

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 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств
 ООП/ОПОП Автоматизация технологических процессов и производств в нефтегазовой отрасли
 Отделение школы (НОЦ) Отделение автоматизации и робототехники

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

Тема работы
Прогнозирования аварийных ситуаций на технологических объектах нефтегазодобычи УДК 519.2:622.692.288

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158Т92	Ню Цзысинь		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Мамонова Татьяна Егоровна	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Былкова Татьяна Васильевна	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ТПУ	Сечин Александр Иванович	д.т.н.профе		

Нормоконтроль (при наличии)

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОАР ИШИТР	Кучман Алёна Владимировна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП/ОПОП, должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Скороспешкин Максим Владимирович	к.т.н.		

Томск – 2023 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
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)-6	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
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
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 использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления продукции требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда
ОПК(У)-2	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)-3	Способен использовать современные информационные технологии, технику, прикладные программные средства при решении задач профессиональной деятельности
ОПК(У)-4	Способен участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с автоматизацией производств, выборе на основе анализа вариантов оптимального прогнозирования последствий решения
ОПК(У)-5	Способен участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способен собирать и анализировать исходные информационные данные

Код компетенции	Наименование компетенции
	для проектирования технологических процессов изготовления продукции, средств и систем автоматизации, контроля, технологического оснащения, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством; участвовать в работах по расчету и проектированию процессов изготовления продукции и указанных средств и систем с использованием современных информационных технологий, методов и средств проектирования
ПК(У)-2	Способен выбирать основные и вспомогательные материалы для изготовления изделий, способы реализации основных технологических процессов, аналитические и численные методы при разработке их математических моделей, методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей материалов и готовых изделий, стандартные методы их проектирования, прогрессивные методы эксплуатации изделий
ПК(У)-3	готов применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов, современные методы разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых технологий, средства автоматизации технологических процессов и производств
ПК(У)-4	Способен участвовать в постановке целей проекта (программы), его задач при заданных критериях, целевых функциях, ограничениях, разработке структуры его взаимосвязей, определении приоритетов решения задач с учетом правовых и нравственных аспектов профессиональной деятельности, в разработке проектов изделий с учетом технологических, конструкторских, эксплуатационных, эстетических, экономических и управленческих параметров, в разработке проектов модернизации действующих производств, создании новых, в разработке средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации расчетов и проектирования
ПК(У)-5	Способен участвовать в разработке (на основе действующих стандартов и другой нормативной документации) проектной и рабочей технической документации в области автоматизации технологических процессов и производств, их эксплуатационному обслуживанию, управлению жизненным циклом продукции и ее качеством, в мероприятиях по контролю соответствия разрабатываемых проектов и технической документации действующим стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам
ПК(У)-6	Способен проводить диагностику состояния и динамики производственных объектов производств с использованием необходимых методов и средств анализа

Код компетенции	Наименование компетенции
ПК(У)-7	Способен участвовать в разработке проектов по автоматизации производственных и технологических процессов, технических средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, в практическом освоении и совершенствовании данных процессов, средств и систем
ПК(У)-8	Способен выполнять работы по автоматизации технологических процессов и производств, их обеспечению средствами автоматизации и управления, готовностью использовать современные методы и средства автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством
ПК(У)-9	Способен определять номенклатуру параметров продукции и технологических процессов ее изготовления, подлежащих контролю и измерению, устанавливать оптимальные нормы точности продукции, измерений и достоверности контроля, разрабатывать локальные поверочные схемы и выполнять проверку и отладку систем и средств автоматизации технологических процессов, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, а также их ремонт и выбор; осваивать средства обеспечения автоматизации и управления
ПК(У)-10	Способен проводить оценку уровня брака продукции, анализировать причины его появления, разрабатывать мероприятия по его предупреждению и устранению, по совершенствованию продукции, технологических процессов, средств автоматизации и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, систем экологического менеджмента предприятия, по сертификации продукции, процессов, средств автоматизации и управления
ПК(У)-11	Способен участвовать: в разработке планов, программ, методик, связанных с автоматизацией технологических процессов и производств, управлением процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, инструкций по эксплуатации оборудования, средств и систем автоматизации, управления и сертификации и другой текстовой документации, входящей в конструкторскую и технологическую документацию, в работах по экспертизе технической документации, надзору и контролю за состоянием технологических процессов, систем, средств автоматизации и управления, оборудования, выявлению их резервов, определению причин недостатков и возникающих неисправностей при эксплуатации, принятию мер по их устранению и повышению эффективности использования
ПК(У)-18	Способен аккумулировать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного

Код компетенции	Наименование компетенции
	управления жизненным циклом продукции, компьютерных систем управления ее качеством,
ПК(У)-19	Способен участвовать в работах по моделированию продукции, технологических процессов, производств, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством с использованием современных средств автоматизированного проектирования, по разработке алгоритмического и программного обеспечения средств и систем автоматизации и управления процессами
ПК(У)-20	Способен проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом их результатов, составлять описания выполненных исследований и подготавливать данные для разработки научных обзоров и публикаций
ПК(У)-21	Способен составлять научные отчеты по выполненному заданию и участвовать во внедрении результатов исследований и разработок в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции и ее качеством
ПК(У)-22	Способен участвовать: в разработке программ учебных дисциплин и курсов на основе изучения научной, технической и научно-методической литературы, а также собственных результатов исследований; в постановке и модернизации отдельных лабораторных работ и практикумов по дисциплинам профилей направления; способностью проводить отдельные виды аудиторных учебных занятий (лабораторные и практические), применять новые образовательные технологии, включая системы компьютерного и дистанционного обучения

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств
 ООП/ОПОП Автоматизация технологических процессов и производств в нефтегазовой отрасли
 Отделение школы (НОЦ) Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Громаков Е.И.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
158Т92	Ню Цзысинь

Тема работы:

Прогнозирования аварийных ситуаций на технологических объектах нефтегазодобычи	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 33-43/с от 02.02.2023

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	10.06.2023
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объектом исследования является прогнозирование аварийных ситуаций в технических средствах добычи нефти и газа. Предметом разработки является процедура прогнозирования аварий на объектах добычи нефти и газа.
Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке	<ul style="list-style-type: none"> – Рассмотреть применение асинхронных двигателей в нефтегазовой отрасли. – Взять математическую модель для асинхронного двигателя и составить модель в MatLab. Можно посмотреть пример для Induction Machine Wound Rotor – На основе экспериментальных данных обучить нейронную сеть для прогнозирования работы асинхронного двигателя.

Перечень графического материала		
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>		
Раздел	Консультант	
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Былкова Татьяна Васильевна, доцент ОСГН ШБИП, к.э.н.	
Социальная ответственность	Сечин Александр Иванович, профессор ООД ШБИП, д.т.н.	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	02.02.2023
---	------------

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Мамонова Татьяна Егоровна	к.т.н., доцент		02.02.2023

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158Т92	Ню Цзысинь		02.02.2023



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 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Уровень образования Бакалавриат

Отделение школы (НОЦ) Отделение автоматизации и робототехники

Период выполнения Весенний семестр 2022 /2023 учебного года

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
158Т92	Ню Цзысинь

Тема работы:

Прогнозирования аварийных ситуаций на технологических объектах нефтегазодобычи
--

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:

10.06.2023

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
27.05.2023 г.	Основная часть ВКР	60
30.05.2023 г.	Раздел «Социальная ответственность»	20
30.05.2023 г.	Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	20

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Мамонова Татьяна Егоровна	к.т.н., доцент		02.02.2023

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Евгений Иванович	к.т.н.		02.02.2023

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158Т92	Ню Цзысинь		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 83 страницы, 22 рисунков, 24 таблиц, 13 источник литературы, 3 приложения.

Ключевые слова: трехфазный асинхронный двигатель; нефть и газ; моделирование в MATLAB; обнаружение неисправностей двигателя; нейронная сеть BP; прогнозирование неисправностей.

Объектом исследования является прогнозирование аварий на технологических объектах добычи нефти и газа.

Целью данной работы является разработка процедуры прогнозирования аварийных ситуаций на технологических объектах добычи нефти и газа.

В процессе исследования я представил такой же широкий спектр применения в нефтегазовой промышленности, анализируем и проверяем их, построив на основе математической модели в MATLAB математическую модель трехфазного асинхронного двигателя. Нейронная сеть обучается на основе экспериментальных данных, данные из тестового и обучающего множества сравниваются, и модель постоянно оптимизируется, чтобы разработать программу для прогнозирования работы трех асинхронных двигателей и тем самым избежать дальнейших промышленных опасностей. При проведении окончательной валидации использовались программные продукты MATLAB, Office 365.

В результате исследования я получил надежную модель, смоделировал ее в симуляции и постоянно изменял данные через обучение нейронной сети, чтобы получить надежную процедуру прогнозирования.

Область применения: нефтегазовая промышленность.

Экономическая эффективность/значимость работы: она может в определенной степени снизить экономические потери и убытки предприятия, а также играет роль в защите природной среды, позволяя избежать многих ненужных затрат, и поэтому имеет хорошие экономические преимущества.

Задачи выпускной квалификационной работы были выполнены в полном объеме, разработка соответствовала техническому заданию.

Содержание

Введение	13
1 Асинхронные двигатели в нефтегазовой промышленности	15
2 Современные концепции прогнозирования неисправностей двигателя	17
3 Анализ математической модели асинхронных двигателей	19
3.1 Трехфазная математическая модель асинхронного двигателя	19
3.1.1 Математические выражения для трехфазной динамической модели асинхронного двигателя	20
4 Имитационное моделирование в программе Simulink в MATLAB	25
4.1 Построение модели Simulink	25
5 Предварительная обработка данных для исследований по обнаружению неисправностей двигателя	29
5.1 Предварительный выбор данных	29
5.2 Очистка данных	30
5.3 Интеграция данных	30
5.4 Преобразование данных	30
5.5 Анализ ошибок прогнозирования	31
6 Алгоритмы искусственных нейронных сетей	34
6.1 Процесс реализации кода Matlab модели обнаружения неисправности двигателя с помощью нейронной сети ВР	34
6.2 Процесс реализации кода Matlab для обнаружения неисправностей двигателя на модели машины экстремального обучения	39
7 Улучшение предельной обучающей машины на основе алгоритма роя частиц для краткосрочного прогнозирования электрической нагрузки	45
7.1 Анализ примеров	45
7.2 Примеры расчетов	46
8 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение ...	51

8.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	51
8.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	51
8.1.2 Анализ конкурентных технических решений	51
8.1.3 SWOT – анализ	54
8.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	57
8.3 Планирование научно-исследовательских работ	57
8.3.1 Структура работ в рамках научного исследования	57
8.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ	58
8.3.3 Разработка графика проведения научного исследования	60
График проведения научного исследования представлен таблицы–14.	60
8.4 Бюджет научно-технического исследования	60
Материальные ресурсы приведены в таблице 15.	60
8.4.1 Дополнительная заработная плата исполнительской	61
8.4.2 Отчисление во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	62
8.4.3 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	62
8.4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой эффективности исследования	63
9 Социальная ответственность	67
9.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	67
9.2 Производственная безопасность при эксплуатации	68
9.2.1. Повышенный уровень шума на рабочем месте.	69

9.2.2 Анализ освещенности рабочей зоны	71
9.2.3 Анализ показателей микроклимата	72
9.2.4 Монотонность труда, вызывающая монотонию	73
9.2.5 Длительное сосредоточенное наблюдение	74
9.2.6 Анализ электробезопасности	74
Заключение	76
Список используемых источников литературы	77
Приложение А (обязательное) Решения для статической идентификации	79
Приложение Б (обязательное) Данные обучающей и тестовой выборки нейронной сети	81
Приложение В (обязательное) График научного исследования	83

Введение

Являясь наиболее распространенным приводным устройством в производственной жизни, асинхронные двигатели играют важную роль благодаря своим компактным размерам, низкой стоимости и простоте регулирования скорости. Если асинхронный двигатель выходит из строя, это может повлиять на общую эффективность производства, снизить производственные мощности, привести к экономическим потерям или, в серьезных случаях, стать причиной несчастного случая, привести к травмам или смерти. Для обеспечения безопасности и эффективности процесса привода, начальные проблемы в работе асинхронных двигателей должны быть обнаружены как можно раньше без влияния на нормальное производство, чтобы минимизировать последствия неисправностей, поэтому важно отслеживать неисправности асинхронных двигателей в режиме онлайн. Данная работа посвящена поиску данных о неисправностях двигателей и исследует различные методы машинного обучения, включая нейронные сети, и их применение в области мониторинга неисправностей двигателей.

В данной статье рассматривается развитие исследований в области обнаружения неисправностей электродвигателей на основе нейронных сетей до настоящего времени, среди различных методов обнаружения неисправностей электродвигателей, алгоритм нейронной сети ВР и алгоритм предельной обучающей машины получили большее признание, и вывод о том, что алгоритм предельной обучающей машины превосходит алгоритм нейронной сети ВР во всех аспектах, достигается путем анализа сравнения примеров, а затем для случайной генерации предельной обучающей машины, найденной в анализе примеров и принципиальном планировщике. Затем решается проблема низкой волатильности результатов прогнозирования из-за параметров инициализации для стимулирования предельной обучающей машины, и предлагается улучшенная модель предельной обучающей машины на основе оптимизации роя частиц. Эффективность модели также

проверяется с помощью сравнительного анализа примеров. Предложенный метод состоит из трех этапов: построение набора образцов, обучение модели, оптимизация параметров и тестирование модели: во-первых, собранные сигналы двигателя подвергаются предварительной обработке данных, такой как очистка данных, интеграция данных, вариация данных и нормализация данных, и набор образцов делится на обучающий набор и тестовый набор в соответствии с определенным соотношением; во-вторых, обучающий набор вводится, коэффициент ошибок используется в качестве степени адаптации, и алгоритм метода роя частиц используется для модели предельной обучающей машины. Наконец, модель предельной обучающей машины, оптимизированная алгоритмом роя частиц, тестируется путем ввода тестового набора, и проводится анализ примеров. Результаты эксперимента показывают, что точность предложенного метода достигает 96,24 %, что подтверждает эффективность предложенного метода.

Ключевые слова: рой частиц; ВР-нейронная сеть; предельная обучающая машина; обнаружение неисправностей двигателя; тест на ошибки.

1 Асинхронные двигатели в нефтегазовой промышленности

Асинхронный двигатель, также известный как асинхронный двигатель, сокращенно IM или ACIM, - это тип двигателя переменного тока, в котором обмотка статора использует электромагнитную индукцию для создания тока в роторе, что позволяет двигателю создавать крутящий момент. Асинхронные двигатели можно разделить на типы с проволочной обмоткой и с короткозамкнутым ротором, в зависимости от формы обмотки ротора. Проводные типы - это все трехфазные двигатели, в то время как короткозамкнутые типы могут быть как трехфазными, так и однофазными. Трехфазный асинхронный двигатель - это силовое устройство, преобразующее электрическую энергию в механическую для обеспечения производственных механизмов различными движениями. Его мощность варьируется от нескольких ватт до десятков тысяч киловатт, он используется в самых разных отраслях промышленности, таких как машиностроение, металлургия, угольная, нефтяная и химическая промышленность. Трехфазный асинхронный двигатель питается от трехфазной цепи и, поскольку он не требует пусковой цепи, надежен и недорог, в основном используется в тех областях, где требуется мощность для выемки грунта и транспортировки жидкости, таких как станки, малое и среднее сталепрокатное оборудование, вентиляторы, насосы, оборудование легкой промышленности, металлургия и горное оборудование. Они широко используются в химической промышленности, логистике и машиностроении. Асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором является основным типом двигателя. Однофазные асинхронные двигатели в основном используются в приложениях с небольшой нагрузкой, электрических вентиляторах, стиральных машинах, холодильниках, кондиционерах и других бытовых приборах.

В нефтегазовой промышленности трехфазные асинхронные двигатели в основном используются для привода различного промышленного

оборудования, например, он может использоваться для привода насосов, вентиляторов, компрессоров, вибраторов, буровых установок, нефтеперекачивающих машин и т.д. Выбор двигателей осуществляется обычным образом, с учетом правил взрыво- и пожароопасности в соответствии со стандартом ветроэнергетики и требований Горной инспекции. Выбор электродвигателей для буровых и насосных установок имеет определенные особенности.

2 Современные концепции прогнозирования неисправностей двигателя

Диагностика неисправностей - это метод понимания и понимания состояния машины во время работы, определения ее общего или локального нормального или ненормального состояния, обнаружения неисправностей и их причин на ранней стадии, а также прогнозирования тенденции развития неисправностей. Основными методами диагностики являются мониторинг масла, мониторинг вибрации, мониторинг шума, анализ тенденций производительности и неразрушающий контроль. Диагностика неисправности системы заключается в вынесении суждения о состоянии работы системы и ненормальной ситуации, а также в обеспечении основы для восстановления неисправности системы на основе вынесенного суждения.

В контексте современных технологий надежность систем возрастает с применением концепций безопасности и высокотехнологичных технологий, поэтому данные об отказах оборудования трудно получить за короткий промежуток времени, что затрудняет прогнозирование отказов на основе традиционных методов надежности. В то же время применение технологии датчиков, методов сбора данных и баз данных позволило накопить большое количество данных о характеристиках состояния для управления здоровьем двигателя, и стало тенденцией анализировать и прогнозировать надежность систем двигателя и деградацию отказов на основе таких данных о деградации характеристик.

Существует множество методов, которые могут быть использованы для прогнозирования неисправностей двигателей. Например, нейронная сеть ВР и нечеткое управление объединены и применяются для прогнозирования неисправностей двигателя. 4-слойная структура прямой нейронной сети используется для прогнозирования и рассуждения о неисправностях двигателя с использованием термодинамических параметров двигателя в качестве переменных мониторинга и фаззификации, нечеткого вывода и

нефазификации с априорными знаниями. После анализа соответствующих статей и экспериментов было доказано, что построенная модель прогнозирования может эффективно предсказывать типичные неисправности двигателя.

3 Анализ математической модели асинхронных двигателей

3.1 Трехфазная математическая модель асинхронного двигателя

Поэтому для простоты мы делаем следующие предположения.

Пренебрегая пространственными гармониками, магнитный потенциал, создаваемый трехфазной обмоткой, распределяется вдоль воздушного зазора по синусоидальному закону.

Игнорирование насыщения магнитной цепи, само- и взаимоиндуктивность каждой обмотки постоянна. Игнорирование потерь в сердечнике.

Влияние изменения частоты и температуры на сопротивление обмотки не учитывается.

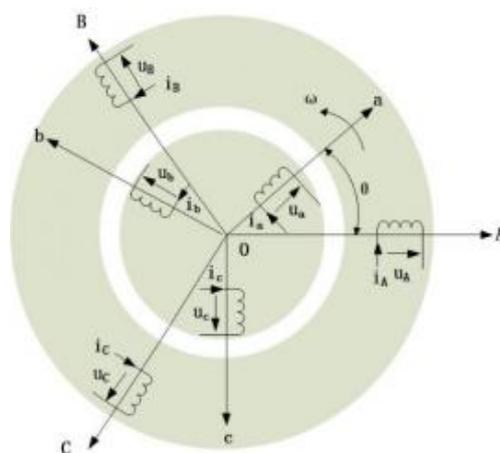


Рисунок 1 – Физическая модель трехфазного асинхронного двигателя

Модель показана на рисунке 1. Асинхронные двигатели с проволочной обмоткой и сепаратором могут быть приравнены к трехфазным с намотанным ротора и преобразуется на сторону статора, при этом преобразованные обмотки статора и ротора имеют одинаковое число витков.

Оси трехфазных обмоток статора A, B и C фиксированы в пространстве. Оси обмоток ротора a, b и c вращаются вместе с ротором.

3.1.1 Математические выражения для трехфазной динамической модели асинхронного двигателя

Динамическая модель асинхронного двигателя состоит из уравнения цепи, уравнения напряжения, уравнения момента и уравнения движения, где уравнение цепи и уравнение момента - алгебраические уравнения, а уравнение напряжения и уравнение движения - дифференциальные уравнения.

1) Уравнение магнитной цепи

Магнитная цепь каждой обмотки асинхронного двигателя представляет собой сумму собственной самоиндукции магнитной цепи и взаимной индукции других обмоток на ней, это можно выразить в виде следующей матрицы:

$$\begin{bmatrix} \Psi_A \\ \Psi_B \\ \Psi_C \\ \Psi_a \\ \Psi_b \\ \Psi_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w_A & L_{AA} & L_{AB} & L_{AC} & L_{Aa} & L_{Ab} & L_{Ac} \\ w_B & L_{BA} & L_{BB} & L_{BC} & L_{Ba} & L_{Bb} & L_{Bc} \\ w_C & L_{CA} & L_{CB} & L_{CC} & L_{Ca} & L_{Cb} & L_{Cc} \\ w_a & L_{aA} & L_{aB} & L_{aC} & L_{aa} & L_{ab} & L_{ac} \\ w_b & L_{bA} & L_{bB} & L_{bC} & L_{ba} & L_{bb} & L_{bc} \\ w_c & L_{cA} & L_{cB} & L_{cC} & L_{ca} & L_{cb} & L_{cc} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \\ i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix}$$

Пример матричного уравнения $w_A = L_{AA} i_A + L_{AB} i_B + L_{AC} i_C + L_{Aa} i_a + L_{Ab} i_b + L_{Ac} i_c$, где верхний регистр - статор, нижний - ротор. Диагональная линия - самоиндукция, а остальные - взаимная индуктивность между соответствующими обмотками.

Например, w_A - полная магнитная цепь обмотки статора фазы А, i_a - мгновенное значение тока ротора фазы а, а L_{CC} - самоиндукция статора фазы С. Напряжение сети на статоре такое же, как и на роторе.

Таким образом, самоиндукция имеет:

Каждая фаза статора является самочувствующей как:

$$L_{AA} = L_{BB} = L_{CC} = L_{ms} + L_{ls} \quad (1)$$

Самоиндукция каждой фазы ротора составляет:

$$L_{aa} = L_{bb} = L_{cc} = L_{mr} + L_{lr} \quad (2)$$

(L_{ms} - максимальный поток взаимной индуктивности каждой фазы поперечной цепи обмотки статора, соответствующий взаимной индуктивности статора, L_{mr} - максимальный поток взаимной индуктивности каждой фазы поперечной цепи обмотки ротора, соответствующий взаимной индуктивности ротора, поскольку число витков обмоток статора и ротора после преобразования одинаково, имеем $L_{ms} = L_{mr}$, L_{ls} - поток утечки статора, L_{lr} - поток утечки ротора).

Взаимная индуктивность далее делится на две категории:

Тип I: Разность фаз в пространстве между осями трех фазных обмоток составляет $\pm 120^\circ$, в предположении, что магнитный потенциал распределен вдоль воздушного зазора по синусоидальному закону, как и в уравнениях 3 и 4:

$$L_{AB} = L_{BC} = L_{CA} = L_{BA} = L_{CB} = L_{AC} = -1/2 L_{ms} \quad (3)$$

$$L_{ab} = L_{bc} = L_{ca} = L_{ba} = L_{cb} = L_{ac} = -1/2 L_{ms} \quad (4)$$

Отрицательное значение взаимной индуктивности означает, что цепь взаимной индуктивности действует как слабый магнит.

Тип II: Взаимная индуктивность между обмотками статора и ротора, обусловленная изменением положения между ними, как выражено в уравнении 5:

$$\begin{aligned} L_{Aa} &= L_{aA} = L_{Bb} = L_{bB} = L_{Cc} = L_{cC} = L_{ms} \cos \theta \\ L_{Ab} &= L_{bA} = L_{Bc} = L_{cB} = L_{Ca} = L_{aC} = L_{ms} \cos(e + 120^\circ) \\ L_{Ac} &= L_{cA} = L_{Ba} = L_{aB} = L_{Cb} = L_{bC} = L_{ms} \cos(e - 120^\circ) \end{aligned} \quad (5)$$

Когда оси обмоток статора и ротора совпадают, их взаимная индуктивность максимальна, L_{ms} - максимальное значение взаимной индуктивности.

Полное матричное уравнение магнитной цепи выражается как, в уравнении 6:

$$\begin{bmatrix} \Psi_s \\ \Psi_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_{ss} & L_{sr} \\ L_{rs} & L_{rr} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} i_s \\ i_r \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$\text{Где } \begin{cases} \Psi_s = [\Psi_A \ \Psi_B \ \Psi_C]^T i_s = [i_A \ i_B \ i_C]^T \\ \Psi_r = [\Psi_a \ \Psi_b \ \Psi_c]^T i_r = [i_a \ i_b \ i_c]^T \end{cases} \quad (7)$$

Матрица индуктивности статора, в уравнении 8:

$$L_{ss} = \begin{bmatrix} L_{ms} + L_{ls} & -\frac{1}{2}L_{ms} & -\frac{1}{2}L_{ms} \\ -\frac{1}{2}L_{ms} & L_{ms} + L_{ls} & -\frac{1}{2}L_{ms} \\ -\frac{1}{2}L_{ms} & -\frac{1}{2}L_{ms} & L_{ms} + L_{ls} \end{bmatrix} \quad (8)$$

Матрица индуктивности ротора, в уравнении 9:

$$L_{rr} = \begin{bmatrix} L_{ms} + L_{lr} & -\frac{1}{2}L_{ms} & -\frac{1}{2}L_{ms} \\ -\frac{1}{2}L_{ms} & L_{ms} + L_{lr} & -\frac{1}{2}L_{ms} \\ -\frac{1}{2}L_{ms} & -\frac{1}{2}L_{ms} & L_{ms} + L_{lr} \end{bmatrix} \quad (9)$$

Матрица взаимной индуктивности статора и ротора, в уравнении 10:

$$L_{rs} = L_{sr}^T = L_{ms} \begin{bmatrix} \cos\theta & \cos(\theta - 120^\circ) & \cos(\theta + 120^\circ) \\ \cos(\theta + 120^\circ) & \cos\theta & \cos(\theta - 120^\circ) \\ \cos(\theta - 120^\circ) & \cos(\theta + 120^\circ) & \cos\theta \end{bmatrix} \quad (10)$$

Вышеупомянутые две кусковые матрицы транспонированы друг к другу, и каждый элемент связан с положением ротора, оба из которых являются переменными параметрами, что является источником нелинейности в системе.

2) Уравнение напряжения

Уравнение сбалансированного напряжения трехфазной обмотки статора имеет вид:

$$\begin{cases} u_A = i_A R_s + \frac{d\Psi_A}{dt} \\ u_B = i_B R_s + \frac{d\Psi_B}{dt} \\ u_C = i_C R_s + \frac{d\Psi_C}{dt} \end{cases} \quad (11)$$

Уравнение напряжения для трехфазной обмотки ротора после коммутации на сторону статора имеет вид:

$$\begin{cases} u_a = i_a R_r + \frac{d\psi_a}{dt} \\ u_b = i_b R_r + \frac{d\psi_b}{dt} \\ u_c = i_c R_r + \frac{d\psi_c}{dt} \end{cases} \quad (12)$$

В итоге, матричное уравнение для уравнения напряжения имеет вид:

$$\begin{bmatrix} u_A \\ u_B \\ u_C \\ u_a \\ u_b \\ u_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_s & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & R_s & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & R_s & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & R_r & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & R_r & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & R_r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \\ i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} + \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \psi_A \\ \psi_B \\ \psi_C \\ \psi_a \\ \psi_b \\ \psi_c \end{bmatrix} \quad (13)$$

То есть: $u = R_i + \frac{d\psi}{dt}$. Здесь напряжение и ток - мгновенные значения, а магнитная цепь - мгновенная полная магнитная цепь каждой обмотки.

3) Уравнение крутящего момента

Мы можем использовать изменение энергии для нахождения крутящего момента, например, для накопителя энергии магнитного поля w_m и магнитной со-энергии w_m' в условиях линейной индуктивности:

$$W_m = \hat{W}_m = \frac{1}{2} i^T \Psi = \frac{1}{2} i^T L i \quad (14)$$

Электромагнитный момент равен скорости изменения магнитной соэнергии при преобразовании механического углового смещения, т.е. $\dot{a}w_m' / a_{em}$ (ограничение по току постоянно).

Здесь отметим, что θ_m - это механическое угловое перемещение (т.е. simulink выход механической системы), а электромагнитное - это логарифм полюсов мультипликативное отношение, т.е. $\theta_m = \theta / n_p$

Затем возникает электромагнитный момент, равный

$$T_e = \left. \frac{\partial W_m}{\partial \theta_m} \right|_{i=\text{Константы}} = n_p \left. \frac{\partial \hat{W}_m}{\partial \theta_m} \right|_{i=\text{Константы}} \quad (15)$$

Таким образом, можно получить

$$T_e = n_p L_{ms} [(i_A i_a + i_B i_a + i_C i_c) \sin \theta + (i_A i_b + i_B i_a + i_C i_a) \sin (\theta +) - (i_A i_c + i_B i_a + i_C i_b) \sin (\theta - 120^\circ)] \quad (16)$$

4) Уравнение движения

Уравнение движения для системы управления движением имеет вид

$$\frac{d\omega_m}{dt} = \frac{J}{n_p} \frac{d\omega}{dt} = T_e - T_l \quad (17)$$

Где J - инерция вращения, T_L - момент нагрузки, включая момент сопротивления трения.

$$\text{Уравнение угла:} \quad \frac{d\theta}{dt} = \omega \quad (18)$$

Здесь необходимо подчеркнуть следующее: обратите внимание на различие между электрической угловой скоростью, электрическим углом и механической угловой скоростью.

Приведенная выше динамическая модель асинхронного двигателя основана на предположении о линейной магнитной цепи и пространственно синусоидальном распределении магнитного потенциала. Модель может быть использована для анализа динамики трехфазного асинхронного двигателя с гармониками напряжения и тока. Таким образом, динамическая модель может быть использована для анализа динамики системы управления скоростью трехфазного асинхронного двигателя с гармониками напряжения и тока.

4 Имитационное моделирование в программе Simulink в MATLAB

4.1 Построение модели Simulink

Теоретически, два типа управления током в замкнутом контуре имеют одинаковый эффект, но разница в том, что динамический отклик ШИМ-управления с токовым следованием быстрый, но пульсации тока относительно большие, в то время как SVPWM - это непрерывное ПИ-управление, и обычно пульсации тока относительно малы. Разница заключается в том, что динамический отклик ШИМ-управления с токовым следованием быстрый, но пульсации тока относительно большие:

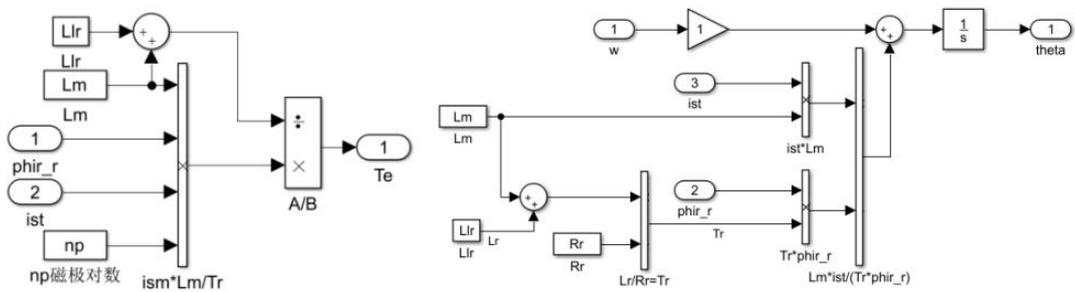


Рисунок 2 – Модуль расчета крутящего момента и модуль расчета тета угла

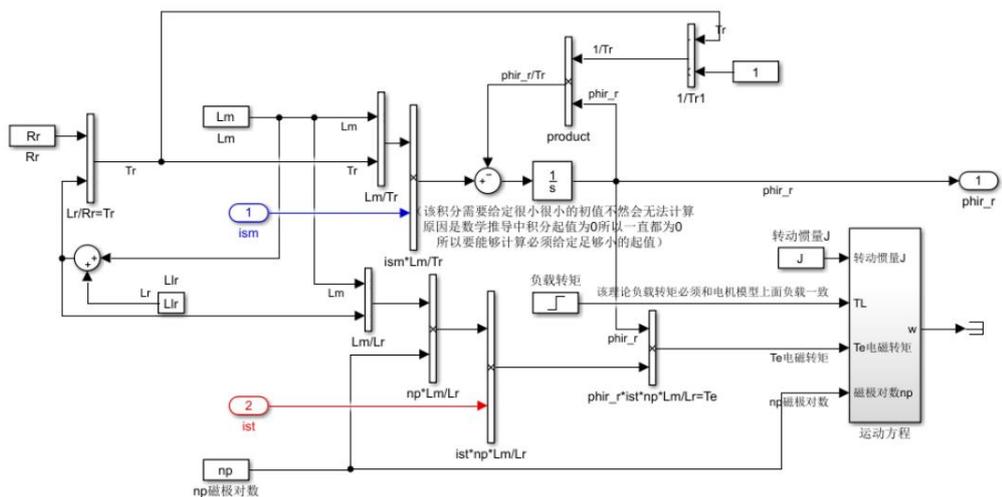


Рисунок 3 – Эквивалентный модуль двигателя постоянного тока

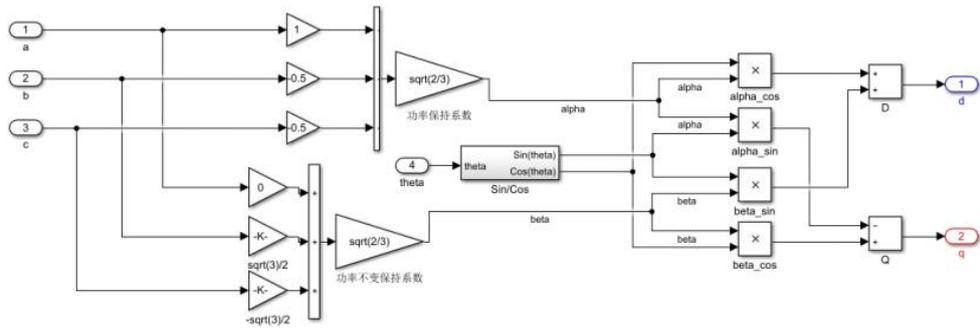


Рисунок 4–Модуль трансформации парка

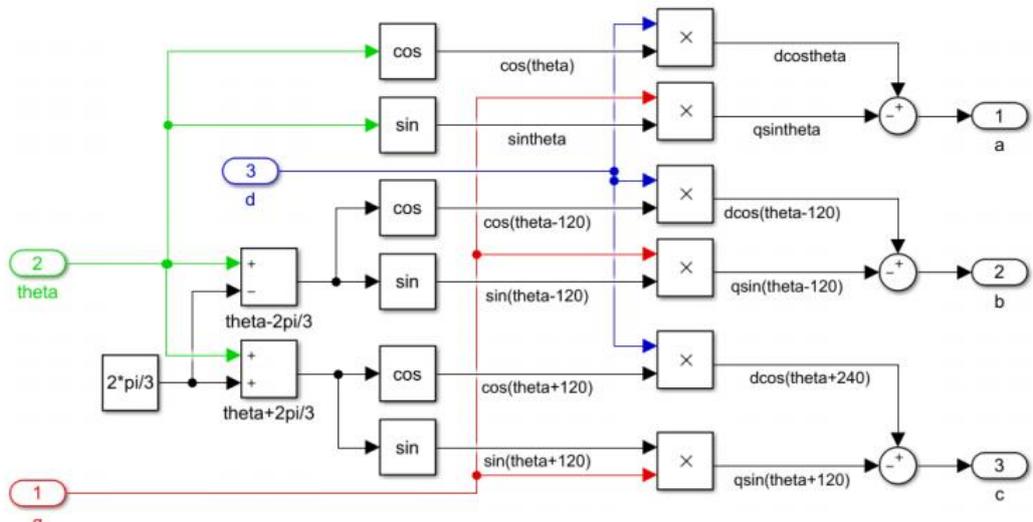


Рисунок 5 – парк Инверторные модули

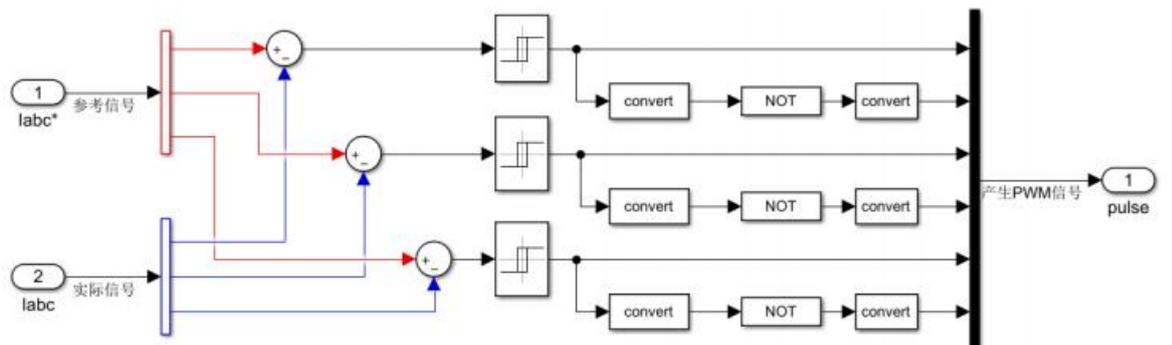


Рисунок 6 – Модуль сравнения гистерезиса тока

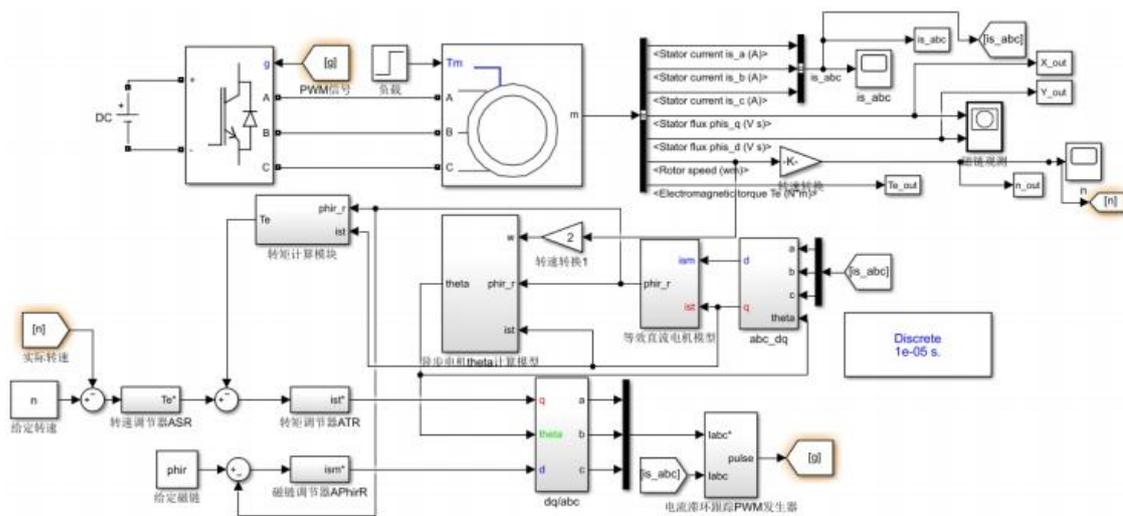


Рисунок 7 – Ведущий модуль векторного управления

Регулятор скорости ASR, регулятор момента ATR и цепной регулятор APhiR являются ПИ-регуляторами. Метод настройки, используемый здесь, заключается в установке коэффициента интеграции K_I на 0, увеличении K_p от малого к большому и определении максимального значения K_p в соответствии с заданным временем отклика и перерегулированием. Здесь, чтобы предотвратить. Для предотвращения перерегулирования также устанавливается ограничение на амплитуду. Конкретные настройки приведены в таблице 1 ниже:

Таблица 1 – Опорные значения для различных регуляторов:

	K_p	K_i	Предельные значения интегратора	Ограничение выходного сигнала регулятора
ASR	3.8	0.8	-80~80	-75~75
ATR	4.5	12	-65~65	-60~60
APhiTR	1.8	100	-15~15	-13~14

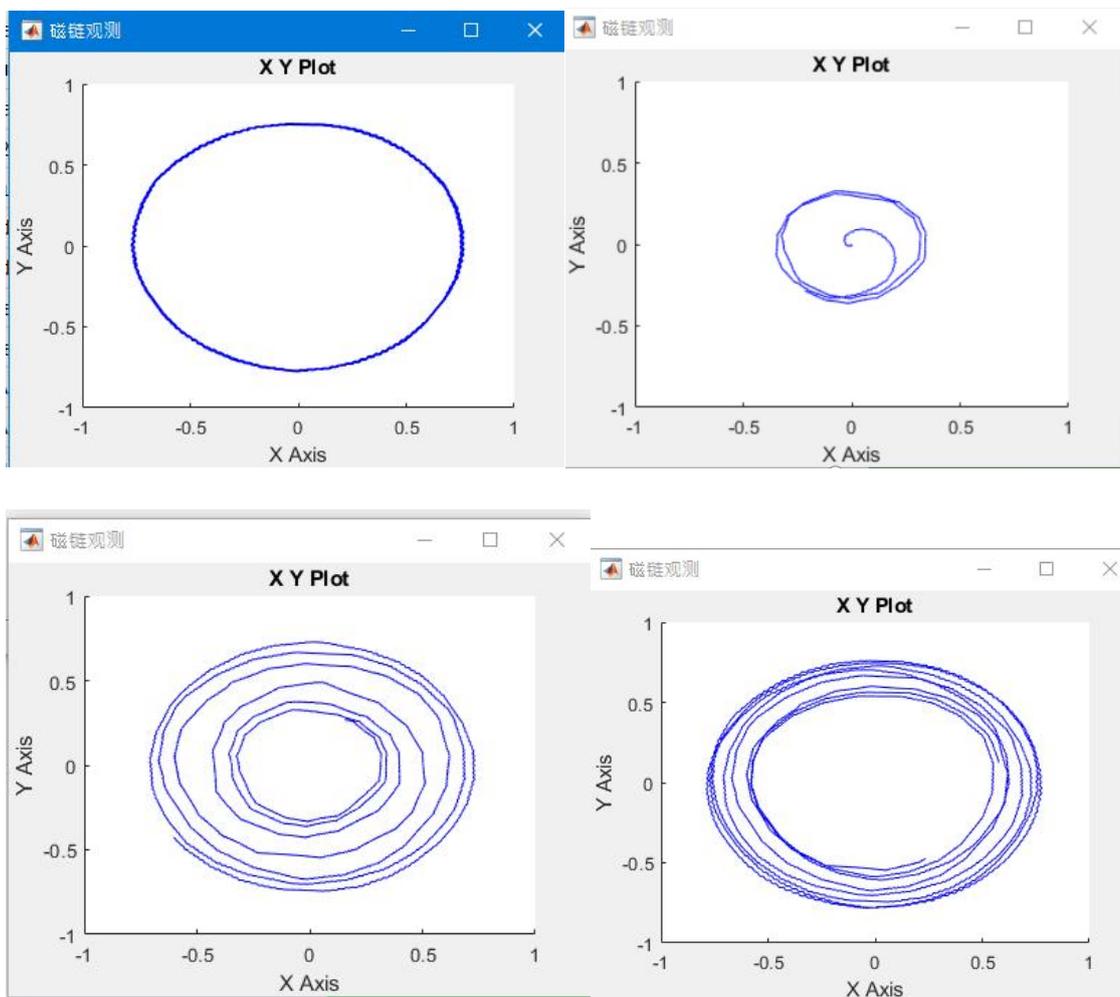


Рисунок 8 – Диаграммное представление процесса наблюдения за изменениями в магнитной цепи

5 Предварительная обработка данных для исследований по обнаружению неисправностей двигателя

Часто собранные необработанные данные не организованы и нерегулярны, часто непоследовательны или неполны, некоторые данные отсутствуют и присутствуют аномалии. Из-за большого объема и разного качества собранных данных необходима предварительная обработка данных, чтобы извлечь высококачественные данные для получения более качественных результатов.

Процесс предварительной обработки данных можно условно разделить на пять следующих этапов. Как показано на рисунке 8, схема предварительной обработки данных.

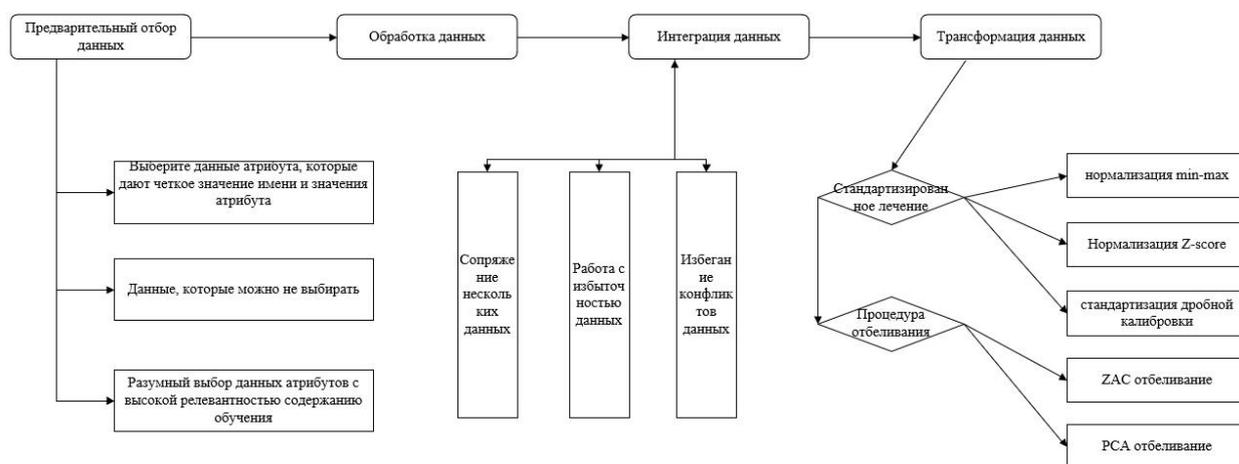


Рисунок 9 – Схематическая диаграмма предварительной обработки данных

5.1 Предварительный выбор данных

1. Выберите данные, которые могут придать смысл именам атрибутов и значениям атрибутов.
2. Для дублирующих данных, они должны быть взяты только один раз, чтобы уменьшить объем данных.
3. Выберите данные с высокой значимостью для данного исследования путем анализа данных.

5.2 Очистка данных

Очистка данных способна значительно уменьшить проблемы, возникающие в процессе машинного обучения, такие как попадание в оптимальные решения или появление самопротиворечий. Однако очистка данных—это, пожалуй, самый утомительный этап обработки данных, но в то же время важнейший этап машинного обучения. Очистка данных сосредоточена на недостающих и зашумленных данных.

1. Обработка отсутствующих данных.

Если выборка данных мала, недостающие данные могут быть заполнены, а значение недостающих данных может быть выведено из имеющихся данных с учетом имеющегося опыта. В случае достаточной выборки данных влияние недостающих данных может быть проигнорировано.

2. Обработка зашумленных данных.

Зашумленные данные - это результат воздействия особых внешних факторов, из-за которых измеренное значение значительно отклоняется от ожидаемого и становится изолированной точкой. Обработка зашумленных данных обычно изменяется с помощью методов сглаживания, или эта зашумленная точка данных может быть удалена как мусорные данные.

5.3 Интеграция данных

Интеграция данных является важной частью добычи данных для облегчения последующих усилий по добыче данных, которая может быть описана как создание хранилища данных и объединение нескольких источников данных в этом хранилище данных. Обычно это включает в себя сопоставление нескольких данных, решение проблемы избыточности данных и предотвращение конфликтов данных.

5.4 Преобразование данных

Для того чтобы устранить влияние различных метрик и решить проблему сопоставимости данных по различным метрикам, часто

необходимо стандартизировать данные. Чтобы уменьшить избыточность данных и улучшить сходимость алгоритма, данные также часто отбеливают.

5.5 Анализ ошибок прогнозирования

Для того чтобы проверить достоверность и осуществимость методов, используемых для иллюстрации обнаружения неисправностей двигателя, часто в конце анализируется ошибка между предсказанными результатами и ожидаемыми значениями на конкретных примерах. Это помогает исследователю сравнить эффект предсказания модели прогнозирования более интуитивным способом, более глубоко изучить и проанализировать причины ошибки в эксперименте, а также внести научные усовершенствования в фактический процесс измерения, чтобы добиться стремления к более последовательным экспериментальным результатам.

Для того чтобы проверить, насколько хорошо нейронная сеть достигает своих проектных целей, необходимо оценить производительность модели нейронной сети. Этот процесс известен как оценка эффективности. Поскольку цели и структура моделей различны, трудно судить об абсолютном качестве модели по одной оценке параметров, поэтому необходимо сравнивать модели, контролируя как можно больше переменных. Например, количество параметров в модели управления, время работы, размер обучающего набора данных, добротность обучающего набора данных, размер тестового набора, время обучения и так далее. Поэтому метрики оценки для экспериментов в данной статье сосредоточены на сравнении изменений отдельных ковариат в рамках этой модели.

В задаче классификации обычно существует четыре случая результатов классификации, как показано в таблице 2.

Таблица 2 – Матрица результатов классификации

Реальная ситуация	Прогнозируемые результаты	
	Положительные примеры	Отрицательный пример
Положительные примеры (Positive, P)	TP(True Positive)	FN(False Negative)
Отрицательный пример (Negative, N)	FP(False Positive)	TN(True Negative)

Точность является одним из основных показателей эффективности классификации и определяется как отношение общего числа правильно классифицированных образцов к общему числу проверенных образцов. Она рассчитывается как:

$$Acc = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \quad (19)$$

Точность определяется как количество истинно положительных случаев, правильно классифицированных, в пропорции к количеству положительных случаев в выборке. Она рассчитывается как:

$$Pre = \frac{TP}{TP+FP} \quad (20)$$

Он определяется как отношение числа образцов, которые по прогнозам должны быть положительными, к числу образцов, которые на самом деле положительны. Он рассчитывается как:

$$Rec = \frac{TP}{TP+FN} \quad (21)$$

Определения точности и полноты показывают, что точность и полнота отрицательно коррелируют для заданной точности классификации. Для того чтобы рассмотреть производительность модели, отражаемую точностью и полнотой, устанавливается метрика, объединяющая эти две информации, которая рассчитывается как:

$$F_{\beta} = \frac{(1+\beta^2) \times \text{Pre} \times \text{Rec}}{(\beta^2 \times \text{Pre}) + \text{Rec}} \quad (22)$$

где ковариата отражает предпочтение Pre или Rec, причем Pre считается более важным, а Rec - более важным. Если предпочтений нет, то это и есть метрика. Диапазон значений таков, что более высокое значение указывает на лучшее сочетание точности и полноты. Когда объект является многокатегорийным, обычно используется метрика Macro-, которая рассчитывается как:

$$\text{MacroF}_1 = \frac{2 \times \bar{\text{Pre}} \times \bar{\text{Rec}}}{\bar{\text{Pre}} + \bar{\text{Rec}}} \quad (23)$$

$\bar{\text{Pre}}$ и $\bar{\text{Rec}}$ представляют собой средние показатели Pre и Rec для всех категорий, соответственно.

6 Алгоритмы искусственных нейронных сетей

6.1 Процесс реализации кода Matlab модели обнаружения неисправности двигателя с помощью нейронной сети BP

Сначала напомним принцип работы нейронной сети BP, сначала задаются входные данные, затем входные данные отображаются на неявный слой путем генерации случайной весовой матрицы w . Неявное значение неявного слоя вычисляется прямым путем, то есть другой весовой матрицей, и данные отображаются на выходной слой для получения предсказанного значения. Если ошибка не достигает установленного предела ошибки при обучении нейронной сети, то процесс запускается снова, и ошибка вычисляется еще раз. значения нагрузки, как показано на рисунке 9 Модель обучения нейронной сети BP.

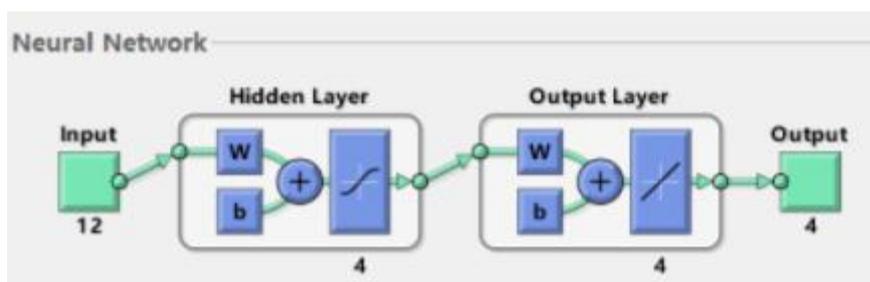


Рисунок10–Модель обучения нейронной сети BP

Здесь используются исходные данные после их предварительной обработки. Данные обучающей и тестовой выборки для нейронной сети приведены в таблице 3 в Приложении.

Количество узлов нейрона во входном слое, выходном слое и скрытом слое определяется; в результате анализа, данные, используемые в данной работе для обнаружения неисправностей двигателя, имеют 12 переменных измерения, поэтому количество узлов во входном слое установлено на 12; количество узлов в выходном слое установлено на 4, что используется для вывода четырех типов неисправностей двигателя. Используемая нейронная сеть BP представляет собой структуру с одним неявным слоем. Чтобы

облегчить единообразное сравнение и избежать слишком сложной модели нейронной сети ВР, количество узлов в неявном слое эмпирически определено как четыре после всестороннего анализа и рассмотрения экспериментов.

Количество сеансов обучения, скорость обучения, минимальная ошибка цели обучения и другие параметры сети настраиваются; количество сеансов обучения также известно как количество итераций, т.е. повторяющегося циклического процесса, описанного выше. Скорость обучения определяет скорость процесса оптимизации каждого веса, слишком высокая скорость обучения приведет к неудаче сходимости, когда скорость обучения слишком низкая, сходимость сети к функции медленно, тратя много обучения и вычислительного времени, в то время как в ВР нейронной сети легко впасть в локальной оптимизации, установленные здесь 0,01, минимальная ошибка обучения цели, ошибка установлена слишком большая приведет к окончательной конвергенции Минимальная ошибка цели обучения должна быть установлена в соответствии с требованиями различных экспериментальных объектов, которая установлена на 0,00001.

Установленная модель обучения нейронной сети ВР была использована для прогнозирования данных выборки, как показано на рисунке 11–Рисунок 14.Эффект обнаружения неисправности двигателя с помощью модели обучения нейронной сети ВР.

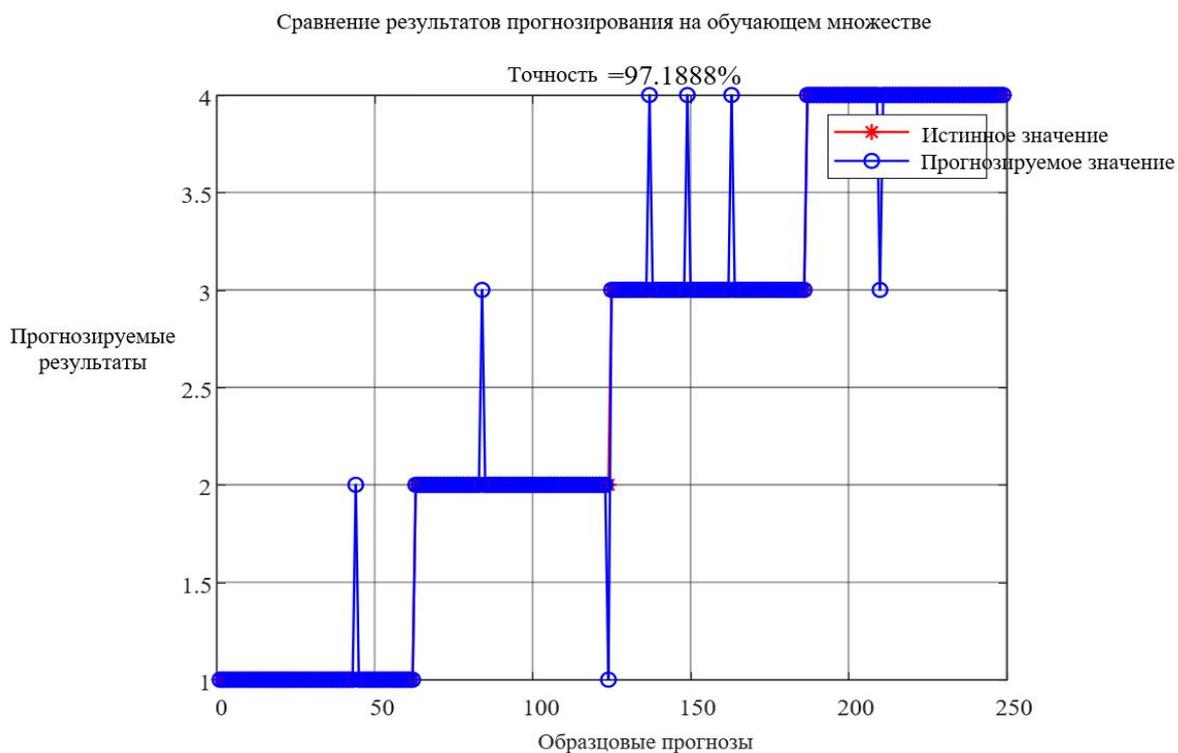


Рисунок 11 – Сравнение результатов прогнозирования обучающего набора нейронной сети ВР

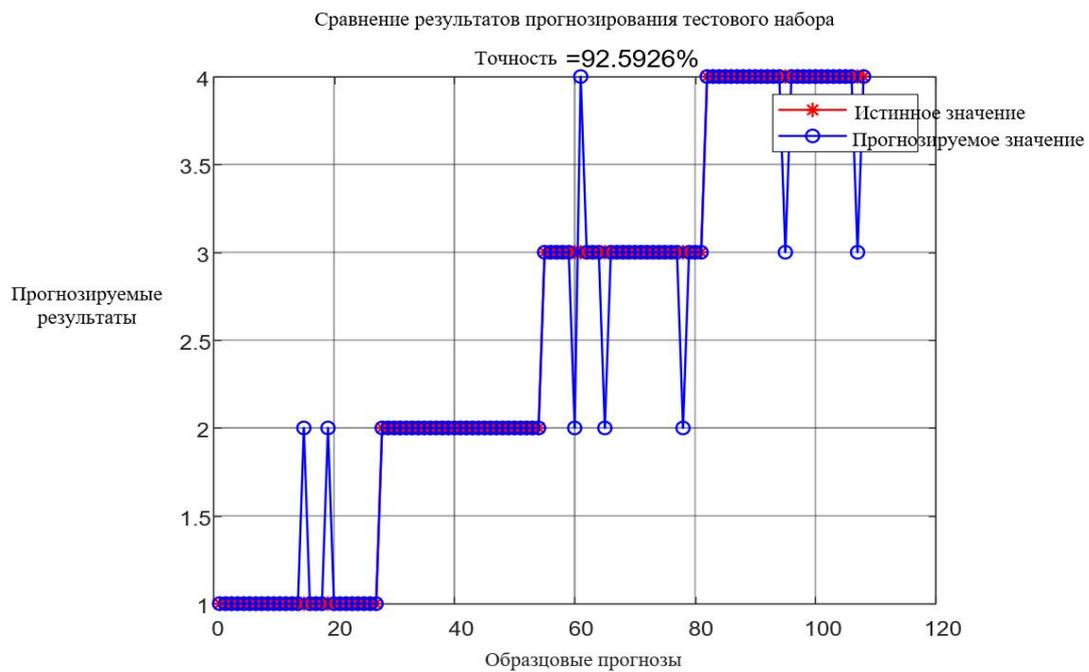


Рисунок 12 – Сравнение результатов прогнозирования для тестового набора нейронной сети ВР

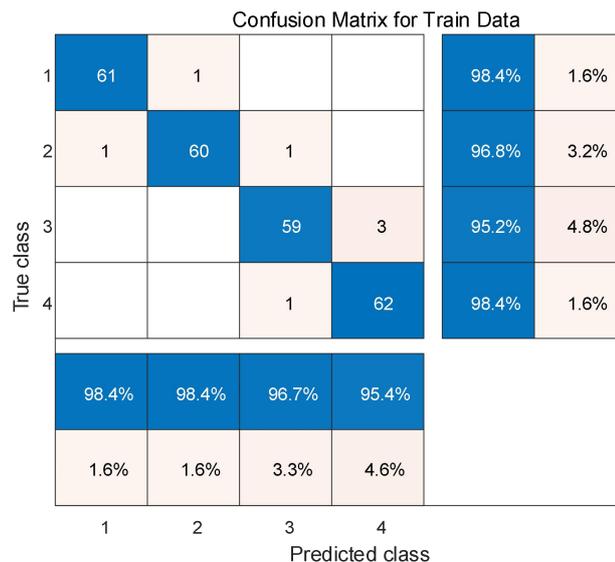


Рисунок 13 – Схематическая диаграмма матрицы запутанности для обучающего набора нейронной сети ВР

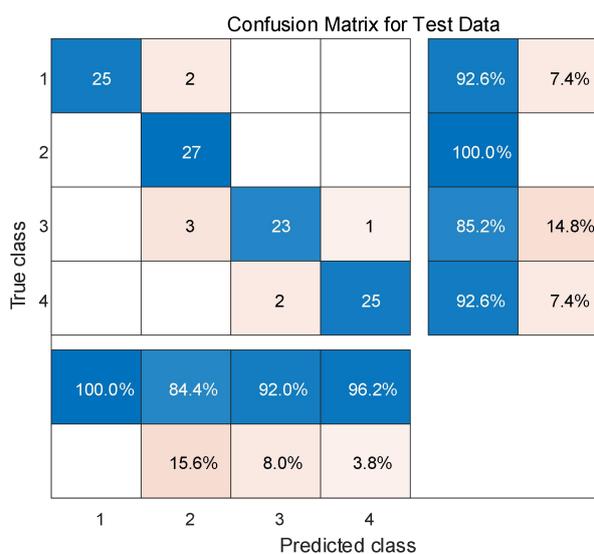


Рисунок 14 – Схема матрицы смещения тестового набора нейронной сети ВР

Используя программное обеспечение Matlab R2018b, первые 250 наборов данных вектора признаков в таблице 1 были использованы в качестве обучающих данных для нейронной сети ВР (из-за ограничения пространства приведены только некоторые образцы). Оптимизируя веса и пороги нейронной сети ВР, оптимизированная модель нейронной сети ВР

использовалась для повторного обучения и тренировки, пока ошибка на выходе сети не соответствовала требованиям или не достигала максимального количества шагов обучения; в то же время, чтобы проверить производительность алгоритма нейронной сети ВР более интуитивно, как рисунок–11, График сравнения результатов прогнозирования обучающего набора нейронной сети ВР и Рисунок 11 График сравнения результатов прогнозирования тестового набора нейронной сети ВР. Как показано на рисунке 10, результат прогнозирования обучающего набора модели обнаружения неисправностей нейронной сети ВР составляет 97,19 %, что указывает на то, что модель нейронной сети ВР имеет высокую точность прогнозирования для обнаружения четырех типичных неисправностей двигателя, а эффект прогнозирования модели на тестовом наборе составляет 92,59 %, что указывает на то, что обобщающая способность модели достигает высокого уровня. Это указывает на то, что модель достигла высокого уровня обобщения. Из дальнейшего анализа двух результатов прогнозирования следует, что модель смогла предсказать четыре типичные неисправности двигателя в обучающем наборе с высокой точностью прогнозирования, но точность прогнозирования модели для третьей неисправности двигателя в тестовом наборе была все еще недостаточной по сравнению с тремя другими неисправностями, что было первоначально проанализировано, потому что нейронная сеть ВР не смогла точно выучить правила ассоциации в данных о неисправности третьего двигателя. Другими словами, нейронная сеть ВР не смогла выучить третью типичную неисправность двигателя. Как видно из рисунка 12, матрица запутанности обучающего набора нейронной сети ВР показывает, что точность алгоритма нейронной сети ВР на обучающем наборе составляет 98,4 %, 98,4 %, 96,7 % и 95,4 % для четырех типов неисправностей, что очень высоко с точки зрения результатов прогнозирования. Модель имеет очень хороший показатель обнаружения на обучающем множестве. Однако, как следует из анализа матрицы

запутанности тестового набора на рисунке 18, показатели обнаружения четырех неисправностей составили 100 %, 84,4 %, 92,0 % и 96,2 %, поэтому модель не смогла добиться хорошего дискриминационного эффекта при обнаружении второй неисправности тестового набора. Из результатов эксперимента видно, что уровень утечки по четырем неисправностям составляет 7,4 %, 0, 14,8 % и 7,4 % по порядку. Таким образом, с точки зрения анализа эффекта обнаружения неисправностей на обучающем и тестовом наборе, модель ВР может достичь обнаружения неисправностей двигателя в определенной степени, но она не способна достичь удовлетворительного эффекта. Предварительный анализ показывает, что модель может легко достичь локальной сходимости очень рано в процессе обучения и не может выйти из локального оптимального решения, что приводит к потере определенной способности к обобщению в процессе поиска глобальной оптимизации.

6.2 Процесс реализации кода Matlab для обнаружения неисправностей двигателя на модели машины экстремального обучения

Прежде всего, почему этот алгоритм называется Extreme Learning Machine, потому что его вычислительная скорость очень быстрая, его основным эталоном является глубокое обучение, потому что в настоящее время глубокое обучение требует большого количества данных для непрерывной итеративной оптимизации, этот процесс относительно трудоемкий, но Extreme Learning Machine может достичь одношагового процесса, непосредственно для вычисления лучшего результата, Extreme Learning Machine по существу является одним скрытым слоем. Наиболее важной особенностью ELM является то, что отображение входного слоя на скрытый слой является случайным отображением, т.е. веса связи входного слоя и скрытого слоя генерируются случайным образом, а процесс обновления весов связи выходного слоя и скрытого слоя и входного слоя отличается от традиционного алгоритма ВР нейронной сети ошибки

обратного распространения по всей программе, т.е. отображение входного слоя и скрытого слоя ELM генерируется случайным образом и веса связи входного слоя и скрытого слоя обновляются в процессе. Веса соединений входного и скрытого слоев ELM генерируются случайным образом и остаются фиксированными на протяжении всей программы.

Метод определения подразумеваемых узлов слоя модели обнаружения неисправности двигателя экстремальной обучающей машины заключается в следующем: используя эмпирическую формулу $hiddennum = \sqrt{m+n} + a$, m - количество узлов входного слоя, n - количество узлов выходного слоя, a - обычно берется как целое число между 1-10, в экстремальной обучающей машине эмпирическая формула часто не работает, устанавливают больший диапазон для количества подразумеваемых узлов слоя для обучения, чтобы сравнить количество подразумеваемых узлов слоя, соответствующее оптимальному случаю решения, может быть .

Используя программное обеспечение Matlab R2018b, первые 250 наборов данных вектора признаков в таблице 1 были использованы в качестве обучающих данных для модели предельной обучающей машины. Оптимизируя веса и пороги предельной обучающей машины, оптимизированная модель предельной обучающей машины многократно обучалась и обучалась до тех пор, пока ошибка на выходе сети не соответствовала требованиям или не достигала максимального количества шагов обучения; в то же время, для более интуитивного тестирования производительности алгоритма предельной обучающей машины, как показано на рисунке 14 Сравнение результатов прогнозирования обучающего набора предельной обучающей машины и рисунке 25 Сравнение результатов прогнозирования тестового набора предельной обучающей машины. Видно, что во время обучения модели обнаружения неисправностей с помощью экстремальной обучающей машины, результат предсказания на обучающем множестве составляет 98,79 %, что указывает на то, что модель

экстремальной обучающей машины имеет высокую точность предсказания для обнаружения четырех типичных неисправностей двигателя, а из графика эффекта предсказания модели на тестовом множестве видно, что эффект предсказания модели на тестовом множестве составляет 96,29 %, что может указывать на то, что модель экстремальной обучающей машины имеет лучшую точность предсказания, чем нейронная сеть ВР. Модель обладает лучшей способностью предсказывать новые образцы по сравнению со способностью обобщения нейронной сети ВР. Модель достигает высокой точности прогнозирования для всех четырех типичных неисправностей двигателя в обучающем наборе. По сравнению с нейронной сетью ВР, которая все еще не способна предсказать третью неисправность двигателя, экстремальная обучающая машина может преодолеть проблему недостаточной способности нейронной сети ВР к обучению для третьей типичной неисправности. Как видно из матрицы путаницы обучающего множества на рисунке 16, точность модели обнаружения неисправностей двигателя с помощью экстремальной обучающей машины для обучающего множества составила 100 %, 100 %, 3,2 % и 1,6 % для каждой из четырех неисправностей по очереди, что показывает, что точность модели очень высока с точки зрения результатов прогнозирования. Модель также очень хороша для обучающего множества. Из анализа матрицы запутанности тестового набора на рисунке 22 видно, что коэффициенты обнаружения четырех неисправностей составляют 3,6 %, 3,8 %, 3,8 % и 3,6 %, поэтому модель достигает очень хорошего эффекта дискриминации. Таким образом, с точки зрения анализа эффекта обнаружения неисправностей на обучающем множестве и тесте, предельная обучающая машина может достичь обнаружения неисправностей двигателя в определенной степени, но наличие случайно генерируемых параметров инициализации для мотивации инициализации предельной обучающей машины неизбежно приводит к избыточным, не настраиваемым узлам подразумеваемого слоя. явлений,

таких как низкая волатильность результатов прогнозирования, что затрудняет применение моделей предельного обучения в лабораториях высокоточного машиностроения и высокоиндексных лабораториях. Поэтому в дальнейших исследованиях модель нуждается в дальнейшей оптимизации и совершенствовании для устранения ее недостатков.

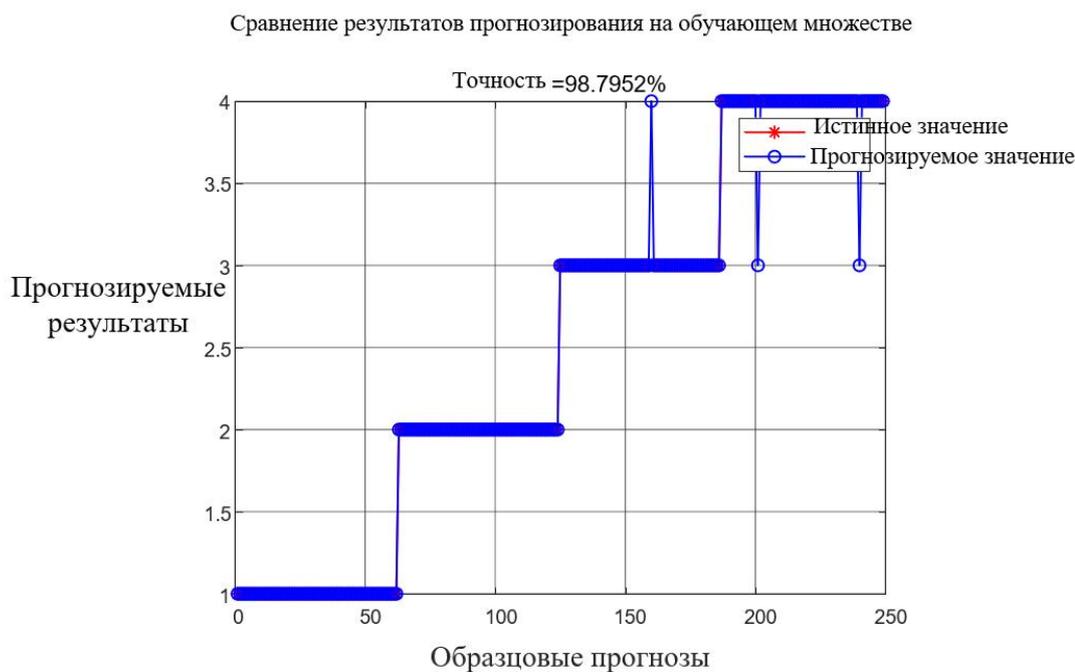


Рисунок 15 – Сравнение результатов прогнозирования для обучающего набора

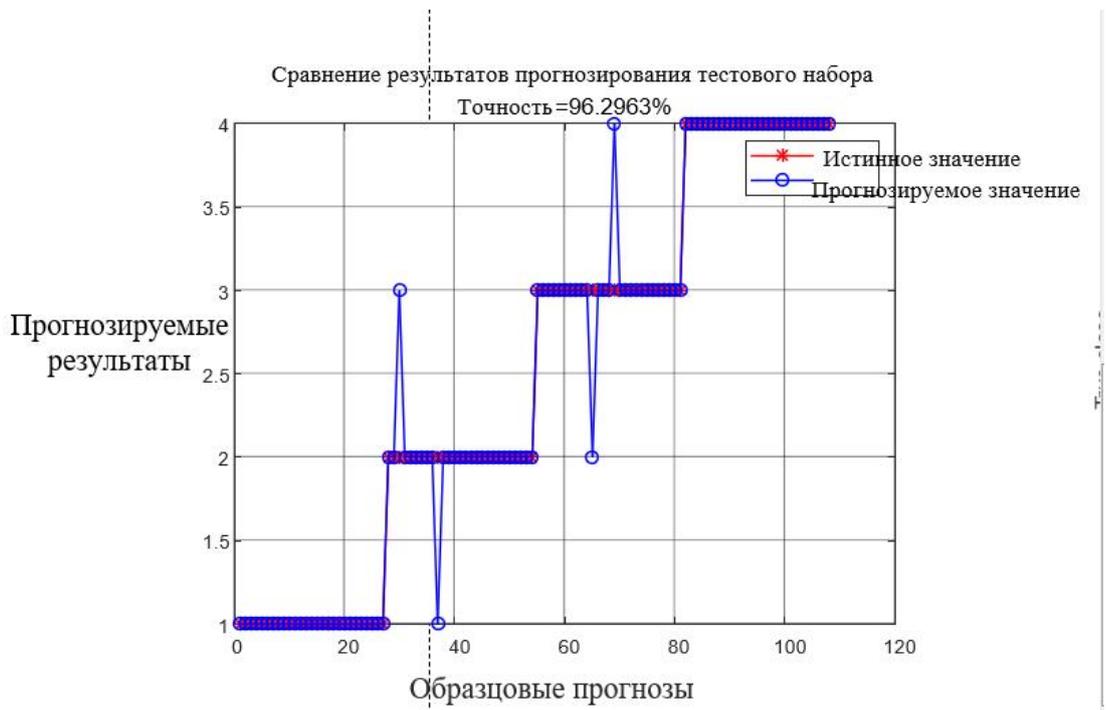


Рисунок 16 – Сравнение результатов прогнозирования для тестового набора Extreme Learning Machine

Confusion Matrix for Train Data

True class	1	62			100.0%		
	2		62		100.0%		
	3			61	1	98.4%	1.6%
	4			2	61	96.8%	3.2%
		100.0%	100.0%	96.8%	98.4%		
				3.2%	1.6%		
		1	2	3	4		
		Predicted class					

Рисунок 17 – Диаграмма матрицы путаницы для обучающего набора экстремальной обучающей машины

Confusion Matrix for Test Data

True class	1	27				100.0%	
	2	1	25	1		92.6%	7.4%
	3		1	25	1	92.6%	7.4%
	4				27	100.0%	
		96.4%	96.2%	96.2%	96.4%		
		3.6%	3.8%	3.8%	3.6%		
		1	2	3	4		
		Predicted class					

Рисунок 18 – Схема матрицы путаницы для тестового набора Extreme Learning Machine

7 Улучшение предельной обучающей машины на основе алгоритма роя частиц для краткосрочного прогнозирования электрической нагрузки

При широком использовании алгоритма предельной обучающей машины ученые используют случайно сгенерированные параметры инициализации для стимулирования инициализации предельной обучающей машины, что неизбежно приводит к избыточным, нерегулируемым явлениям в узлах подразумеваемого слоя, таким как низкая волатильность результатов прогнозирования, что затрудняет предельную обучающую модель в высокоточных инженерных и высокоэкспоненциальных лабораториях, поэтому в данной работе используется оптимизированный алгоритм предельной обучающей машины на основе алгоритма роя частиц с целью оптимизации предельной машины. Целью данной работы является оптимизация стохастических параметров обучающей машины для получения модели прогнозирования нагрузки энергосистемы с лучшими результатами прогнозирования как по точности прогноза, так и по требуемому времени прогнозирования, а также анализ результатов работы этой модели в сравнении с результатами работы классической модели ELM.

7.1 Анализ примеров

Используя программное обеспечение Matlab R2018b, 250 наборов данных вектора признаков были использованы в качестве обучающих данных для предельной обучающей машины. Веса и пороги предельной обучающей машины были оптимизированы, и оптимизированная сеть неоднократно обучалась и тренировалась до тех пор, пока ошибка на выходе сети не соответствовала требованиям или не достигала максимального количества шагов обучения; между тем, чтобы проверить производительность алгоритма предельного обучения с оптимизацией роя частиц более интуитивно, эффект прогнозирования предельной обучающей машины с оптимизацией роя частиц для обнаружения неисправностей

двигателя показан на рисунке 19-фигуральное приложение 22, где показано, что алгоритм предельного обучения с оптимизацией роя частиц имеет более высокую точность. Точность выше, чем у неоптимизированного алгоритма предельного обучения, а эксперименты показывают, что скорость сходимости и эффективность прогнозирования очень впечатляющие. Таким образом, обоснованность предложенной модели подтверждена.

7.2 Примеры расчетов

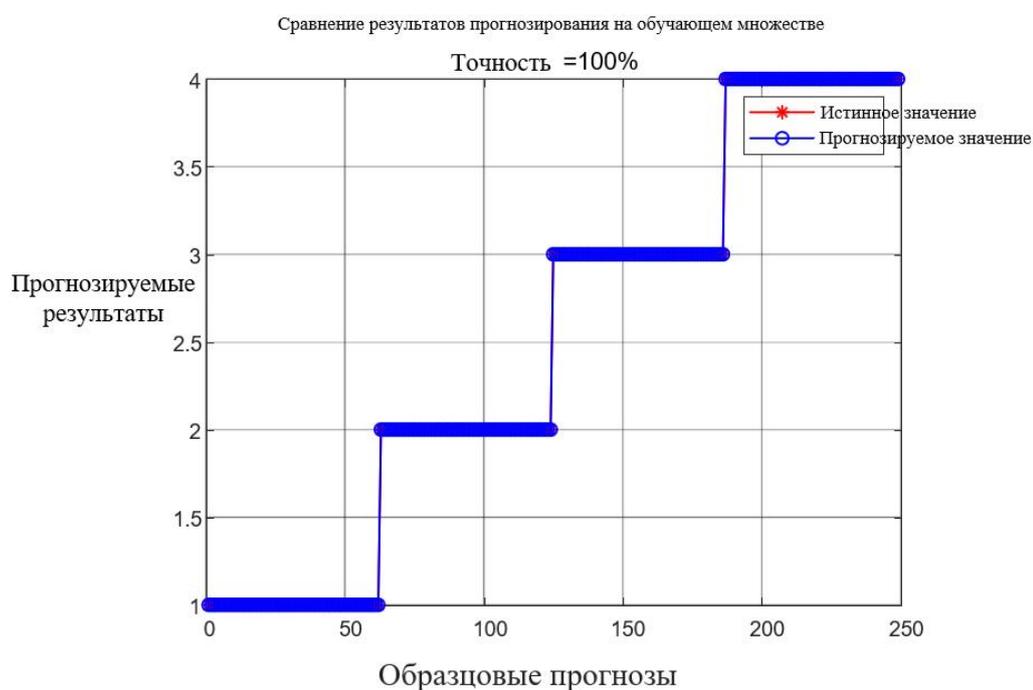


Рисунок 19 – Сравнение результатов прогнозирования для обучающего набора PSO-ELM

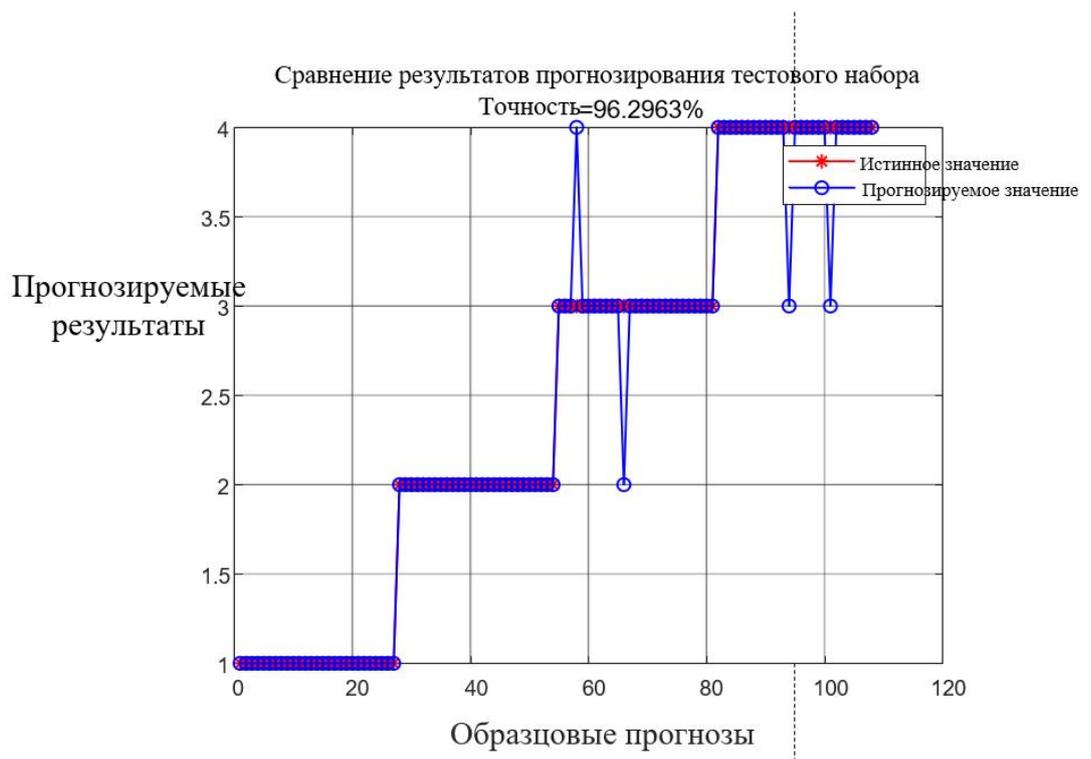


Рисунок 20 – Сравнение результатов прогнозирования тестового набора PSO-ELM

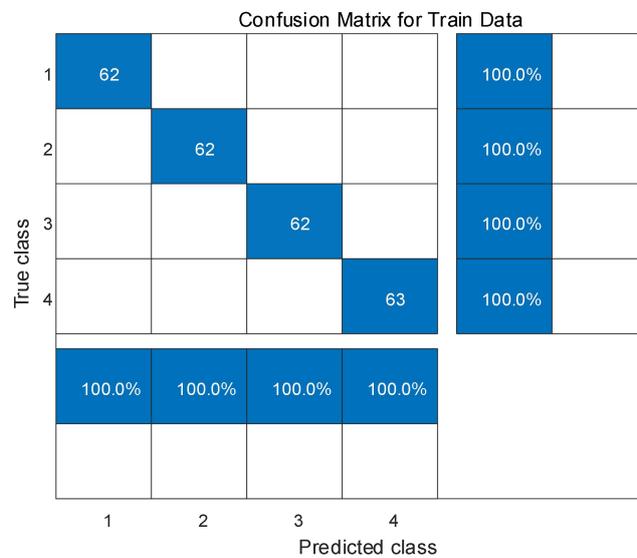


Рисунок 21 – Схематическая диаграмма матрицы смешения обучающего набора PSO-ELM

Confusion Matrix for Test Data

True class	1	27				100.0%	
	2		27			100.0%	
	3		1	25	1	92.6%	7.4%
	4			2	25	92.6%	7.4%
		100.0%	96.4%	92.6%	96.2%		
			3.6%	7.4%	3.8%		
		1	2	3	4		
		Predicted class					

Рисунок 22 – Схема матрицы смешения тестового набора PSO-ELM

Вывод

В этой статье дается основное введение в два алгоритма прогнозирования краткосрочной нагрузки в искусственных нейронных сетях, представляя алгоритм обнаружения неисправностей двигателя на основе нейронной сети ВР и алгоритм обнаружения неисправностей двигателя на основе предельной обучающей машины. Объясняются предпосылки, принципы, соответствующие математические формулы, а также преимущества и недостатки каждого из этих алгоритмов. Представлено более глубокое исследование проблемы неадекватного обобщения и тенденции к локальной перестройке самой предельной обучающей машины, а также применен алгоритм роя частиц для оптимизации алгоритма предельной обучающей машины. Соответствующим образом строится нейросетевая модель для прогнозирования неисправностей в электродвигателях.

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

Студенту:

Группа	ФИО
158Т92	Ню Цзысинь

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Исходные данные к разделу «Прогнозирования ав рийных ситуаций на технологических объектах нефтегазодобычи»:

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Среднерыночные цены РФ для определения стоимости материальных ресурсов. Нормативные документы НИ ТПУ, ФЗ «О минимальном размере оплаты труда» для определения оплата труда исполнителей проекта.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	30 % районный коэффициент, коэффициент дополнительной заработной платы 12 %; накладные расходы 16 %.
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	30 % отчисления во внебюджетные фонды

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Представить оценку коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Разработать план научно-исследовательских работ и рассчитать затраты.
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Определить интегральный показатель эффективности научного исследования

Перечень графического материала :

1. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений. 2. Матрица SWOT-анализа 3. Морфологическая матрица 4. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей 5. Временные показатели проведения НИ 6. Бюджет НИ 7. Оценка характеристик вариантов исполнения 8. Сравнительная эффективность разработки.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	30.01.2023.г
---	--------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ШБИП	ОСГН Былкова Татьяна Васильевна	канд.экон.наук		30.01.2023 г

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158Т92	Ню Цзысинь		30.01.2023 г

8 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

8.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

8.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Потенциальными потребителями результатов исследования является широкий круг компаний нефтегазовой отрасли. Для этих компаний разрабатывается система прогнозирования аварийных ситуаций на производственных объектах.

В таблице 4 приведены основные сегменты рынка по следующим критериям: размер компании-заказчика и направление деятельности. Анализ рынка выполнялся на основе компаний ПАО "Нижнекамскнефтехим", ОАО "Тольяттиазот", ОАО "Саянскхимпласт".

Таблица 4 – Карта сегментирования рынка

		Направление деятельности			
		Подбор средств реализации	Создание алгоритмов управления	Проектирование АСУ ТП	Разработка экранных форм
Размер компании	Крупные	-	-	+	+
	Средние	-	-	-	+
	Мелкие	+	+	-	-

Согласно карте сегментирования, можно выбрать следующие сегменты рынка: подбор средств реализации и создание алгоритмов управления для крупных и средних компаний.

8.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Данный анализ проводится с помощью оценочной карты для сравнения конкурентных технических решений, приведенной в таблице 5. В качестве конкурентов выбраны ПАО "Новомет-Пермь".

Таблица 5 – Оценочная карта сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Разрабатываемая САР	1 Конкурентная система управления	2 Конкурентная САР	Разрабатываемая САР	1 Конкурентная система управления	2 Конкурентная САР
Техническое критерии оценки ресурсоэффективности							
Повышение производительности	0,1	5	3	4	0,50	0,3	0,4
Удобство в эксплуатации	0,08	4	3	4	0,32	0,24	0,32
Устойчивость	0,08	4	4	3	0,32	0,32	0,24
Энергоэкономичность	0,05	4	5	4	0,2	0,25	0,2
Надежность	0,1	5	3	5	0,5	0,3	0,5
Безопасность	0,05	4	3	5	0,2	0,15	0,25
Простота в эксплуатации	0,08	4	4	4	0,32	0,32	0,32
Экономические критерии оценки эффективности							
Конкурентоспособность	0,1	4	3	3	0,2	0,15	0,15
Уровень проникновения на рынок	0,04	4	3	3	0,2	0,15	0,15
Цена	0,04	5	2	1	1	0,4	0,2
Предполагаемый срок эксплуатации	0,04	5	2	4	0,5	0,2	0,4
Условия проникновения на рынок	0,05	4	3	5	0,24	0,18	0,3
Итого	1	52	38	39	4,5	2,96	4,05

На основании полученных результатов можно сделать вывод, что система прогнозирования, разрабатываемая для использования в аварийных ситуациях на объектах нефтегазодобычи, является наиболее эффективной.

Слабыми сторонами конкурентов являются конкурентов является высокая стоимость, низкая точность и высокая нестабильность.

8.1.3 SWOT – анализ

SWOT-анализ—это метод стратегического планирования, заключающийся в выявлении факторов внутренней и внешней среды организации и разделении их на четыре категории: Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) [15]. Выявим соответствия сильных и слабых сторон научно- исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Данные соответствия или несоответствия помогут выявить потребность в проведении стратегических изменений. Для этого построим интерактивные матрицы проекта (таблицы 6-9).

Таблица 6 – Интерактивная матрица для сильных сторон и возможностей

Сильные стороны проекта					
		C1	C2	C3	C4
Возможности проекта	B1	+	-	+	0
	B2	+	0	-	-
	B3	+	+	-	+

Таблица 7–Интерактивная матрица для слабых сторон и возможностей

Слабые стороны проекта				
		Сл1	Сл2	Сл3
Возможности проекта	B1	+	-	+
	B2	-	0	-
	B3	0	+	+

Таблица 8 – Интерактивная матрица для сильных сторон и угроз

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		С1	С2	С3	С4
	У1	+	+	+	-
	У2	+	+	+	-
	У3	+	+	+	-

Таблица 9 – Интерактивная матрица для слабых сторон и угроз

Слабые стороны проекта				
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	+	+	+
	У2	+	-	+
	У3	+	0	+

Матрица SWOT-анализа представлена в таблице 9.

Таблица 10 – SWOT-анализ

	Сильные стороны:	Слабые стороны:
	<p>С1. Низкая стоимость.</p> <p>С2. Научная новизна.</p> <p>С3. Современные технологии.</p> <p>С4. Высокий спрос.</p>	<p>Сл1. Высокие начальные затраты.</p> <p>Сл2. Отсутствие клиентской базы.</p> <p>Сл3. Узкая направленность</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Увеличение спроса.</p> <p>В2. Выход на иностранный рынок.</p> <p>В3. Расширение диапазона предоставляемых услуг.</p>	<p>Увеличение объема производства, прибыли и расширение границ сбыта и клиентской базы.</p> <p>Продажи как в розницу, так и в опт на разных площадках и территориях сбыта.</p>	<p>Высокие начальные затраты уменьшат и не позволят воспользоваться высоким спросом в полной мере.</p> <p>Узкая направленность затруднит увеличение спроса. Расширение Диапазона позволит нарастить клиентскую базу и сгладит минусы узкой направленности.</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие потребности на новые технологии.</p> <p>У2. Увеличение конкуренции.</p> <p>У3. Нестабильность экономической ситуации в стране.</p>	<p>Низкая стоимость и научная новизна с применением современных технологий улучшит конкурентную позицию, потребительскую способность и сгладит экономический кризис.</p>	<p>Высокие начальные затраты, увеличение конкуренции и нестабильная экономическая ситуация может ослабить интерес покупателей.</p>

8.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Таблица 11 – Морфологическая матрица для «Прогнозирования аврийных ситуаций на технологических объектах нефтегазодобычи»

	1
А. Пользовательский интерфейс	Включая расположение, цвета, шрифты и размеры элементов интерфейса, таких как меню, кнопки, текстовые поля, диаграммы
Б. Функциональность	Функциональность программного обеспечения является основной характеристикой программного обеспечения. Она включает в себя различные функции и возможности, предоставляемые программным обеспечением, такие как управление данными, создание отчетов, обработка изображений, безопасность
В. Расширяемость	Поддержка интерфейсов прикладного программирования (api) третьих сторон
Г. Настраиваемость	Позволяет пользователям настраивать интерфейс и параметры, а также поддерживает пользовательские сценарии и плагины
Д. Простота использования	Взаимодействие простое и интуитивно понятное, а программное обеспечение предоставляет адекватную справочную документацию и учебники
Е. Совместимость	Способность корректно работать в различных операционных системах и аппаратных средах
Ж. Безопасность	Защита пользовательских данных и безопасность системы. Это включает в себя предоставление программным обеспечением адекватных функций шифрования данных и аутентификации

8.3 Планирование научно-исследовательских работ

8.3.1 Структура работ в рамках научного исследования

Перечень работ и этапов научного исследования представлен в таблице – 12.

Таблица 12 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	Содержание работы	Исполнитель
Разработка технического задания	Составление и утверждение задания	Руководитель, Инженер
	Календарное планирование	Руководитель, Инженер
Выбор направления исследования	Выбор материалов по теме и их изучение	Руководитель, Инженер
	Поиск похожих решений	Инженер
Теоретическое экспериментальное исследование	Теоретические расчеты и их обоснование	Инженер
	Построение моделей проведение экспериментов	Инженер
	Анализ и сопоставление теоретических и экспериментальных данных	Инженер
Обобщение результатов	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, Инженер
	Оценка целесообразности проведения дальнейших исследований по теме	Руководитель, Исполнитель
Разработка технической документации проектирование	Разработка функциональной схемы и автоматизации	Инженер
	Составление перечня вход/выходных сигналов	Инженер
	Составление схемы информационных потоков	Инженер
	Разработка схемы внешних проводок	Инженер
	Разработка алгоритмов сбора данных	Инженер
	Разработка алгоритмов управления АС	Инженер
	Разработка структурной схемы автоматического регулирования	Инженер
Оформление отчета	Оформление расчетно-пояснительной записки	Инженер

8.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов [10].

Таблица 13–Расчет трудозатрат

Название работы	Трудоемкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях	Длительность работ в календарных днях
	tmin	tmax	тож			
Составление и утверждение технического задания	1	2	1,4	1	1,4	2
Календарное планирование	2	5	3,2	1	3,2	5
Выбор материалов по теме и их изучение	2	5	3,2	1	3,2	5
Поиск похожих решений	0,5	1	0,7	2	0,35	1
Теоретические расчеты и их обоснование	1	3	1,8	1	1,8	3
Построение моделей и проведение экспериментов	2	4	2,8	1	2,8	4
Анализ и сопоставление теоретических и экспериментальных данных	0,5	1	0,7	1	0,7	1
Оценка эффективности результатов	0,5	1	0,7	2	0,35	1
Определение целесообразности проведения ОКР	0,5	1	0,7	2	0,35	1
Разработка функциональной схемы автоматизации	1	2	1,4	1	1,4	2
Составление перечня вход/выходных сигналов	0,5	1	0,7	1	0,7	1

Продолжение таблицы 13 – Расчет трудозатрат

Составление информационных потоков	схемы	0,5	1	0,7	1	0,7	1
Разработка проводок	схемы внешних	1	3	1,8	1	1,8	3
Разработка алгоритмов сбора данных		1	3	1,8	1	1,8	3
Разработка управления АС	алгоритмов	0,5	1	0,7	1	0,7	1
Разработка структурной схемы автоматического регулирования		2	4	2,8	1	2,8	4
Проектирование системы		2	5	3,2	1	3,2	5
Оформление пояснительной записки	расчетно-	1	3	1,8	1	1,8	3
ИТОГО: руководитель						1,05	3
ИТОГО: инженер						29,05	46

8.3.3 Разработка графика проведения научного исследования

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни.

Коэффициент календарности:

$$K_{\text{кал}} = \frac{365}{365-118} \approx 1,48 \quad (24)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году (365 дней);

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

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году ($T_{\text{вых}} + T_{\text{пр}} = 118$).

График проведения научного исследования представлен таблицы 14.

8.4 Бюджет научно-технического исследования

Материальные ресурсы приведены в таблице 15.

Таблица 15 – Затраты на материалы и комплектующие для исполнения 2

Наименование	Цена за ед., руб.	Количество, шт	Затраты на Материалы
Компьютерное оборудование	65000	1	65000
Письменный стол и стул	5000	2	10000
Расходы на приобретение программного обеспечения, например, OFFICE3665	5000	1	5000
Аренда лаборатории	10000	1	10000
Линии электроснабжения	370.65	3	1111.95
Прочие расходы	16800	1	16800
Итого:			107911,95

Расчеты затрат на основную заработную плату приведены в таблице 16.

При расчете учитывалось, что в 2022 году 247 рабочих дней.

Таблица 16 – Расчёт основной ЗП

Исполнители	Тарифная заработная плата, руб	Премимальный коэффициент, %	Коэффициент	Районный	Месячный должностной оклад	Среднедневная заработная плата, руб.	Продолжительность работ, дней	Заработная плата основная, руб
Руководитель	39300	30	30	30	74670	3628	1,05	3809,08
Инженер	16242	30	30	30	30859,8	1499	29,05	43553,55
Итого:								47362,62

8.4.1 Дополнительная заработная плата исполнительской

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = K_{доп} * Z_{осн} \quad (25)$$

где $K_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (0,12);

$Z_{осн}$ – основная заработная плата. Получим:

$$Z_{доп Р} = 0,12 * 3809,08 = 457,09 \text{ руб. ;}$$

$$Z_{доп И} = 0,12 * 43553,55 = 5226,43 \text{ руб.}$$

8.4.2 Отчисление во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} * (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (26)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.)

Таблица 17–Расчет отчислений во внебюджетного фонды

Исполнитель	Основная ЗП, руб.	Дополнительная ЗП, руб.	Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	$Z_{внеб}$, руб.
Руководитель	3809,08	457,09	30 %	1280
Инженер	43553,55	5226,43	30 %	14634
Итого:				15914

8.4.3 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 18.

Таблица 18 – Бюджет затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Затраты на материалы и комплектующие	57 877,2	107911,95	57877,2
Затраты по основной заработной плате исполнителей	47362,62	47362,62	47362,62
Затраты по дополнительной заработной плате	0	5683,52	5683,52
Отчисления во внебюджетные фонды	14208,79	15914	15914
Накладные затраты	19112	28300	20294
Итого	138560	205172	147131

8.4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Таблица 19 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Материалоёмкость	0,05	3	4	5
Надёжность	0,1	4	3	2
Производительность	0,25	5	3	4
Удобство в эксплуатации	0,15	4	5	3
Энергосбережение	0,25	5	4	3
Безопасность	0,2	5	3	4
Итого:	1			

На основании полученных показателей выполним сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки (таблица 20).

Таблица 20 – Сравнительная эффективность разработки

п/п	Показатели	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,68	1,00	0,72
2	Интегральный показатель Ресурсоэффективности разработки	4,65	3,60	3,45
3	Интегральный показатель эффективности	6,8	3,6	4,8
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения		1,89	1,42

Сравнивая значения общих показателей эффективности, мы пришли к выводу, что общие показатели эффективности исполнения 1 выше, чем у исполнения 2 и 3 на 89 % и 42 %.

Таким образом, текущая разработка с позиции сравнительной эффективности выгодна за счет экономии ресурсов.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Обучающемуся:

Группа		ФИО	
158Т92		Ню Цзысинь	
Школа	ИШИТР	Отделение (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04. Автоматизация технологических процессов и производств

Тема ВКР:

Прогнозирования аварийных ситуаций на технологических объектах нефтегазодобычи	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
Введение	<p style="text-align: center;"><i>Объект исследования: Объекты добычи нефти и газа</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Область применения: рабочая зона: Экспериментальные установки, содержащие объекты нефтегазодобычи.</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Размеры помещения: 8*10 м.</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны: Оборудование, необходимое для прогнозирования аварийных ситуаций на объектах добычи нефти и газа, включает персональный компьютер.</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: Основным оборудованием, использованным для выполнения работы, был персональный компьютер. Это оборудование используется для разработки математической модели объекта добычи нефти и газа и разработки программы для составления прогнозов о возможных непредвиденных обстоятельствах и сравнения их с существующими отраслевыми данными для проверки правильности модели.</i></p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения	<p style="text-align: center;"><i>Федеральная служба по экологическому, техническому и атомному надзору</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Приказ № 534 от 15 декабря 2020 года "Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности".</i></p>
2. Производственная безопасность при разработке проектного решения	<p>Опасные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги тканей организма человека; 2. Производственные факторы, связанные с повышенным уровнем ионизирующих излучений; 3. Опасность поражения электрическим током

	<p>4. Короткое замыкание</p> <p>Вредные факторы:</p> <p>1. Повышенный уровень локальной вибрации;</p> <p>3. Повышенный уровень шума;</p> <p>4. Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения;</p> <p>5. Монотонность труда, вызывающая монотонию;</p> <p>6. Длительное сосредоточенное наблюдение.</p> <p>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: тепловая изоляция трубопроводов, беруши, наушники, настройки регулировки, экран шумоизоляции, вывески, ограждения</p>
3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения	<p>Воздействие на селитебную зону: отсутствует. Воздействие на литосферу: Взрывы в результате аварий во время производства.</p> <p>Воздействие на гидросферу: стоки и отходы промышленного производства.</p> <p>Воздействие на атмосферу: случайные атмосферные опасности, вызванные промышленным производством.</p>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения	<p>Возможные ЧС: Природные катастрофы (наводнения, цунами, ураган и т.д.);</p> <p>Геологические воздействия (землетрясения, оползни, обвалы, провалы территории и т.д.);</p> <p>Техногенные аварии (обрушение производственного здания или оборудования, пожар)</p> <p>Наиболее актуальная ЧС: возникновение пожара. Наиболее типичная ЧС: пожар вследствие короткого замыкания</p>
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доктор	Сечин Александр Иванович			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158Т92	Ню Цзысинь		

9 Социальная ответственность

9.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

В соответствии с 94 статьей ТК РФ длительность рабочей смены для работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, где установлена сокращенная продолжительность рабочего времени, максимально допустимая продолжительность ежедневной работы (смены) не может превышать:

- 1) при 36-часовой рабочей неделе – 8 часов;
- 2) при 30-часовой рабочей неделе и менее – 6 часов [13] ;
- 3) в течение рабочего дня (смены) работник должен получить перерыв на отдых и обед продолжительностью не более двух часов и не менее 30 минут, которые не включаются в рабочее время;

4) согласно гост 12.2.032-78 [10], конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов должно соответствовать антропометрическим, физическим и психологическим требованиям. Большое значение имеет также характер работы.

Основными элементами на рабочем месте являются стол и кресло. главное место работы - сидеть. Поэтому, чтобы исключить возникновение заболеваний, связанных с низкой текучестью кадров, необходимо иметь возможность свободно менять позы. Необходимо также наблюдать за работой и 74 отдыхом в системе, заполненной "отвлекающими" мышечной нагрузкой на те части мышечной кости, которые не включены в основные рабочие позы. рабочее кресло должно быть оборудовано подъемно - поворотным механизмом. высота сиденья должна быть установлена в пределах (400 - 500) мм, глубина сиденья должна составлять не менее 380 мм, а ширина - не менее 400 мм. высота опоры спинки должна быть не менее 300 мм, ширина - не менее 380 мм, угол наклона спинки стула к плоскости кресла должен изменяться (90° - 110°).

9.2 Производственная безопасность при эксплуатации

В данном пункте анализируются вредные и опасные факторы, которые могут возникать при разработке и эксплуатации учебного стенда. В таблице 19 приведены опасные и вредные факторы при выполнении работ за учебным стендом «Прогнозирования аварийных ситуаций на технологических объектах нефтегазодобычи».

Таблица 21 – Возможные опасности и вредные факторы

Факторы ГОСТ 12.0.003-2015	Нормативные документы
1.Повышенный уровень шума на рабочем месте;	ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.
2.Недостаточная освещенность рабочей зоны;	ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.
3.Отклонение показателей микроклимата	СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.
4.Монотонность труда, вызывающая монотонию;	ГОСТ 22269-76 Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места

Продолжение таблицы 21 – Возможные опасности и вредные факторы

5. Длительное сосредоточенное наблюдение	ГОСТ 21889-76 Система "Человек-машина". Кресло человека-оператора ГОСТ 22269-76 Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация
6. Электробезопасность – Статическое электричество – Короткое замыкание	ГОСТ 12.1.038-82 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов» ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты;
7. Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги тканей организма человека;	ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация Файл ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация

9.2.1. Повышенный уровень шума на рабочем месте.

При выполнении работ, специалист может оказаться в зоне повышенного уровня шума, источником которого является оборудование, находящееся в рабочем помещении: персональные компьютеры, устройства поддержки микроклимата (кондиционеры, вентиляция), а также циркуляционные насосы химического реактора.

Допустимые шумовые характеристики рабочих мест регламентируются согласно ГОСТ 12.1.003-2014. Выполняемые работы

можно отнести к конструированию, проектированию и программированию, рабочее место при этом располагается в лаборатории для теоретических работ и обработки данных. Исходя из этого, уровень звука должен находиться в пределах 50 дБА, согласно ГОСТ 12.1.003-2014 [11]. Уровень шума исправного современного компьютера находится в пределах от 33 до 47 дБА. Рабочее место удовлетворяет нормативным требованиям.

Таблица 22 – Предельные уровни звукового давления и предельные уровни звука.

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

В качестве мер по снижению шума, воздействующего на человека, в первую очередь следует использовать средства коллективной защиты. Наиболее эффективной защитой от шума, источником которого являются циркуляционные насосы химического реактора, было бы создание специальных архитектурно-строительных решений на этапе проектирования рабочего места в рабочей аудитории, но так как помещение в момент строительства здания не планировалось использовать для таких целей, то единственным решением по принятию мер коллективной защиты от производственного шума является использование акустического экрана или звукоизолирующего кожуха.

В качестве индивидуальных средств защиты от шума специалистом могут быть использованы специальные противозумные наушники, которые обезопасят пользователя от вредного воздействия шумов и помогут сделать условия работы более комфортными .

9.2.2 Анализ освещенности рабочей зоны

Освещение рабочего места специалиста, работающего за учебным стендом «Система автоматического регулирования температуры химического реактора с водяной рубашкой» складывается из естественного и искусственного освещения. Естественное освещение достигается установкой оконных проемов с коэффициентом естественного освещения КЕО не ниже 1,2 % в зонах с устойчивым снежным покровом и не ниже 1,5 % на остальной территории .

Для искусственного освещения помещений с персональными компьютерами следует применять светильники типа ЛПО36. Допускается применять светильники прямого света, преимущественно отраженного света типа ЛПО13, ЛПО5, ЛСО4, ЛПО34, ЛПО31 с люминесцентными лампами типа ЛБ. Допускается применение светильников местного освещения с лампами накаливания. Светильники должны располагаться линиями (прямыми или прерывающимися) так, чтобы при разном положении машин они были параллельно линии зрения пользователя. Защитный угол светильников должен быть не менее 40 градусов.

В утреннее и вечернее время вводится общее искусственное освещение. Основными источниками искусственного освещения являются лампы белого света ЛБ-20.

Требования к освещению на рабочих местах, оборудованных ПК согласно СНиП 23-05-95*. Данные требования представлены в таблице 23.

В случае недостатка освещения можно предложить к исполнению следующие мероприятия: введение дополнительных источников искусственного света, помещения для отдыха, регламентация времени работы, сокращение рабочего дня и т.д.

Таблица 23 – Требования к освещению на рабочих местах, оборудованных ПК

Освещенность на рабочем столе	(300 – 500) лк
Освещенность на экране ПК	не выше 300 лк

Продолжение таблицы 23 – Требования к освещению на рабочих местах, оборудованных ПК

Блики на экране	не выше 40 кд/м ²
Прямая блесккость источника света	200 кд/м ²
Показатель ослеплённости	не более 20
Показатель дискомфорта	не более 15
Отношение яркости:	
между рабочими поверхностями	3:1–5:1
между поверхностями стен и оборудования	10:1
Коэффициент пульсации:	не более 5 %

9.2.3 Анализ показателей микроклимата

Требования к параметрам микроклимата определяются согласно СанПиН 1.2.3685-21 [12]. Показатель микроклимата должен обеспечивать поддержание теплового баланса между людьми и окружающей средой и поддерживать оптимальное или допустимое теплое состояние организма, обеспечивая тем самым высокий уровень эффективности.

Отклонение от микроклиматических показателей может быть вызвано особенностями конструкции производственных объектов, функциями производственного оборудования и климатическими условиями окружающей среды.

Оптимальные и допустимые значения характеристик микроклимата приведены в таблице 24.

Таблица 24 – Оптимальные и допустимые значения характеристик микроклимата

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхности, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia (до 139)	(22 – 24)	(21 – 25)	(40 – 60)	0,1
Теплый	Ia (до 139)	(23 – 25)	(22 – 26)	(40 – 60)	0,1

В целях профилактики неблагоприятного воздействия микроклимата и поддержания его оптимальных условий должны быть использованы защитные мероприятия: введение системы местного кондиционирования воздуха, регламентация времени работы и т.д.

9.2.4 Монотонность труда, вызывающая монотонию

Монотония — это специфическое функциональное состояние, характеризующееся снижением уровня жизнедеятельности в результате воздействия однообразных раздражителей, то есть снижением внешней стимуляции. Монотония чаще всего возникает как следствие рабочей ситуации, но может быть и результатом индивидуального стиля жизни или следствием сложившихся жизненных обстоятельств, которые вызывают скуку и «голод чувств». Проявлением рабочей монотонии является притупление остроты внимания, ослабление способности к его переключению, снижение бдительности, сообразительности, ослабление воли, появление сонливости. Для состояния характерны сонливость, безразличие или негативное отношение к работе, сниженное внимание, психогенная усталость, которая формируется уже в начале рабочего дня. При этом возникает неприятное эмоциональное переживание, заключающееся в стремлении выйти из этой обстановки. Все эти явления быстро исчезают при вхождении человека в нормальную внешнюю среду [9].

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

9.2.5 Длительное сосредоточенное наблюдение

Длительное сосредоточенное наблюдение необходимо на рабочих местах, где состояние наблюдаемого объекта все время изменяется, и деятельность работника заключается в периодическом решении ряда задач, непрерывно следующих друг за другом, на основе получаемой и постоянно меняющейся информации.

в моей работе нужно внимательно следить за переходом системы. Поэтому для уменьшения усталости от длительного сосредоточенного наблюдения, согласно ГОСТ 22269-76 Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места, к рабочему месту исследователя можно предъявить следующие основные требования: конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов должны обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе на ЭВМ, позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейноплечевой области и спины, обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования с учетом его количества и конструктивных особенностей, характера выполняемой работы.

Также очень важно поддерживать оптимальный режим труда и отдыха, для профилактики и предотвращения психического и физического переутомления.

9.2.6 Анализ электробезопасности

Помещение, где расположены персональные вычислительные машины, относится к помещениям с повышенной опасностью [4]. Однако, опасное и вредное воздействия на людей электрического тока и электрической дуги проявляются в виде электротравм и профессиональных заболеваний [6]. К

мероприятиям по предотвращению возможности поражения электрическим током следует отнести:

- при производстве монтажных работ необходимо использовать только исправный инструмент, аттестованный службой кипия;

- с целью защиты от поражения электрическим током, возникающим между корпусом приборов и инструментом при пробое сетевого напряжения на корпус, корпуса приборов и инструментов должны быть заземлены;

- при включенном сетевом напряжении работы на задней панели должны быть запрещены;

- все работы по устранению неисправностей должен производить квалифицированный персонал;

- необходимо постоянно следить за исправностью электропроводки.

Перед началом работы следует убедиться в отсутствии свешивающихся со стола или висящих под столом проводов электропитания, в целостности вилки и провода электропитания, в отсутствии видимых повреждений аппаратуры и рабочей мебели, в отсутствии повреждений и наличии заземления приэкранного фильтра.

В зависимости от условий в помещении опасность поражения электрическим током увеличивается или уменьшается. Не подключайтесь к земле при высокой влажности (с относительной влажностью более 75 % в 80 течение длительного времени), высокой температуре (более 35°C), электропроводной пыли, электропроводности пола и металлических элементов при возможности одновременного контакта. Максимальное допустимое напряжение прикосновения и ток в соответствии с ГОСТ 12.1.038-82 [13]. В качестве мер защиты от прямого контакта с проводниками тока, согласно ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ, необходимо применять следующие защитные меры:

- основная изоляция;
- защитные оболочки;

Заключение

Итогом выпускной квалификационной работы стала разработка программного обеспечения для прогнозирования поведения объектов нефтегазовой промышленности.

Эта работа включала построение и анализ математических моделей, проведение анализа с помощью нейронных сетей и написание программного обеспечения. В итоге путем постоянной оптимизации и уточнения была получена более реалистичная математическая модель, которая была смоделирована в Simulink, и, наконец, данные были проанализированы для разработки программы, отвечающей требованиям.

На основе нескольких оригинальных моделей прогнозирования для обнаружения неисправностей двигателя, соответственно, с последующим исследованием сравнительного анализа, была получена модель обнаружения неисправностей двигателя с более высокими требованиями к точности. На основе анализа примеров можно сделать вывод, что алгоритм прогнозирования на основе предельной обучающей машины имеет более стабильные показатели прогнозирования, чем традиционный алгоритм прогнозирования на основе нейронной сети ВР, а выявленный недостаток способности к обобщению самой предельной обучающей машины и тенденция к Проблема локальной перестройки исследуется более глубоко.

Список используемых источников литературы

1. Русские Блоги: Подробное объяснение оптимизации роя частиц.– URL: <https://www.russianblogs.com/article/5535212078/> (дата обращения: 20.05.2023).
2. Основы программирования в MATLAB : Электронная книга, знакомящая с программированием в MATLAB.– URL : https://kpfu.ru/staff_files/F517940427/Method_Osnovy_programmirovaniya_v_Matlab_UMP_2019_.pdf (дата обращения: 20.05.2023).
3. Neurohive: Как работает нейронная сеть: алгоритмы, обучение, виды нейросетей.– URL: <https://neurohive.io/ru/osnovy-data-science/osnovy-nejronnyh-setej-algoritmy-obuchenie-funkcii-aktivacii-i-poteri/> (дата обращения: 20.05.2023).
4. ГОСТ 12.1.003-2014. Система стандартов безопасности труда. ШУМ Общие требования безопасности: дата введения 2015-11-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200118606> (дата обращения: 20.05.2023) – Текст: электронный.
5. Российская Федерация. Законы. Трудовой кодекс российской федерации: № 197-ФЗ: [принят Государственной Думой 21 декабря 2001 года]. – Москва, 2019 – ст. 92, ст. 117, ст. 129, ст. 147, ст. 219, ст. 222.
6. ГОСТ 12.0.003-2015. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация: дата введения 2017-03-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200136071> (дата обращения: 20.05.2023) – Текст: электронный.
7. СНиП 23-05-95*. Система нормативных документов в строительстве. строительные нормы и правила российской федерации. Естественное и искусственное освещение: дата введения 2017-05-08. – URL: <https://kola.rosavtodor.gov.ru/storage/app/media/kola/uploaded-files/08-16-sp-52133302016-estestvennoe-i-iskusstvennoe-osveshchenie-aktualizirovannaya->

[redaktsiya-snip-23-05-95-1.pdf](#)(дата обращения: 20.05.2023) – Текст: электронный.

8.ГОСТ 12.2.013.0-91 (МЭК 745-1-82). Система стандартов безопасности труда. Машины ручные электрические. Общие требования безопасности и методы испытаний: дата введения 1993-01-01. – URL:<https://docs.cntd.ru/document/1200005673>(дата обращения: 20.05.2023) – Текст: электронный.

9.ГОСТ 12.1.005-88. Межгосударственный стандарт система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны: дата введения 1989-01-01. – URL:<https://docs.cntd.ru/document/1200003608>(дата обращения: 20.05.2023) – Текст: электронный.

10.ГОСТ Р 55710-2013. Национальный стандарт российской федерации. Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений: дата введения 2014-07-01. – URL:<https://docs.cntd.ru/document/1200105707>(дата обращения: 18.05.2023) – Текст: электронный.

11.Российская Федерация. Законы. Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации: Федеральный закон от 16 сентября 2020 года N 1479. – Москва, 2020 – пункт. 444.

12.СП 12.13130.2009. Пределение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности: дата введения 2009-05-01. – URL:<https://docs.cntd.ru/document/1200071156>(дата обращения: 18.05.2023) – Текст: электронный.

13.ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕВООРУЖЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ. – URL:<http://kopen.narod.ru/company1.html>(дата обращения: 18.05.2023) – Текст: электронный.

Приложение А (обязательное) Решения для статической идентификации

Листинг 1 – Программный код

```
1. warning off % Выключить сообщения о тревоге
2. close all % 关闭开启的图窗
3. clear % Закройте открытое картинное окно
4. clc % Очистить командную строку
5. %% Считывание данных
6. res = xlsread('Наборы данных.xlsx');
7. %% Анализ данных
8. num_class = length(unique(res(:, end))); % Количество категорий (В последнем столбце Excel
проставьте категорию)
9. num_res = size(res, 1); % Количество образцов (Каждая строка, образец)
10. num_size = 0.7; % Пропорция обучающего набора к набору данных
11. res = res(randperm(num_res), :); % Разбейте набор данных (закомментируйте строку, если данные не
разбиты)
12. flag_conusion = 1; % Отметьте бит 1, чтобы открыть матрицу путаницы (требуется версия 2018 и
выше)
13. %% Установите переменные для хранения данных
14. P_train = []; P_test = [];
15. T_train = []; T_test = [];
16. %% Разграничение набора данных
17. for i = 1 : num_class
18. mid_res = res((res(:, end) == i), :); % Пройдитесь по различным категориям образцов
19. mid_size = size(mid_res, 1); % Получите количество образцов в различных категориях
20. mid_tiran = round(num_size * mid_size); % Получить количество обучающих образцов для класса
21. P_train = [P_train; mid_res(1: mid_tiran, 1: end - 1)]; % Входной сигнал обучающего набора
22. T_train = [T_train; mid_res(1: mid_tiran, end)]; % Выход обучающего набора
23. P_test = [P_test; mid_res(mid_tiran + 1: end, 1: end - 1)]; % Вход испытательного комплекта
24. T_test = [T_test; mid_res(mid_tiran + 1: end, end)]; % Выход испытательного комплекта
25. end
26. %% Перенос данных
27. P_train = P_train'; P_test = P_test';
28. T_train = T_train'; T_test = T_test';
29. %% Получить количество обучающих и тестовых образцов
30. M = size(P_train, 2);
31. N = size(P_test, 2);
32. %% Нормализация данных
33. [p_train, ps_input] = mapminmax(P_train, 0, 1);
34. p_test = mapminmax('apply', P_test, ps_input);
35. t_train = ind2vec(T_train);
36. t_test = ind2vec(T_test);
37. %% Построение модели
38. num_hidden = 4; % Количество узлов скрытого слоя
39. net = newff(p_train, t_train, num_hidden);
40. %% Настройка параметров обучения
41. net.trainParam.epochs = 1000; % Максимальное количество итераций
42. net.trainParam.goal = 1e-6; % Ошибка обучения цели
43. net.trainParam.lr = 0.01; % Скорость обучения
44. %% Сеть обучения
45. net = train(net, p_train, t_train);
46. %% Имитационные тесты
47. t_sim1 = sim(net, p_train);
48. t_sim2 = sim(net, p_test);
```

Продолжение листинга А.1

```
49.     %% Денормализация данных
50.     T_sim1 = vec2ind(t_sim1);
51.     T_sim2 = vec2ind(t_sim2);
52.     %% Оценка эффективности
53.     error1 = sum((T_sim1 == T_train))/M * 100 ;
54.     error2 = sum((T_sim2 == T_test))/N * 100 ;
55.     %% Рисование
56.     figure
57.     plot(1: M, T_train, 'r-*', 1: M, T_sim1, 'b-o', 'LineWidth', 1)
58.     legend('Истинное значение', 'Прогнозируемое значение')
59.     xlabel('Образцовые прогнозы')
60.     ylabel('Прогнозируемые результаты')
61.     string = {'Сравнение результатов прогнозирования на обучающем наборе'; ['Точность='
num2str(error1) '%']};
62.     title(string)
63.     grid
64.     figure
65.     plot(1: N, T_test, 'r-*', 1: N, T_sim2, 'b-o', 'LineWidth', 1)
66.     legend('Истинное значение', 'Прогнозируемое значение')
67.     xlabel('Образцовые прогнозы')
68.     ylabel('Прогнозируемые результаты')
69.     string = {'Сравнение результатов прогнозирования тестового набора'; ['Точность=' num2str(error2)
'%']};
70.     title(string)
71.     Grid
72.     %% Матрица запутанности
73.     if flag_conusion == 1
74.         figure
75.         cm = confusionchart(T_train, T_sim1);
76.         cm.Title = 'Confusion Matrix for Train Data';
77.         cm.ColumnSummary = 'column-normalized';
78.         cm.RowSummary = 'row-normalized';
79.         figure
80.         cm = confusionchart(T_test, T_sim2);
81.         cm.Title = 'Confusion Matrix for Test Data';
82.         cm.ColumnSummary = 'column-normalized';
83.         cm.RowSummary = 'row-normalized';

end
```

**Приложение Б
(обязательное)**

Данные обучающей и тестовой выборки нейронной сети

Таблица Б.1 – Данные обучающей и тестовой выборки нейронной сети

Особенность 2	Особенность 3	Особенность 4	Особенность 5	Особенность 6	Категория
2.684998819	37.9821608	23.93622765	43590.39556	3507028.764	1
2.061983186	40.04136672	24.06931067	41457.4095	3416350.07	2
2.417717335	38.84227057	23.81996577	39445.18715	3363323.878	3
2.141701007	40.36674176	23.26175936	38367.27665	3219522.09	3
2.319429943	36.98024266	23.52943289	42146.0771	3224319.963	2
2.658447162	38.34003239	23.97302275	42825.43263	3469398.947	2
2.66824665	39.63708096	23.87875403	38837.88982	3339767.298	3
2.489216072	39.44167626	23.97265591	37394.82389	3383883.246	3
1.737030033	39.64174827	23.79510494	44424.29536	3604618.81	1
2.382960351	37.33680915	23.72467089	41906.83449	3280617.878	2
2.191481814	40.27894988	23.78408563	39654.86971	3337085.864	3
2.487927319	38.82070123	24.57558124	45785.38371	3920662.989	1
2.632142801	38.44749852	24.54942445	45323.92649	3828597.264	1
2.050649264	38.86906912	23.71845702	43867.95559	3469202.259	1
2.136134396	39.46139678	24.07250111	43909.6724	3600703.226	1
4.201791475	2.093857236	41.83916719	24.39166057	36291.66775	4
4.199051303	1.908688406	40.01643473	24.35206987	44084.12714	1
4.188298525	2.547419651	38.66539257	24.51870043	45547.21767	1
4.202508747	2.033596197	39.74335777	23.58399487	40925.00535	2
4.186483107	2.403422073	37.28520664	23.96227406	42840.66018	2
4.199255189	2.626177688	39.29444536	24.26785175	40630.5225	2
4.202901669	2.079330059	39.40567993	23.98219554	42248.97482	2
4.201660608	2.093098662	40.98902219	23.8791963	37682.70619	4
4.176973413	2.491410879	37.16794481	24.01574359	43710.19439	1
4.190985194	2.450784525	39.16106396	24.29784271	38474.10661	3

Продолжение таблицы Б.1 – Данные обучающей и тестовой выборки нейронной сети

4.192454851	2.635503445	40.58499656	24.33782419	36987.72251	4
4.199246833	2.656450207	39.3496116	24.46511801	40712.45486	2
4.175622773	2.316615423	38.52153967	23.93160081	41069.99726	2
4.187721936	2.400667978	37.08039042	23.52015778	42563.47591	2
4.183247322	2.430811849	40.63164766	24.19102806	35522.72882	4
4.200373974	2.136272157	41.55212844	24.1407768	36292.07218	4
4.182943907	2.437329468	39.18225957	23.94684853	37880.2868	3
4.202745736	2.152888643	38.78749983	23.18977957	42351.04638	2
4.19773934	2.656849704	40.33650561	24.22821369	37486.16697	4
4.201482698	2.087422633	41.23753666	23.99347984	36973.51234	4
4.198320288	2.658485845	40.14273016	24.33201649	38250.41203	3
4.201599524	2.138540138	40.46247986	23.75126365	39032.1525	3
4.197528212	2.698216006	40.38666186	24.27409668	37263.05592	4
4.199853324	2.654880745	38.31473393	24.00078927	43219.82013	2

Приложение В
(обязательное)
График научного исследования

Название работы	Исполнитель	Продолжительность работ																		
		Апрель					Май													
		1	2	3	1	2	3	4	5	1	2	3								
Составление и утверждение технического задания	Инженер	2																		
Календарное планирование	Инженер		5																	
Выбор материалов по теме и их изучение	Инженер			5																
Поиск похожих решений	Инженер, Руководитель				1															
Теоретические расчеты и их обоснование	Инженер				3															
Построение моделей и проведение экспериментов	Инженер					4														
Анализ и сопоставление теоретических и экспериментальных данных	Инженер						1													
Оценка эффективности результатов	Инженер, Руководитель							1												
Определение целесообразности проведения ОКР	Инженер, Руководитель								1											
Разработка функциональной схемы автоматизации	Инженер									2										
Составление перечня вход/выходных сигналов	Инженер										1									
Составление схемы информационных потоков	Инженер											1								
Разработка схемы внешних проводов	Инженер												3							
Разработка алгоритмов сбора данных	Инженер													3						
Разработка алгоритмов управления АС	Инженер														1					
Разработка структурной схемы автоматического регулирования	Инженер															4				
Проектирование SCADA-системы	Инженер																5			
Оформление расчетно-поисковой записки	Инженер																		3	

Рисунок В.1 – График научного исследования