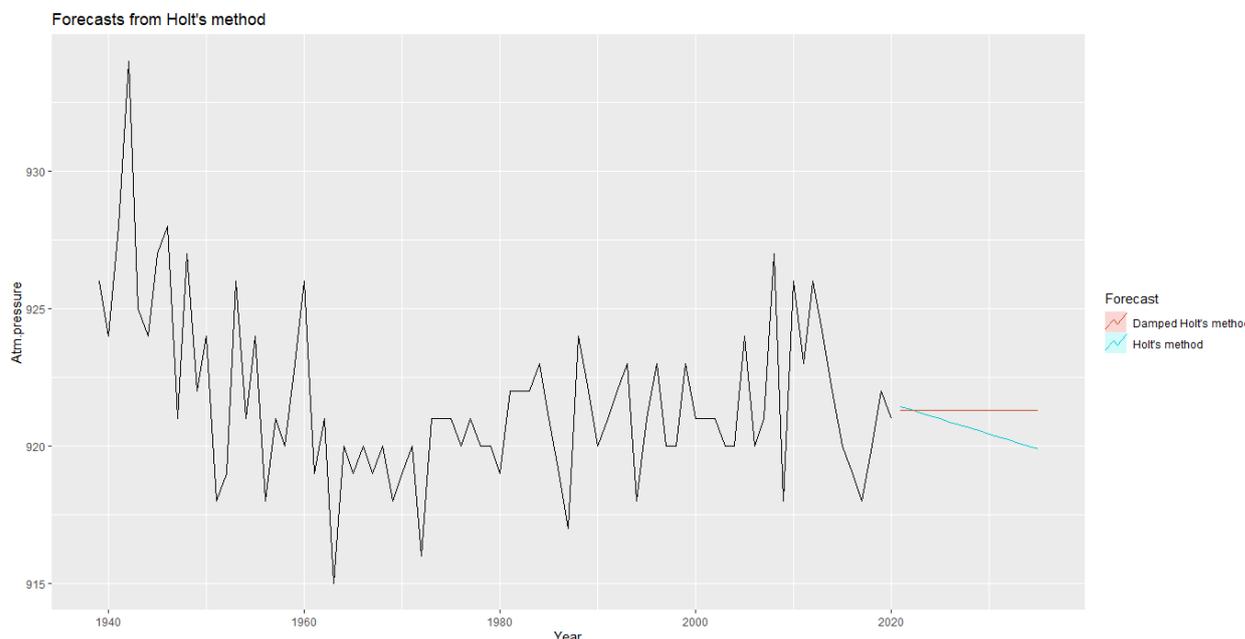


Рисунок 15 – Прогноз, полученный с помощью линейного тренда Холта и метода затухающего тренда [16]

Холт (1957) расширил простое экспоненциальное сглаживание, чтобы позволить прогнозировать данные с трендом. Функция прогноза больше не плоская, а трендовая. Прогноз на шаг вперед равен последнему расчетному уровню плюс, умноженному на последнее расчетное значение тренда. Следовательно, прогнозы являются линейной функцией [3].

Мы будем использовать перекрестную проверку временных рядов, чтобы сравнить точность одношагового прогноза трех методов. В результате чего оказалось, что «MSE» минимально у метода Холта. Этот метод лучше подходит для прогноза, применим его ко всему прогнозу данных.

Проведем оценку и выбор модели с использованием «ETS». Альтернативой оценке параметров путем минимизации суммы квадратов ошибок является максимизация «вероятности». Вероятность — это вероятность того, что данные будут получены из указанной модели. Таким образом, большая вероятность связана с хорошей моделью.

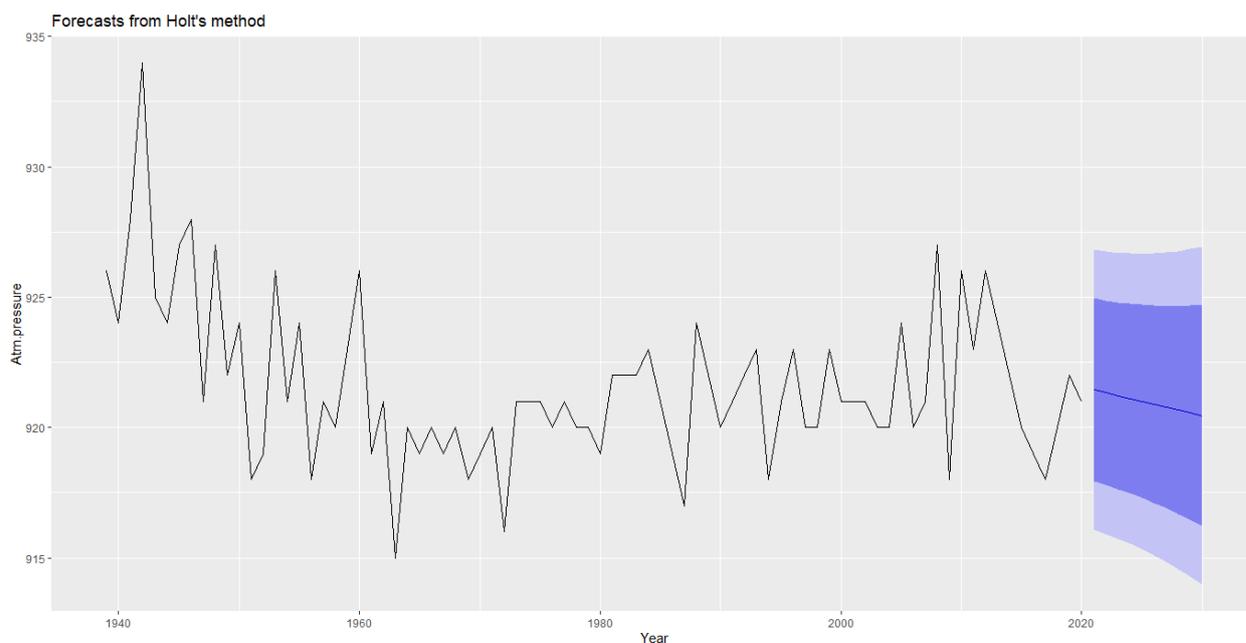


Рисунок 16 – Прогнозирование методом Хольта [16]

Для аддитивной модели ошибок максимизация вероятности (при условии нормально распределенных ошибок) дает те же результаты, что и минимизация суммы квадратов ошибок. Однако для мультипликативных моделей ошибок будут получены другие результаты.

Большим преимуществом статистической структуры «ETS» является то, что для выбора модели можно использовать информационные критерии «AIC» (информационный критерий «Акаике»), чтобы определить, какая из моделей «ETS» наиболее подходит для данного временного ряда [18].

Модели можно оценить в R, используя «ets()» функцию в пакете прогнозов . В отличие от функций, и «ses()» функция «holt()» не выдает прогнозы. Скорее, он оценивает параметры модели и возвращает информацию о подобранной модели.

Используем статистическую основу «ETS» для прогнозирования величины атмосферного давления в городе Оймякон, позволяем «ets()» функции выбрать модель, минимизируя «AIC» [3].

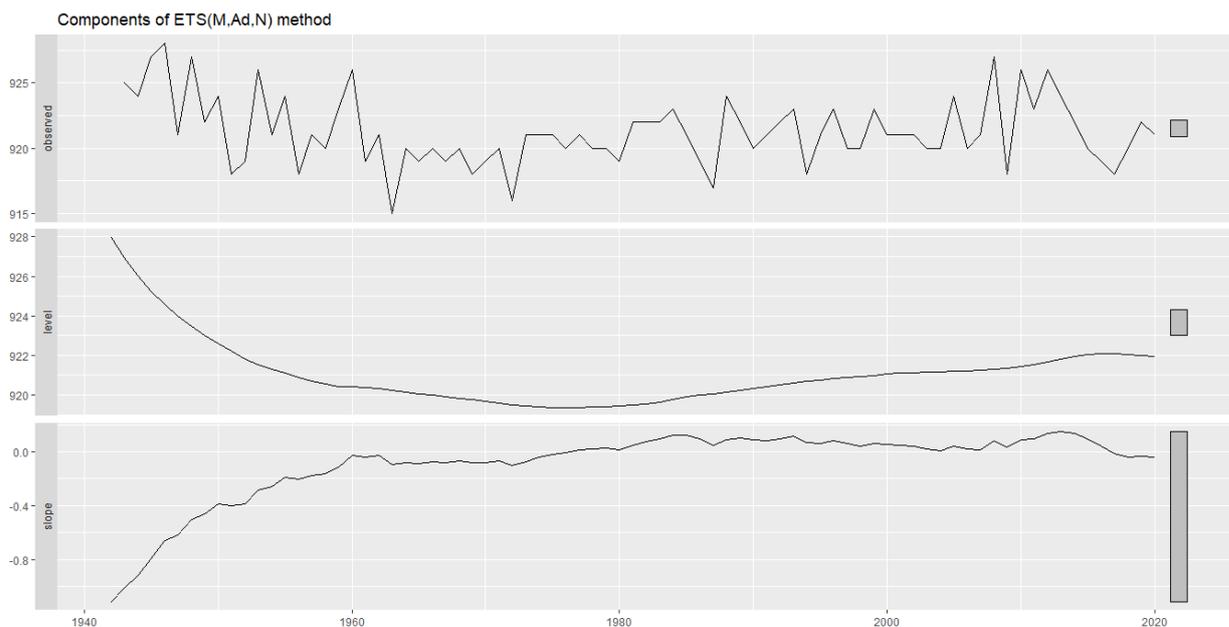


Рисунок 17 – Графическое представление предполагаемых состояний во времени [16]

На рисунке 17 показаны состояния во времени показаны точечные прогнозы и интервалы прогнозов, сгенерированные моделью. Небольшие значения и означают, что наклон и сезонные компоненты очень мало меняются с течением времени. Узкие интервалы прогнозирования указывают на то, что ряд относительно легко прогнозировать из-за сильного тренда и сезонности.

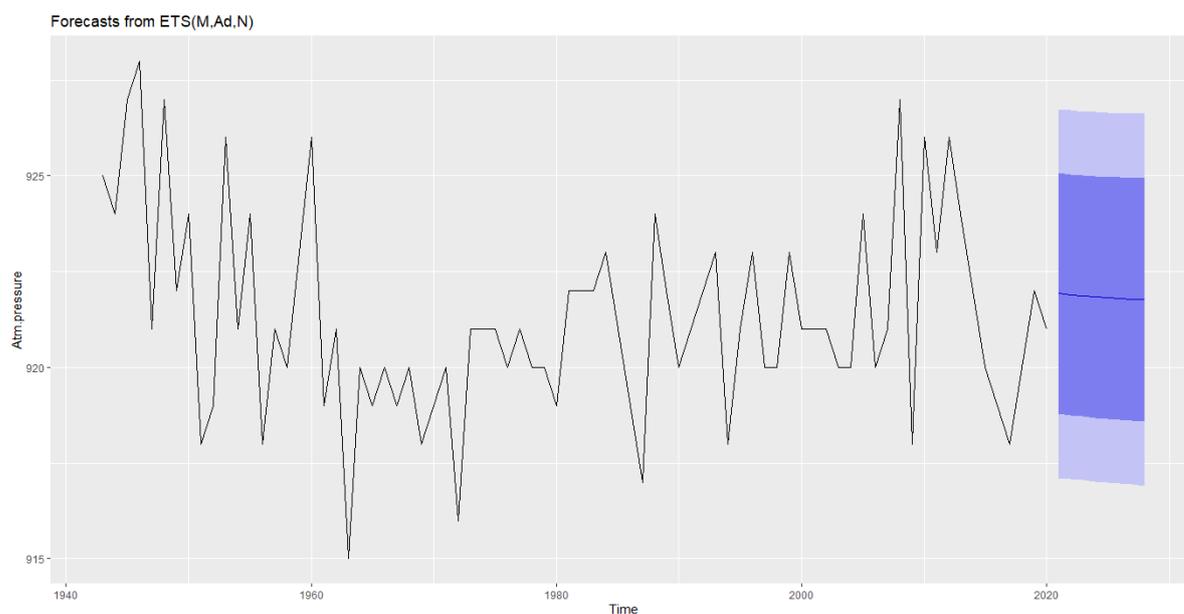


Рисунок 18 – Прогнозирование с использованием модели ETS [16]

Если объединить разность с авторегрессией и моделью скользящего среднего, мы получим несезонную модель «ARIMA». «ARIMA» — это аббревиатура от AutoRegressive Integrated Moving Average (в данном

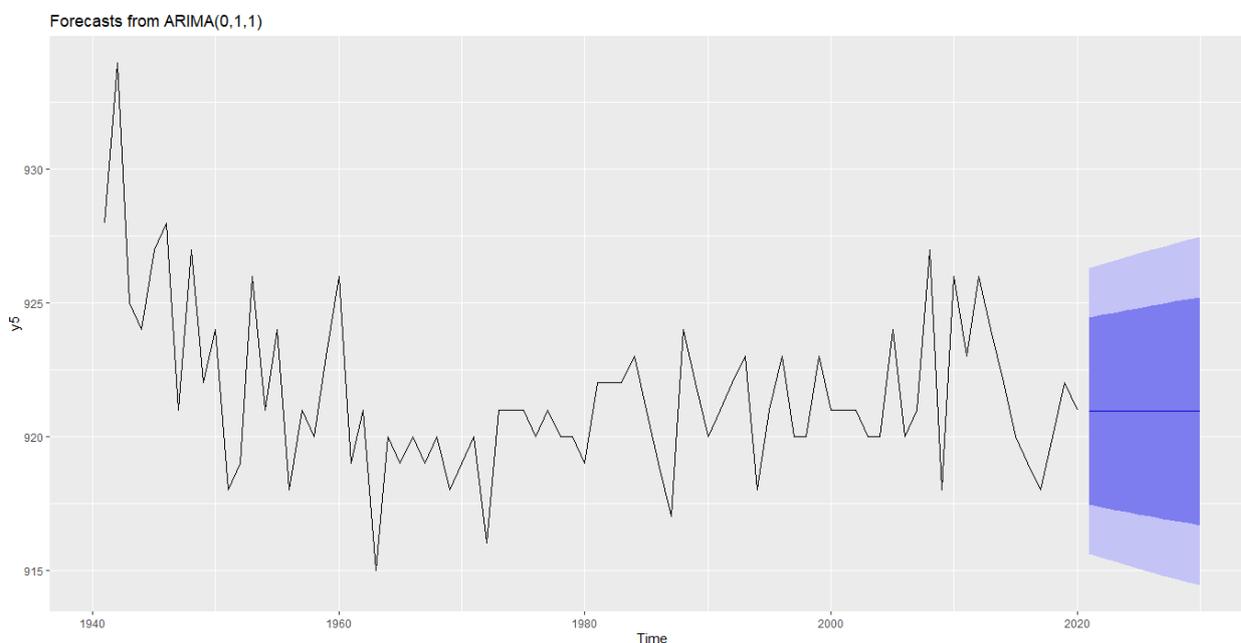


Рисунок 19 – Использование несезонной модели ARIMA для прогноза [16]

контексте «интеграция» — это противоположность дифференцированию).

Те же условия стационарности и обратимости, которые используются для моделей авторегрессии и скользящего среднего, применимы и к модели «ARIMA» [12].

3.2 Заключение по практическим исследованиям

В третьей главе представлены результаты практических исследований моделей прогнозирования для аккуратных временных рядов. В качестве исследуемых данных приняты сведения о величине снежного покрова и данные о величине атмосферного давления в городе Оймякон за разные промежутки времени.

С использованием пакета `forecast` выполнен прогноз о величине снежного покрова на 90 дней. С использованием функции произведено

изображение отдельных компонентов модели, благодаря чему было выявлено, что присутствуют слабо выраженные внутригодовые колебания и практически несуществующие колебания в пределах недели. В дальнейшем была построена сглаженная модель с несколькими точками излома. После чего создавалась модель с добавлением эффектов праздников.

Построена модель, в которой добавлены различные типы сезонностей (месячная, недельная, годовая), выполнена оценка и анализ, сделан вывод о том, что в незимние месяцы величина снежного покрова в течение недели обычно достигает максимума по четвергам, тогда как в зимние месяцы равномерна. Выполнен прогноз величины снежного покрова, основанный на мультипликативной модели.

С использованием пакета `forecast` произведено исследование данных о величине атмосферного давления в городе Оймякон с 1943 по 2020 год, данные не отличаются сезонностью, поэтому для них применялся метод простого экспоненциального сглаживания. Получен прогноз данных и использованием метода Хольта. Произведена оценка и выбор модели применяя модель ETS.

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение

Целью данного раздела является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- 1) Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований;
- 2) Определение возможных альтернатив проведения научных исследований, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- 3) Планирование научно-исследовательских работ;
- 4) Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

4.1 Предпроектный анализ

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Временной ряд представляет собой последовательность данных, описывающих объект в последовательные моменты времени. Существует две основные цели анализа временных рядов: определение природы ряда и прогнозирование, т.е. предсказание будущих значений временного ряда по настоящим и прошлым значениям. Исходя из этого можно сделать вывод, что к потенциальным потребителям можно отнести такие области как: астрономия – графики солнечной активности, экономика – изменения уровня безработицы или процентных ставок, метеорология – прогнозирование погодных условий, а также к планированию пропускных способностей, вычислительные системы.

Таблица 1 – Карта сегментирования рынка по методу прогнозирования

Метод Отрасль	Метод врем. рядов	Экспоненциальное сглаживание	Регрессионный метод
Астрономические обсерватории	+	-	-
Консалтинговые компании	+	+	+
Метеорологические компании	+	-	-
IT-компании	+	+	-
Медицинские учреждения	+	-	+

Исходя из приведенной карты сегментирования, уровень конкуренции метода прогнозирования с помощью временных рядов имеет высокие показатели.

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

На сегодняшний день существует множество конкурентных моделей прогнозирования: регрессионные, авторегрессионные, нейросетевые, экспоненциального сглаживания, цепи Маркова, классификационные модели и другие. Самыми очевидными конкурентными методами прогнозирования в данном исследовании являются: метод экспоненциального сглаживания и регрессивный метод. Приведем оценочную карту для сравнения конкурентных методов прогнозирования. Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 –слабая позиция, а 5 –сильная. Веса показателей в сумме должны составлять 1

Таблица 2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных методов прогнозирования

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкуренто-способность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Точность прогнозирования	0,3	5	4	4	1,5	1,2	1,2
2. Быстрота прогнозирования	0,17	4	3	4	0,68	0,51	0,68
3. Универсальность метода	0,13	4	4	3	0,52	0,52	0,39
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Уровень проникновения на рынок	0,12	3	4	3	0,36	0,48	0,36
2. Цена	0,15	4	3	4	0,6	0,45	0,6
3. Предполагаемый срок реализации	0,13	4	4	4	0,52	0,52	0,52
Итого	1	24	22	22	4,18	3,68	3,75

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i * B_i,$$

где: K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента; B_i – вес показателя (в долях единицы); B_i – балл i -го показателя.

Коэффициент конкурентоспособности предприятия:

$$K_K = \frac{K_{\phi}}{K_{\text{ксп}}} = \frac{4,18}{(3,68 + 3,75)/2} = 1,12,$$

так как $K_K > 1$, следовательно, предприятие конкурентоспособно.

4.1.3 SWOT-анализ

В данном разделе будет произведён SWOT-анализ, который поможет определить:

- 1) Сильные стороны и преимущества метода прогнозирования;
- 2) Слабости и уязвимости исследуемого метода в конкурентной борьбе с другими методами;
- 3) Благоприятные возможности развития;
- 4) Риски и наиболее эффективные действия для защиты от них.

SWOT-анализ проводится на основе таблицы 2, в которой представлены слабые и сильные стороны проекта, возможности и угрозы.

Таблица 3 – Матрица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Адаптация под нужды пользователя 2. Низкие затраты на реализацию 3. Возможен большой охват различных отраслей 4. Полная автоматизация процессов анализа временных рядов 5. Оперативное выявление проактивных ситуаций 	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Наличие аналогов 2. Нехватка квалификации 3. Отсутствие репутации на рынке 4. Значительные временные и интеллектуальные затраты на реализацию
<p>Возможности:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Актуальность 2. Расширение функциональной составляющей 3. Возможность применения новых методов обработки данных 4. Повышение стоимости конкурентных разработок 5. Публикация о разработке в тематических изданиях 	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и возможности»</p> <p>При расширении функциональных возможностей метода и усовершенствовании механизма прогнозирования, возможно охватить большее количество пользователей.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и возможности»</p> <p>Анализ потребностей пользователей может помочь со своевременной доработкой метода, при использовании новых методов обработки данных, требуется повышение квалификации разработчиков.</p>

Продолжение таблицы 3

<p>Угрозы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Высокий уровень конкуренции 2. Появление новых технологий 3. Неблагоприятная экономическая ситуация 4. Некорректное использование ПО 	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и угрозы»</p> <p>Активное продвижение метода, а также его доработка приведет к большему спросу, что позволит конкурировать с другими разработками</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и угрозы»</p> <p>Для более активного спроса следует прибегнуть к маркетинговому сопровождению</p>
--	---	--

В результате выполнения SWOT-анализа можно сделать вывод о том, что продукт имеет преимущества перед конкурентами при выходе на рынок. Несмотря на преимущества, есть и слабые стороны продукта: адаптация под нужды пользователя, низкие затраты на реализацию, возможен большой охват различных отраслей, полная автоматизация процессов анализа временных рядов, оперативное выявление проактивных ситуаций.

Несмотря на преимущества, есть и слабые стороны продукта: наличие аналогов метода, нехватка квалификации для реализации метода, Отсутствие репутации на рынке, значительные временные и интеллектуальные затраты на реализацию

Для улучшения и устранения слабых сторон необходимо повышать квалификацию разработчиков и привлекать маркетинговые инвестиции в проект.

4.2. Инициация проекта

4.2.1 Цели и результат проекта

Информация по заинтересованным сторонам проекта представлена в таблице 4.

Таблица 4 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Метеорологические организации в России	Разработка структуры хранилища данных временных рядов и алгоритмов прогнозирования с помощью временных них.

Цели и результаты проекта представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	Исследование и моделирование метода прогнозирования на основе данных временных рядов
Ожидаемые результаты проекта:	Разработанный метод прогнозирования на основе данных временных рядов
Критерии приемки результата проекта:	Соответствие прогнозируемых данных с реальными данными
Требования к результату проекта:	Возможность использования создаваемого метода прогнозирования с помощью временных рядов для реального коммерческого проекта.

4.2.1. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Для выявления возможных альтернатив разработки проекта и доработки результатов был использован морфологический подход. Он основан на систематическом исследовании всех теоретически возможных вариантов, вытекающих из закономерностей строения объекта проектной деятельности. В таблице в виде матрицы представлены возможные варианты реализации разработки.

Таблица 6 – Морфологическая матрица

	Исп.1	Исп.2	Исп.3
А. Отрасль исследования	Метеорология	Медицина	Экономика
Б. Количество направлений для которых производится прогнозирование	1	2	Больше 2
В. Реализация на языке программирования	R	Python	RНР

Путём комбинации различных параметров морфологии проекта были определены три наиболее оптимальных варианта исполнения: А1В1В1; А2В2В3; А3В1В2. Для данной матрицы наиболее оптимальным вариантом исполнения является первый.

4.3. Планирование научно-исследовательских работ

4.3.1. Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения работы, составляется план. В нем подсчитывается по пунктам трудоемкость работ, количество исполнителей, участвующих в проекте, расходы и текущие затраты: заработная плата, социальные отчисления. Поэтапный список работ, работающие исполнители, оценка объема трудоемкости отдельных видов работ сведена в таблице 7.

Таблица 7 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

№	Наименование работ	Исполнитель	Продолжительность, дней
1	Выдача и получение задания	Научный руководитель Исполнитель	1
2	Изучение литературы и сбор исходных материалов для проектирования	Исполнитель	13
3	Обзор базовых методов анализа временных рядов	Исполнитель	8
4	Разработка функциональной структуры программной системы для прогнозной аналитики	Исполнитель	2
5	Разработка структуры хранилища данных временных рядов	Научный руководитель Исполнитель	1
6	Создание пользовательского интерфейса системы для прогнозной аналитики	Исполнитель	8
7	Реализация конкретных моделей прогнозирования	Исполнитель	6

Продолжение таблицы 7

8	Проверка расчетов	Научный руководитель Исполнитель	1
9	Оформление работы по стандартам ТПУ	Исполнитель	10
10	Утверждение ВКР руководителем	Научный руководитель Исполнитель	1

4.3.2. Определение трудоемкости выполнения работ

Определение ожидаемой (средней) трудоемкости выполнения:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{mini}} + 2t_{\text{max}i}}{5},$$

где $t_{\text{ож}i}$ – наиболее вероятное время в течение, которого должна быть выполнена работа, чел-дни; t_{mini} – минимальное время для выполнения данного этапа при благоприятном стечении обстоятельств, чел-дни; $t_{\text{max}i}$ – максимальное время для выполнения данного этапа при неблагоприятном стечении обстоятельств, чел-дни.

Исходя из ожидаемой трудоемкости, рассчитывается продолжительность каждой работы в рабочих днях:

$$T_{pi} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i},$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дней; $t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел-дни; $Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

4.3.3 Разработка графика проведения научного исследования

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

$$T_{ki} = T_{pi} * k_{\text{кал}}$$

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.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году; $T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году; $T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

В 2022 году 365 календарных дней, из них 66 выходные и праздничные для 6-ти дневной рабочей недели. Тогда коэффициент календарности равен:

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 66} = 1,22$$

В таблице 8 представлены временные показатели проведения научно-исследовательской работы.

Таблица 8 – Временные показатели проведения научного исследования

№	Наименование работ	Трудоемкость работ			Исполнит ели	T _p , раб. дн.	T _{ki} , кал. дн.
		t _{min} , чел- дн.	t _{max} , чел- дн.	t _{ож} , чел- дн.			
1	Выдача и получение задания	1	2	1,4	НР, И	0,7	0,85
2	Изучение литературы и сбор исходных материалов для проектирования	8	13	10	И	10	12,2
3	Обзор базовых методов анализа временных рядов	6	8	6,8	И	6,8	8,3

Продолжение таблицы 8

4	Разработка функциональной структуры программной системы для прогнозной аналитики	1	2	1,4	И	1,4	1,7
5	Разработка структуры хранилища данных временных рядов	1	1	1	НР, И	0,5	0,61
6	Создание пользовательского интерфейса системы для прогнозной аналитики	6	8	6,8	И	6,8	8,3
7	Реализация конкретных моделей прогнозирования	4	6	4,8	И	4,8	5,85
8	Проверка расчетов	1	1	1	НР,И	0,5	0,61
9	Оформление работы по стандартам ТПУ	7	10	8,2	И	8,2	10,004
10	Утверждение ВКР руководителем	1	1	1	НР,И	0,5	0,61

НР – научный руководитель; И – исполнитель

На основе таблицы 8 был построен календарный план-график в виде диаграммы Ганта.

Таблица 9 – График Ганта

№	Вид работ	Тк _и , кал.дней	Продолжительность выполнения работ									
			март		апрель			май			июнь	
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	
1	Выдача и получение задания	0,85										
2	Изучение литературы и сбор исходных материалов для проектирования	12,2										
3	Обзор базовых методов анализа временных рядов	8,3										
4	Разработка функциональной структуры программной системы для прогнозной аналитики	1,7										
5	Разработка структуры хранилища данных временных рядов	0,61										
6	Создание пользовательского интерфейса системы для прогнозной аналитики	8,3										
7	Реализация конкретных моделей прогнозирования	5,85										
8	Проверка расчетов	0,61										
9	Оформление работы по стандартам ТПУ	10,00										
10	Утверждение ВКР руководителем	0,61										

 - научный руководитель;  - исполнитель

4.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

4.4.1 Расчет затрат на специальное оборудование для научных исследований

Выполним расчет затрат на специальное оборудование для научных исследований.

Таблица 10 - Первоначальные инвестиции в проект

Наименование оборудования	Кол-во ед.	Цена оборудования, тыс. руб
Программное обеспечение R-Studio	1	10 000
Персональный компьютер	1	50 000
Принтер	1	8 000
Итого		68 000

Суммарные инвестиции на оборудование составят $K = 68\ 000$ руб.

4.4.2 Затраты по основной заработной платы исполнителей темы

Основной заработной платой является вознаграждение за выполненную работу в соответствии с установленными нормами труда.

Статья включает сумму основной заработной платы и дополнительной заработной платы работников, которые непосредственно заняты выполнением НТИ:

$$Z_{\text{общ}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная зарплата, $Z_{\text{доп}}$ - дополнительная зарплата.

Расчет месячной зарплаты для руководителя:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} * (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) * k_{\text{р}} = 33,6 * (1 + 0,3 + 0,2) * 1,3 = 65,5 \text{ тыс. руб.}$$

где $Z_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, 33,6 тыс. руб. (заработная плата руководителя);

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3;

k_D – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2;

k_p – районный коэффициент, для Томска равный 1,3.

Основная заработная плата руководителя ($Z_{осн}$):

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p$$

где,

$Z_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ выполняемых научно-техническим работником, рабочие дни;

$Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата руководителя:

$$Z_{дн} = (Z_m \cdot M) / F_d = (65,5 \cdot 10,4) / 243 = 2,8 \text{ тыс. руб}$$

где,

Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

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

отпуске в 56 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, рабочие дни.

$$Z_{осн} = 2,8 \cdot 2,2 = 6,17 \text{ тыс. руб}$$

Дополнительная заработная плата рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 6,17 \cdot 0,12 = 0,74 \text{ тыс. руб}$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12).

Общая зарплата для руководителя:

$$Z_{общ} = 6,17 + 0,74 = 6,9 \text{ тыс. руб}$$

Таблица 11 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{тс}$, руб	$K_{пр}$	K_D	K_p	Z_m , руб	$Z_{дн}$, руб	$Z_{доп}$, руб	T_p , раб дни	$Z_{осн}$, руб
Руководитель	33600	0,3	0,2	1	65520	2800	740	2,2	6170
Исполнитель	26400	0,3	0,2	1	51480	2203	10630	40,2	88570

4.4.3 Отчисления во внебюджетные фонды

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$ЗП_{\text{вн}} = k_{\text{вн}} * (З_{\text{доп}} + З_{\text{осн}}) = 0,302 * (94,74 + 11,37) = 32,04 \text{ тыс. руб.}$$

где $k_{\text{вн}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.), 30,2 %.

Величина отчислений для руководителя

$$ЗП_{\text{вн}} = 0,302 * (6,910) = 2,09 \text{ тыс. руб}$$

Величина отчислений для исполнителя

$$ЗП_{\text{вн}} = 0,302 * (99,2) = 29,96 \text{ тыс. руб}$$

4.4.4 Расчет накладных расходов

Расчет накладных расходов:

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$И_{\text{н}} = (\text{сумма статей}) * k_{\text{нр}} = 206,15 * 0,16 = 32,98 \text{ тыс. руб.}$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16 %. Таким образом, накладные расходы на данный проект составляют 32,98 тыс. руб.

4.4.5 Формирование бюджета затрат научно-технического исследования

На основании выполненных расчетов сформируем бюджет научно-технического проекта

Таблица 12 – Бюджет проекта

№	Наименование статьи	Сумма, руб.	В % к итогу
1	Затраты на специальное оборудование	68000	28,43642
2	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	94740	39,61862
3	Дополнительная заработная плата исполнителей темы	11370	4,754736
4	Отчисления во внебюджетные фонды	32040	13,39857
5	Накладные расходы	32980	13,79166
	Бюджет затрат НТИ	239130	100

Определим итоговые затраты на научно-технический проект по разработке программного обеспечения для прогнозирования сезонных временных рядов.

4.4.6 Расчет прибыли

Для данного проекта невозможно рассчитать прибыль, так как проект является некоммерческим.

Расчет НДС.

НДС составляет 20% от суммы затрат на разработку и прибыли. Рассчитаем НДС:

$$\text{НДС} = 0,2 * Б = 0,2 * 239,130 = 47,82 \text{ тыс. руб}$$

где Б – бюджет затрат на НИИ.

Расчитаем стоимость разработки

Цена разработки НИИ равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС:

$$\text{НДС} = \text{Б} + \text{НДС} = 239,130 + 47,82 = 286,95 \text{ тыс. руб}$$

4.4.7 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

Интегральный финансовый показатель проекта рассчитывается как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки; Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения; Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения.

Интегральный показатель ресурсоэффективности рассчитывается как:

$$I_{pi} = \sum a_i * b_i$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности; a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки; b_i – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки.

Таблица 13 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Исполнительный проект 2	Исполнительный проект 3
1. Способствует сокращению времени на первичный анализ	0,2	5	3	5
2. Простота использования	0,15	3	3	3
3. Надежность	0,15	4	3	3
4. Воспроизводимость	0,15	4	4	4
5. Ресурсоэффективность	0,15	4	4	4
6. Конкурентоспособность	0,2	4	3	4
Итого	1			

Результаты интегральных показателей ресурсоэффективности разработки

Определим интегральный показатель ресурсоэффективности для разрабатываемого ПО:

$$I_{pi}(\text{Исп. 1}) = 0,2 * 5 + 0,15 * 3 + 0,15 * 4 + 0,15 * 4 + 0,15 * 4 + 0,2 * 4 = 4,05$$

Аналогично определим для других проектов (см. таблицу 14).

Таблица 14 - Сравнительная эффективность разработки

Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	Текущий проект	Исполнительный проект 2	Исполнительный проект 3
	4,05	3,3	3,9

Из расчетов выявлено, что текущий проект по интегральному показателю ресурсоэффективности вариантов является выгодным и превосходит аналоги. Так как данный проект является только научной разработкой и началом исследования, то интегральный финансовый показатель разработки рассчитать не представляется возможным.

Заключение по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

В результате проведения разработки раздела финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение было выяснено, что данный проект оправдывает физические и материальные затраты.

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, показал, что коэффициент конкурентоспособности (K_K) предприятия равен 1,12. Так как $K_K > 1$, следовательно, предприятие конкурентоспособно.

В ходе полной оценки стоимости проведения проекта был сформирован его бюджет. Общая стоимость разработки составила 286,95 тыс. рублей.

5 Социальная ответственность

Введение

Целью настоящей работы является разработка моделей для прогнозирования временных рядов. Временной ряд представляет собой последовательность данных, описывающих объект в последовательные моменты времени. Разработка проекта проводилась в аудитории 401 корпуса №10 НИТПУ (45 кв. м) при проведении научных исследований с помощью портативного компьютера.

Существует две основные цели анализа временных рядов: определение природы ряда и прогнозирование, т.е. предсказание будущих значений временного ряда по настоящим и прошлым значениям. Исходя из этого можно сделать вывод, что к потенциальным потребителям можно отнести такие области как: астрономия – графики солнечной активности, экономика – изменения уровня безработицы или процентных ставок, метеорология – прогнозирование погодных условий, а также к планированию пропускных способностей, вычислительные системы.

На рабочем месте в аудитории должны быть предусмотрены меры защиты от возможного воздействия опасных и вредных факторов. Уровни этих факторов не должны превышать предельных значений, оговоренных правовыми, техническими и санитарно-техническими нормами. Эти нормативные документы обязывают к созданию на рабочем месте условий труда, при которых влияние опасных и вредных факторов на работников либо устранено совсем, либо находится в допустимых пределах.

5.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.1.1 Правовые нормы трудового законодательства

Нормальная продолжительность рабочего времени не может превышать 40 часов в неделю (91 статья ТК РФ). Таким образом, при пятидневном режиме работы длительность смены составляет не более 8 часов. При это должен организоваться перерыв для отдыха и питания продолжительностью не более двух часов и не менее 30 минут, который в рабочее время не включается (108 статья ТК РФ).

Защита персональных данных работника регламентируется Федеральным закон "О персональных данных" от 27.07.2006 N 152-ФЗ. Согласно данному закону, обработка персональных данных должна ограничиваться достижением конкретных, заранее определённых и законных целей. При обработке персональных данных должны быть обеспечены точность персональных данных, их достаточность, а в необходимых случаях и актуальность по отношению к целям обработки персональных данных. Оператор должен принимать необходимые меры либо обеспечивать их принятие по удалению или уточнению неполных или неточных данных.

Раздел 6 (главы 20-22 ТК РФ) определяют положения оплаты и нормирования труда. Согласно статье 133 ТК РФ минимальный размер оплаты труда устанавливается одновременно на всей территории Российской Федерации федеральным законом и не может быть ниже величины прожиточного минимума трудоспособного населения. В Томской области в 2022 году размер МРОТ составляет 14000 рублей без учёта районного коэффициента и процентной надбавки. 159 статья ТК РФ гарантирует работникам применение систем нормирования труда, определяемых работодателем с учетом мнения представительного органа работников или устанавливаемых коллективным договором.

5.1.2 Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны

Чтобы уменьшить факторы, которые неблагоприятно влияют на самочувствие работающего (большие зрительные нагрузки, недостаток физической активности), нужно чтобы рабочая зона соответствовала некоторым требованиям.

В соответствии с [14-16], чтобы условия труда были благоприятными, снималась нагрузка на зрение, монитор в аудитории соответствует следующим требованиям:

- Экран имеет антибликовое покрытие;
- Цвета знаков и фона согласованы между собой.
- Проводится тщательное регулярное обслуживание ПЭВМ специалистами.

Конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования с учетом его количества и конструктивных особенностей, характера выполняемой работы. Высота рабочей поверхности стола должна регулироваться в пределах 680 – 800 мм; при отсутствии такой возможности высота рабочей поверхности должна составлять 725 мм. В аудитории установлен рабочий стол с высотой рабочей поверхности 700мм, также имеет пространство для постановки ног, которое составляет: высоту 690 мм, ширину 1000 мм, глубину – на уровне колен, 500 мм и на уровне вытянутых ног – 700 мм.

Конструкция рабочего стула должна поддерживать рациональную рабочую позу при работе сидя, позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины для предупреждения утомления. Рабочий стул должен быть подъемно – поворотным и регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки от переднего края сиденья. Поверхность сиденья, спинки и

других элементов стула должна быть полумягкой с нескользящим, не электризующимися и воздухопроницаемым покрытием, обеспечивающим легкую очистку от загрязнений.

В данный момент рабочий стул на исследуемом рабочем месте не соответствует требованиям нормативных актов. Для соответствия требованиям следует приобрести рабочий стул, который будет обеспечивать функции регулировки по высоте и углу наклона спинки стула.

5.2 Производственная безопасность

5.2.1 Анализ выявленных вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при разработке проектного решения

Перечень опасных и вредных факторов, присутствующих при проведении экспериментов представлен в таблице 15.

Таблица 15 – Возможные опасные и вредные факторы на рабочем месте для оператора ПЭВМ

Факторы (по ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
Опасные	
1. Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий	ГОСТ 12.1.038-82. ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ «Электробезопасность»
Вредные	
2. Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение
6. Монотонность труда, вызывающая монотонию	СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания"
7. Перенапряжение зрительного анализатора	
8. Отклонение показателей микроклимата	ГОСТ 12.1.005-88
9. Производственные факторы, связанные с неионизирующими излучениями	СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания"

Производственные факторы, связанные с неионизирующими излучениями

В аудитории №401 10 корпуса НИТПУ установлено 6 персональных компьютеров. Компьютер имеет два источника электромагнитного излучения (монитор и системный блок).

Пользователь ПК лишен возможности работать на безопасном расстоянии; длительное время влияния компьютера (для современных пользователей может составлять более 12 часов, при официальных нормах, запрещающих работать на компьютере более 6 часов в день).

К наиболее типичным профессиональным заболеваниям, которые работник может получить в результате травмы можно отнести функциональные изменения со стороны центральной нервной системы, сердечно-сосудистой, нейрогуморальной.

Таким образом, степень воздействия ЭМП на организм человека зависит от интенсивности облучения, длительности воздействия и диапазона частот [17].

В соответствии с [18] нормы допустимых уровней напряженности электрических полей зависят от времени пребывания человека в контролируемой зоне.

Работа в условиях облучения электрическим полем с напряженностью 20–25 кВ/м продолжается не более 10 минут. При напряженности не выше 5 кВ/м присутствие людей в рабочей зоне разрешается в течение 8 часов.

Так как напряженность магнитного поля в аудитории не слишком велика, и сотрудники находятся там не более 8 часов день, то в специальных средствах защиты нет необходимости.

В зависимости от категории трудовой деятельности и уровня нагрузки за рабочую смену при работе с ПЭВМ устанавливается суммарное время регламентированных перерывов (таблица 16).

Таблица 16 – Время регламентированных перерывов при проведении научного исследования в аудитории

Категория работы с ПЭВМ	Уровень нагрузки за рабочую смену при видах работ с ПЭВМ	Суммарное время регламентированных перерывов, мин.	
	группа В, ч	При 8 часовой смене	При 12 часовой смене
III	до 6	90	140

В данном случае вид трудовой деятельности – В, так как во время исследований работа происходит в режиме диалога. Категория тяжести и напряженности работы с ПЭВМ – III, так как в среднем работа по проекту занимает до 5 часов [14].

Производственные факторы, связанные с электрическим током

ПЭВМ являются потенциальными источниками опасности поражения человека электрическим током, особенно при нарушении правил подключения ПЭВМ к питающей сети. Проходя через организм человека, электрический ток оказывает термическое, электролитическое и биологическое действие. К наиболее типичным профессиональным травмам, которые работник может получить в результате воздействия фактора можно отнести электроудар и электротравму.

Помещения, где размещаются рабочие места с ПЭВМ, должны быть оборудованы защитным заземлением в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации электроустановок и вычислительной техники. Рабочие места с ПЭВМ не следует размещать вблизи силовых кабелей и вводов, высоковольтных трансформаторов, технологического оборудования, создающего помехи в работе ПЭВМ.

Категория помещения (аудитории НИТПУ) по степени опасности поражения электрическим током для аудитории относится к «помещениям без повышенной опасности поражения людей электрическим током».

Таблица 17 – Допустимые уровни напряжений прикосновений и токов

Режим	Род тока					
	Переменный, 50 Гц			Постоянный		
	U, В	I, мА	Продолжительность, мин	U, В	I, мА	Продолжительность, мин
Нормальный	2	0,3	<10	8	1	<10

Для оператора ПЭВМ при работе с электрическим оборудованием обязательны следующие меры предосторожности:

- Перед началом работы нужно убедиться, что выключатели и розетка закреплены и не имеют оголённых токоведущих частей;
- При обнаружении неисправности оборудования и приборов необходимо, не делая никаких самостоятельных исправлений, сообщить человеку, ответственному за оборудование.

Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения

К наиболее типичным профессиональным заболеваниям или травмам, которые работник может получить в результате воздействия фактора, можно отнести нарушение зрения, симптомы депрессии, нарушение сердечного ритма, работоспособности и производительности труда, нарушение осанки.

Оценка освещенности рабочей зоны необходима для обеспечения нормативных условий работы в помещениях и проводится в соответствии с [18].

Основные требования к рабочему освещению:

- 1) Создание достаточной освещённости на рабочих местах согласно нормам;
- 2) Высокое качество освещения – спектральный состав, близкий к естественному, ограничение прямой и отражённой блёскости, рациональное направление света, постоянство освещённости во времени;
- 3) Бесперебойность и длительность работы установки в данных условиях среды;
- 4) Пожарная и электрическая безопасность осветительных устройств;

5) Экономичность осветительной установки.

По [18] для аудиторий научно-исследовательских учреждений норма освещенности составляет 400 лк.

Монотонность труда, вызывающая монотонию

Продолжительная работа с монитором при проведении экспериментов, может привести к нервно-эмоциональному перенапряжению, нарушению сна, ухудшению состояния, снижению концентрации внимания и работоспособности, хронической головной боли, повышенной возбудимости нервной системы, депрессии, уменьшению содержания в организме витаминов и минералов.

Перенапряжение зрительного анализатора

При работе с ПК оператор считывает текст почти не наклоняя голову, глаза смотрят прямо или почти прямо вперед, текст формируется по другую сторону экрана, поэтому пользователь не считывает отраженный текст, а смотрит напрямую на источник света, что вынуждает глаза и орган зрения в целом работать в несвойственном ему стрессовом режиме длительное время.

Отклонение показателей микроклимата

Микроклимат производственных помещений – это комплекс физических факторов, оказывающих влияние на теплообмен человека и определяющих самочувствие, работоспособность, здоровье и производительность труда.

Влияние фактора на организм человека:

- Понижение температуры и повышение скорости движения воздуха, может привести к переохлаждению организма, самое главное, что микроклимат напрямую оказывают существенное влияние на производительность труда.

- Повышенная температура вызывает нарушение состояния здоровья, снижение работоспособности и производительности труда, тепловой коллапс.

Показатели микроклимата: температура воздуха, относительная влажность воздуха, скорость движения воздуха

Таблица 18 – Оптимальные показатели микроклимата на рабочих местах категории 1а, согласно ГОСТ 12.1.005-88

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

Допустимые микроклиматические условия в отличие от оптимальных могут привести к ощущению теплового дискомфорта, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности. Они не вызывают нарушения состояния здоровья.

Таблица 19 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах категории 1а, согласно СП 2.4.3648-20

Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Теплый	21-28	22-29	15-75	0,1-0,2
Холодный	20-25	19-26	15-75	0,1

Создание оптимальных параметров микроклимата осуществляется за счет: центрального отопления, проветривания помещения, влажной уборки, вентиляции, искусственного кондиционирования, увлажнителя воздуха.

В рассматриваемом рабочем кабинете в холодное время года температура может опускаться до 22-24 °С, а в теплое время года подниматься до 23-25 °С, что соответствует требованиям.

5.2.2 Обоснование мероприятий по снижению воздействия

Так как расчет освещенности аудитории показал соответствие нормам [19]. Отсутствует необходимость в мероприятиях по снижению воздействия данного вредного фактора.

В качестве защиты от электромагнитного излучения компьютера могут быть предложены следующие мероприятия:

1. Системный блок и монитор должен находиться как можно дальше от работника;

2. Не оставлять компьютер включённым на длительное время. Возможно использование «спящего режима» для монитора;

3. В связи с тем, что электромагнитное излучение от стенок монитора намного больше, необходимо поставить монитор в угол, так чтобы излучение поглощалось стенами. Особое внимание стоит обратить на расстановку мониторов в офисах;

4. По возможности сократить время работы за компьютером и как можно чаще делать перерывы в работе;

5. Компьютер должен быть заземлён. Если приобретены защитные экраны, то их тоже следует заземлить, для этого специально предусмотрен провод, на конце которого находится металлическая прищепка [14].

Мероприятия по снижению воздействия статического электричества:

- ликвидация или снижение возможности возникновения искровых разрядов
- уменьшение электризации веществ и материалов;
- обеспечение рассеивания или отвод возникающих электростатических зарядов [20].

Во избежание поражения электрическим током при работе с ПК разработаны мероприятия по технике безопасности [20]:

- установка защитного заземления;

- при монтаже использовать изолированные кабели и провода;
- к работе не допускать лица, прошедшие инструктаж по ТБ [21].

При постоянной работе на ПК для повышения работоспособности и сохранения здоровья к мерам безопасности относится защита организма с помощью витаминно-минеральных комплексов, которые рекомендуется применять всем операторам ПК.

Для снижения нагрузки на органы зрения рекомендуется делать перерывы во время работы, гимнастику для глаз или использовать специальные антибликовые очки для работы с ПК

5.3 Экологическая безопасность

Постепенно возрастает загрязнение атмосферы, гидросферы и литосферы за счет утилизации, переработки и захоронения материалов компьютерной техники после окончания срока эксплуатации.

Если оборудование неисправно, его нужно правильно утилизировать, что подразумевает, что сначала оборудование будет списано; потом, для того чтобы подтвердить наличие неисправности оборудования, пройдет проверку у специалистов, которые разберут устройство. Далее происходит переработка материалов (пластик, различные металлы). Также стоит утилизировать бумагу, которая приобретается для работы с принтером и отходы, которые остаются после использования принтера (картриджи и тд).

Также не рекомендуется покупать новые ПЭВМ без особой надобности, ведь при модернизации компьютера могут быть заменены практически все узлы такие как: материнская плата, блок питания, центральный процессор, оперативная память, видеокарта, жесткий диск, сетевая плата.

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В аудитории №401 10 корпуса НИ ТПУ может возникнуть пожар - местная техногенная чрезвычайная ситуация. Пожарная безопасность может быть обеспечена мерами пожарной профилактики и активной пожарной защиты. Пожарная профилактика включает комплекс мероприятий, направленных на предупреждение пожара или уменьшение его последствий.

Причиной возникновения пожара может стать нарушение противопожарного режима.

Согласно [22] здание 10-го корпуса НИ ТПУ относится к группе негорючих помещений относится к категории В-4 и с учетом наличия электроустановок напряжением до 1000 В на 100 м² должны быть: один углекислотный огнетушитель типа ОУ-8 и один пенный - типа ОП-10.

В практике тушения пожаров наибольшее распространение получили следующие принципы прекращения горения:

1. Изоляция горения очага от воздуха или снижение концентрации кислорода путем разбавления воздуха негорючими газами (углеводы $CO_2 < 12-14\%$);
2. Охлаждения очага горения ниже определенных температур;
3. Интенсивное торможение скорости химической реакции в пламени;
4. Механический срыв пламени струей газа или воды;
5. Создание условий огнепреграждения (условий, когда пламя распространяется через узкие каналы).

С целью предотвращения пожаров необходимо [23]:

1. Уходя из помещения проверить отключения всех электрических приборов, а также силовой и осветительной сети;
2. Курить только в отведенных для курения местах;
3. В случае возникновения пожара приступить к тушению имеющимися средствами и вызвать по телефону «01» пожарную команду;
4. Сотрудники аудитории должны быть ознакомлены с планом эвакуации

людей и материальных ценностей при пожаре. План эвакуации должен находиться в каждом помещении и на каждом этаже лестничной клетки.

Заключение по разделу «Социальная ответственность»

Были выявлены основные нормативные акты, проведены сведения о возможных опасных и вредных факторах, которые могут ожидать рабочих во время деятельности, предотвращения этих факторов в результате выполнения работы по разделу «Социальная ответственность». Приведены меры по предотвращению чрезвычайных ситуаций и по предупреждению вредных и опасных факторов. На основании нормативных документов были установлены необходимые параметры освещения, микроклимата. Соблюдение данных параметров позволит сохранить хорошую работоспособность в течение всего рабочего дня и повысить продуктивность работы.

Рабочее место, использованное при разработке моделей для прогнозирования аккуратных временных рядов, удовлетворяет всем требованиям безопасности, правилам и нормам, необходимым работнику категории 1а, категория тяжести труда 1а, 1 группа по электробезопасности. Требуемое освещение обеспечивается за счет нескольких энергосберегающих ламп. Уровень шума находится в допустимом диапазоне. Микроклиматические условия соблюдаются за счет системы отопления в холодное время и проветривания помещения в теплое время. Защита от воздействия электрического тока обеспечивается путем проверки состояния ПК и соблюдения правил безопасности при работе с ним согласно правилам устройства электроустановок, данное помещение входит в категорию 1 по электробезопасности. Само помещение относится к категории В по пожарной опасности, однако имеет все необходимые компоненты для обеспечения безопасности. Выявлены условия для обеспечения экологической безопасности при выполнении работы, объект, который оказывает негативное воздействие на окружающую среду, относится к 4 категории.

Заключение

В результате выполнения бакалаврской работы поставлены задачи и цели, которые были достигнуты в процессе исследования, изучен унифицированный язык моделирования диаграмм UML, произведена разработка моделей прогнозирования в среде разработки Rstudio с использованием языка R и пакетов Prophet и Forecast, вследствие чего изучена предметная область, проблемы и пути их решения.

Для достижения цели практического исследования использовались данные, взятые с системы климатического мониторинга ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», которые были приняты в качестве исходных для прогнозирования.

При использовании языка UML спроектировано приложение, которое предусматривает загрузку данных различными способами, подразумевает визуализацию этих данных и их обработку.

При использовании пакета forecast применялась модель ARIMA и ETS для оценки и прогнозирования заданных данных, а при использовании пакета prophet применялась аддитивная модель сглаживания и прогнозирования.

В результате чего была проведена аналитика, сформулированы выводы о зависимости прогноза от исходных данных и параметров настройки модели.

Как итог выполнения работы – студентом были получены практические навыки для последующей профессиональной деятельности, выполнены поставленные цели и задачи.

Список студенческих публикаций

1. Шлярд Д.В. Основные возможности и особенности работы с пакетом prophet // II Международная научно-техническая конференция «Актуальные проблемы науки и техники». – Сарапул, 2022 (в печати).

Список литературы

1. NIST/SEMATECH e-Handbook of Statistical Methods // NIST. URL: <https://www.itl.nist.gov/div898/handbook/> (дата обращения: 10.02.2022).
2. Ярушкина Н.Г. Интеллектуальный анализ временных рядов. Учебное пособие. / Ярушкина Н.Г., Афанасьева Т.В., Перфильева И.Г; Ульяновский государственный технический университет. – Ульяновск: Изд-во УлГТУ, 2010. – 320 с.
3. Hyndman, R.J., & Athanasopoulos, G. (2018) Forecasting: principles and practice, 2nd edition, OTexts: Melbourne, Australia // URL: <https://otexts.com/fpp2/> (дата обращения: 10.06.2022).
4. Taylor S.J. and Benjamin Letham B. Forecasting at Scale // The American Statistician. – 2018. – vol. 72. – no 1. – pp. 37-45. URL: <http://lethalletham.com/ForecastingAtScale.pdf> (дата обращения: 10.06.2022).
5. Анализ и модели временных рядов // Центр статистического анализа. URL: <https://www.statmethods.ru/statistics-metody/modeli-vremennykh-ryadov/> (дата обращения: 10.06.2022)
6. Анализ данных: учебник для академического бакалавриата / под. Ред. В.С. Мхитаряна. – М.: Издательство Юрайт, 2016. – 490 с.
7. Бокс Дж., Дженкинс Г. Анализ временных рядов, прогноз и управление. – М.: Мир, 1974, кн. 1. – 406 с.
8. Голяндина Н.Э. Метод "Гусеница"-SSA: анализ временных рядов: учебное пособие. – СПб., 2004. – 76 с.
9. Трегуб А.В., Трегуб И.В. Методика построения модели ARIMA для прогнозирования динамики временных рядов // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2011. – № 5. – С. 179-183.

10. Подкорытова О.А., Соколов М.В. Анализ временных рядов. – М.: Издательство Юрайт, 2016. – 266 с.
11. Афанасьев В.Н., Юзбашев М.М. Анализ временных рядов и прогнозирование: учебник. – М.: Финансы и статистика, 2001. – 228 с.
12. Леоненков А.В. Самоучитель UML. – СПб.: БХВ-Петербург, 2007. – 576 с.
13. Dia Diagram Editor // dia-installer.de. [2004-2014]. URL: <http://dia-installer.de/> (дата обращения: 10.02.2022).
14. Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных // meteo.ru. URL: <http://meteo.ru> (дата обращения 10.04.2022).
15. Мастицкий С.Э. Анализ временных рядов с помощью R // Сергей Эдуардович Мастицкий. [2020]. URL: <https://ranalytics.github.io/tsa-with-r/> (дата обращения: 10.06.2022).
16. R-Studio: среда разработки программного обеспечения [для домашнего моделирования и учебных целей] / разработчик «RStudio PBC». – США: 1С, 2022. – 1 CD-ROM. – (1С: Электронная дистрибуция). – Загл. с титул. экрана. – Электронная программа: электронная.
17. Анализ временных рядов // StatSoft [1984-2022]. URL: <http://statsoft.ru/home/textbook/modules/sttimser.html> (дата обращения: 10.02.2022).
18. STATISTICA // StatSoft [1984-2022]. URL: <http://statsoft.ru> (дата обращения: 18.04.2022).
19. Golyandina N., Nekrutkin V., Zhglyavivsky A. Analysis of Time Series Structure: SSA and Related Techniques // Chapman & Hall, 2001. – 320 p.
20. СП 2.2.3670-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда»
21. ГОСТ 12.2.032-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя»

22. ГОСТ 12.2.033-78«ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя»
23. ГОСТ 12.0.003-2015 «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»
24. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»
25. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*
26. ГОСТ 12.1.030-81ССБТ «Электробезопасность»
27. ГОСТ 12.4.113-82 «Работы учебные лабораторные»
28. СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности»
29. ГОСТ Р 22.0.01-2016 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях»

Приложение А. Код реализации программы

```
library(tidyverse)
library(prophet)
library(magrittr)
library(dplyr)
library(RODBC)
library(expm)
library(ggplot2)
library(devtools)
library(forecast)
library(lubridate)
pokaz<-read.csv(file.choose())
date1 <- as.Date("2018-01-01")
days1065<-seq(date1, length = 1065, by = "day")
df1 <- data.frame(
  ds = as.Date(c(days1065)),
  y = c(pokaz),
  stringsAsFactors = FALSE
)
df1 %>%
  ggplot(., aes(ds, y)) +
  geom_line() +
  theme_minimal()

require(prophet)
M0 <- prophet(df1)
future_df <- make_future_dataframe(M0, periods = 90)
forecast_M0 <- predict(M0, future_df)
forecast_M0 %>%
  dplyr::select(yhat, yhat_lower, yhat_upper) %>% head()

plot(M0, forecast_M0)

prophet_plot_components(M0, forecast_M0)

plot(M0, forecast_M0) + add_changepoints_to_plot(M0)

M1 <- prophet(df1, n.changepoints = 15)
forecast_M1 <- predict(M1, future_df)
plot(M1, forecast_M1) + add_changepoints_to_plot(M1)

M2 <- prophet(df1,
  n.changepoints = 20,
  changepoint.range = 0.9)
forecast_M2 <- predict(M2, future_df)
plot(M2, forecast_M2) + add_changepoints_to_plot(M2)

M3 <- prophet(df1,
  changepoint.range = 0.9,
  changepoint.prior.scale = 0.02)
forecast_M3 <- predict(M3, future_df)
plot(M3, forecast_M3) + add_changepoints_to_plot(M3)
```

```

M4 <- prophet(df1,
              changepoints = c("2018-04-01", "2018-06-15",
                              "2018-10-01", "2019-04-01",
                              "2019-07-01", "2019-09-01",
                              "2019-12-26", "2020-04-01",
                              "2020-11-13", "2018-12-15",
                              "2019-12-15", "2020-09-15"))
forecast_M4 <- predict(M4, future_df)
plot(M4, forecast_M4) + add_changepoints_to_plot(M4)

key_dates <- dplyr::tibble(
  holiday = paste0("event_", 1:5),
  ds = as.Date(c("2018-10-06",
                "2018-11-15",
                "2019-12-28",
                "2020-01-08",
                "2020-11-15"))
)
M5 <- prophet(df1,
              holidays = key_dates,
              changepoint.range = 0.9)
forecast_M5 <- predict(M5, future_df)
prophet_plot_components(M5, forecast_M5)

plot_forecast_component(M5, forecast_M5, name = "event_5")

plot_forecast_component(M5, forecast_M5, name = "holidays")

key_dates2 <- dplyr::bind_cols(key_dates,
                               lower_window = c(0, 0, 0, 0, -14),
                               upper_window = c(0, 0, 0, 0, 0))
M6 <- prophet(df1,
              holidays = key_dates2,
              changepoint.range = 0.9)
forecast_M6 <- predict(M6, future_df)
# Эффект события с "предысторией":
plot_forecast_component(M6, forecast_M6, name = "event_5")

# Обратите внимание: здесь мы инициализируем объект M7,
# но пока не подаем на него таблицу с обучающими данными
M7 <- prophet(holidays = key_dates2, changepoint.range = 0.9)
# Добавляем официальные праздничные дни США:
M7 <- add_country_holidays(m = M7, country_name = 'RU')
# Обратите внимание на использование функции fit.prophet():
M7 <- fit.prophet(M7, df1)
forecast_M7 <- predict(M7, future_df)
plot_forecast_component(M7, forecast_M7, name = "holidays")

M7$strain.holiday.names

# Для глобальной регуляризации эффектов праздников служит аргумент
# holidays.prior.scale:
M8 <- prophet(holidays = key_dates2,
              changepoint.range = 0.9,
              holidays.prior.scale = 0.01)
M8 <- add_country_holidays(M8, country_name = "RU")
M8 <- fit.prophet(M8, df1)

```

```

forecast_M8 <- predict(M8, future_df)
# Эффекты праздников до (модель M7) и после (M8)
# глобальной регуляризации:
m7_holidays <-
  plot_forecast_component(M7, forecast_M7, name = "holidays") +
  labs(title = "M7") + ylim(c(-0.15, 0.25))
m8_holidays <-
  plot_forecast_component(M8, forecast_M8, name = "holidays") +
  labs(title = "M8") + ylim(c(-0.15, 0.25))
gridExtra::grid.arrange(m7_holidays, m8_holidays, nrow = 1)

key_dates3 <- dplyr::bind_cols(key_dates2,
                              prior_scale = c(10, 10, 10, 10, 0.01))
M9 <- prophet(holidays = key_dates3, changepoint.range = 0.9)
M9 <- add_country_holidays(M9, country_name = 'RU')
M9 <- fit.prophet(M9, df1)
forecast_M9 <- predict(M9, future_df)
m9_holidays <-
  plot_forecast_component(M9, forecast_M9, name = "holidays") +
  labs(title = "M9") + ylim(c(-0.15, 0.25))
gridExtra::grid.arrange(m7_holidays, m9_holidays, nrow = 1)

prophet:::plot_yearly(M3)

M3B <- prophet(df1,
               yearly.seasonality = 20,
               changepoint.range = 0.9,
               changepoint.prior.scale = 0.02)
prophet:::plot_yearly(M3B)

M10 <- prophet(weekly.seasonality = FALSE)
M10 <- add_seasonality(m = M10,
                      name = "monthly",
                      period = 30.5,
                      fourier.order = 5)
M10 <- fit.prophet(M10, df1)
forecast_M10 <- predict(M10, future_df)
prophet_plot_components(M10, forecast_M10)

M11 <- prophet(weekly.seasonality = FALSE)
M11 <- add_seasonality(m = M11,
                      name = "quarter",
                      period = 365.25/4,
                      fourier.order = 2)
M11 <- fit.prophet(M11, df1)
forecast_M11 <- predict(M11, future_df)
prophet_plot_components(M11, forecast_M11)

# Функция для удобного добавления переключателей режимов:
is_winter <- function(ds) {
  month <- as.numeric(format(ds, '%m'))
  return(month > 11 & month < 2)
}
# Добавляем переключатели режима в данные:
df1$winter <- is_winter(df1$ds)
df1$not_winter <- !df1$winter
future_df$winter <- is_winter(future_df$ds)

```

```

future_df$not_winter <- !future_df$winter
# Подгоняем модель:
M12 <- prophet(weekly.seasonality = FALSE)
M12 <- add_seasonality(M12, name = 'weekly_winter',
                      period = 7,
                      fourier.order = 3,
                      condition.name = 'winter')
M12 <- add_seasonality(M12, name = "weekly_not_winter",
                      period = 7,
                      fourier.order = 3,
                      condition.name = "not_winter")
M12 <- fit.prophet(M12, df1)
forecast_M12 <- predict(M12, future_df)
prophet_plot_components(M12, forecast_M12)

# Удалим переменные `summer` и `not_summer` из таблицы
# `df1` - в будущем они нам не понадобятся:
df1$winter <- NULL
df1$not_winter <- NULL

M14 <- prophet(df1, seasonality.mode = "multiplicative")
forecast_M14 <- predict(M14, future_df)
plot(M14, forecast_M14)

M15 <- prophet(yearly.seasonality = FALSE)
M15 <- add_seasonality(M15, name = 'yearly',
                      period = 365.25,
                      fourier.order = 10,
                      mode = "multiplicative")
M15 <- fit.prophet(M15, df1)
forecast_M15 <- predict(M15, future_df)
prophet_plot_components(M15, forecast_M15)
davlenie<-read.csv(file.choose())
y5 <- ts(c(davlenie), start=1939)
y5data <- window(y5, start=1939)
autoplot(y5) +
  ylab("Atm. pressure") + xlab("Year")
fc <- ses(y5data, h=5)
round(accuracy(fc),2)
autoplot(fc) +
  autolayer(fitted(fc), series="Fitted") +
  ylab("Atm.pressure") + xlab("Year")
atm <- window(y5, start=1939)
fc <- holt(atm, h=5)
fc <- holt(atm, h=15)
fc2 <- holt(atm, damped=TRUE, phi = 0.9, h=15)
autoplot(atm) +
  autolayer(fc, series="Holt's method", PI=FALSE) +
  autolayer(fc2, series="Damped Holt's method", PI=FALSE) +
  ggtitle("Forecasts from Holt's method") + xlab("Year") +
  ylab("Atm.pressure") +
  guides(colour=guide_legend(title="Forecast"))
e1 <- tsCV(y5, ses, h=1)
e2 <- tsCV(y5, holt, h=1)
e3 <- tsCV(y5, holt, damped=TRUE, h=1)
# Compare MSE:
mean(e1^2, na.rm=TRUE)

```

```

#> [1] 178.3
mean(e2^2, na.rm=TRUE)
#> [1] 173.4
mean(e3^2, na.rm=TRUE)
#> [1] 162.6
# Compare MAE:
mean(abs(e1), na.rm=TRUE)
#> [1] 8.532
mean(abs(e2), na.rm=TRUE)
#> [1] 8.803
mean(abs(e3), na.rm=TRUE)
#> [1] 8.024
fc <- holt(y5)
fc[["model"]]
autoplot(fc) +
  xlab("Year") + ylab("Atm.pressure")
y5hy <- window(y5, start=1943)
fit1 <- hw(y5hy, seasonal="additive")
fit2 <- hw(y5hy, seasonal="multiplicative")
autoplot(y5hy) +
  autolayer(fit1, series="HW additive forecasts", PI=FALSE) +
  autolayer(fit2, series="HW multiplicative forecasts",
            PI=FALSE) +
  xlab("Year") +
  ylab("Atm.pressure") +
  guides(colour=guide_legend(title="Forecast"))

fit <- ets(y5hy)
summary(fit)
autoplot(fit)
cbind('Residuals' = residuals(fit),
      'Forecast errors' = residuals(fit, type='response')) %>%
  autoplot(facet=TRUE) + xlab("Year") + ylab("")
fit %>% forecast(h=8) %>%
  autoplot() +
  ylab("Atm.pressure")
fit <- auto.arima(y5, seasonal=FALSE)
fit %>% forecast(h=10) %>% autoplot(include=80)
ggAcf(y5)
ggPacf(y5)
(fit2 <- Arima(y5, order=c(3,0,0)))
(fit3 <- auto.arima(y5, seasonal=FALSE,
                    stepwise=FALSE, approximation=FALSE))
y5 %>% stl(s.window='periodic') %>% seasadj() -> eeadj
autoplot(y5)
y5 %>% diff() %>% ggtsdisplay(main="")
(fit <- Arima(y5, order=c(3,1,1)))
checkresiduals(fit)
autoplot(forecast(fit))
y5m <- window(y5, start=1943)
fets <- function(x, h) {
  forecast(ets(x), h = h)
}
farima <- function(x, h) {
  forecast(auto.arima(x), h=h)
}
# Compute CV errors for ETS as e1

```

```
e1 <- tsCV(y5m, fets, h=1)
# Compute CV errors for ARIMA as e2
e2 <- tsCV(y5m, farima, h=1)
mean(e1^2, na.rm=TRUE)
mean(e2^2, na.rm=TRUE)
y5m %>% auto.arima() %>% forecast() %>% autoplot()
```