

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



УТВЕРЖДАЮ
Декан РТФ

УТВЕРЖДАЮ /А.Н. Дедов/
(Ф.И.О. декана (директора института))

13.02.2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б.1.2.4 Методы оптимизации

(код и наименование дисциплины по учебному плану)

Направление подготовки
(специальность)

09.03.02 Информационные системы и технологии

Квалификация выпускника

Бакалавр

(бакалавр/магистр/специалист)

Направленность

Интеллектуальные информационные системы и
технологии

Курс 2
Семестр 4

Распределение учебного времени

Трудоемкость по учебному плану	216 / 6	часов/зачетных единиц
Лекции	36	часов
Лабораторные работы	54	часов
Практические занятия	-	часов
Иная контактная работа	-	часов
Всего контактной работы (без учета экз.)	90	часов
Контактная работа по экзамену	6	часов
Курсовой проект (работа)	-	семестр
Самостоятельная работа обучающихся (без учета экз.)	90	часов
Самостоятельная работа по подготовке к экзамену	30	часов
Экзамен	4	семестр
Зачет	-	семестр
БРК, ДЗ	-	семестр

(год)

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО направления подготовки (специальности) 09.03.02 Информационные системы и технологии

Программу составили:

старший преподаватель	ИТРС	СОГЛАСОВАНО	Н.А. Конкин
(должность)	(кафедра)		(И.О. Фамилия)

РАССМОТРЕНА и ОДОБРЕНА на заседании кафедры, за которой закреплена дисциплина
Кафедра информационных технологий, радиотехники и связи

(наименование кафедры)		
13.01.2025	протокол №	2
(дата)		

Заведующий кафедрой	СОГЛАСОВАНО	Н.В. Рябова
		(И.О. Фамилия)

Рабочая программа СОГЛАСОВАНА с факультетом (институтом), выпускающей(ими) кафедрой(ами).

СООТВЕТСТВУЕТ действующей ОП.

Заведующий кафедрой	СОГЛАСОВАНО	Н.В. Рябова
		(И.О. Фамилия)

Председатель методической комиссии факультета (института), в который входит выпускающая кафедра

СОГЛАСОВАНО	А.Н. Дедов
	(И.О. Фамилия)

Эксперт(ы): Дудин Александр Николаевич , Исполнительный директор ООО «Трэвел Лайн Системс»

Рабочая программа проверена и зарегистрирована в УМЦ 17.02.2025 г.

Специалист учебно-методического центра СОГЛАСОВАНО /Т.А. Смирнова/

Раздел 1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является достижение планируемых результатов обучения, соответствующих установленным в ОПОП индикаторам достижения компетенций:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения
1. ПК-1 Способность проводить исследования на всех этапах жизненного цикла программных средств	ПК-1.1. Знать технологии и принципы проведения экспериментальных исследований, а также методы разработки, анализа и проектирования программного обеспечения для моделей и методов информационных систем и технологий	знания: Знает: технологии и принципы проведения экспериментальных исследований в области методов оптимизации и обучения с подкреплением. Понимает методы разработки, анализа и проектирования программного обеспечения для ML-систем, работающих с большими данными. умения: навыки:
	ПК-1.2. Уметь применять теоретические знания и современные компьютерные средства для существующих технических решений построения информационных систем различного назначения.	знания: умения: Умеет: применять теоретические знания методов оптимизации и обучения с подкреплением для построения информационных систем различного назначения. Использовать современные компьютерные средства и фреймворки для реализации алгоритмов оптимизации в ML-системах. Проектировать решения для управления большими данными с использованием распределённых вычислений. Разрабатывать и внедрять технические решения на базе специализированных программно-аппаратных комплексов для задач машинного обучения и оптимизации. навыки:
	ПК-1.3. Иметь навыки владения сбора и анализа научно-технической информации по тематике исследования и методами экспериментальных исследований с последующей обработкой и представлением результатов.	знания: умения: навыки: Владеет: навыками сбора и анализа научно-технической информации по методам оптимизации, обучению с подкреплением и управлению большими данными. Методами экспериментальных исследований эффективности алгоритмов оптимизации и обучения с подкреплением с последующей обработкой и визуализацией результатов. Способен проводить сравнительный анализ различных методов оптимизации на benchmark-датасетах. Владеет инструментами профилирования и оптимизации производительности ML-систем на специализированных программно-аппаратных комплексах.

2. MF-3 Способен применять современные методы оптимизации для обучения моделей машинного обучения настройки гиперпараметров в и решения задач искусственного интеллекта	MF-3.1. Применяет методы оптимизации для разработки и исследования обучающих алгоритмов.	знания: Знает ключевые принципы сходимости и эффективности алгоритмов, их ограничения и зависимость результата от свойств данных и модели. умения: Умеет анализировать поведение алгоритмов на практике, интерпретировать критерии сходимости, корректно выбирать и обосновывать метод под особенности задачи. навыки: Владеет приемами настройки и применения оптимизационных методов, уверенно сочетает теорию и эксперимент для выбора наиболее подходящего алгоритма.
	MF-3.2. Применяет методы оптимизации для настройки гиперпараметров моделей машинного обучения, включая использование методов поиска (grid search, random search) и байесовской оптимизации.	знания: Знает принципы работы методов оптимизации гиперпараметров, включая байесовскую оптимизацию, их преимущества, ограничения и применение в задачах повышения эффективности моделей. умения: Умеет настраивать гиперпараметры с использованием продвинутых подходов, выстраивать корректный процесс поиска, учитывать особенности данных и модели, а также анализировать полученные результаты для выбора оптимальной конфигурации. навыки: Владеет инструментами и практическими техниками автоматизированного подбора гиперпараметров, уверенно применяет современные фреймворки и методы для ускорения обучения и повышения качества

Раздел 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений ОПОП.

Дисциплина является обязательной

Изучаемая дисциплина является основой для продолжения формирования указанных компетенций в следующих практиках: Производственная практика. Научно-исследовательская работа (ПК-1), Производственная практика. Научно-исследовательская работа (MF-3); государственной итоговой аттестации в форме: Выполнение и защита выпускной квалификационной работы (ПК-1), Выполнение и защита выпускной квалификационной работы (MF-3)

Раздел 3. ОПИСАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Для формирования заявленных компетенций используются методологические технологии, реализующие деятельностный, личностно-ориентированный, практико-ориентированный подходы.

Основными стратегическими технологиями являются: лекционные занятия, практические занятия

На достижение конкретных целей обучения направлены применяемые тактические технологии: информационные, классическая лекция, мини-проекты

Раздел 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4 семестр

Виды и темы занятий	Количество часов	Формируемые компетенции
№1 Основы и постановка задач оптимизации	38	MF-3, ПК-1
Лекция. Лекция 1 (4ч) Введение в методы оптимизации: виды задач, критерии оптимальности, ограничения	3	
Лекция. Лекция 2 (6ч) Математические основы: выпуклость, условия Куна–Таккера, методы безусловной и условной оптимизации.	3	
Лекция. Лекция 3 (6ч) Классификация и примеры применения оптимизации в ИИ и машинном обучении.	3	
Лабораторная работа. • Решение простых задач оптимизации в Python (SciPy.optimize). • Анализ выпуклости и поиск экстремумов функций • Формулирование задач оптимизации для ML-моделей (регрессия, классификация).	15	
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение • Подготовка конспекта по видам оптимизационных задач. • Решение примеров из учебника / Jupyter Notebook. • Обзор современных библиотек оптимизации.	14	MF-3, ПК-1
№2 Градиентные и стохастические методы	45	
Лекция. Лекция 4 (6ч) Градиентный спуск и его модификации: Momentum, Nesterov, RMSProp, Adam.	4	
Лекция. Лекция 5 (5ч) Стохастическая и мини-батчевая оптимизация, адаптивные методы.	3	
Лекция. Лекция 6 (4ч) Сходимость, скорость, выбор гиперпараметров и профилирование вычислений.	3	
Лабораторная работа. • Реализация градиентного спуска для квадратичной функции. • Сравнение SGD, Adam и RMSProp на задаче обучения нейросети (PyTorch / TensorFlow). • Анализ сходимости и влияния learning rate. • Настройка гиперпараметров обучения с помощью grid search / random search.	15	
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение • Изучение публикаций по адаптивным оптимизаторам. • Репликация экспериментов по обучению модели с разными оптимизаторами.	20	
№3 Метаэвристические и эволюционные методы	44	MF-3, ПК-1
Лекция. Лекция 7 (4ч) Общая концепция метаэвристик: стохастический поиск, баланс глобальной и локальной оптимизации.	3	
Лекция. Лекция 8 (4ч) Эволюционные алгоритмы, рой частиц, simulated annealing.	3	
Лекция. Лекция 9 (4ч) Современные тренды: гибридные, нейроэвристические и распределённые методы.	3	
Лабораторная работа. • Реализация алгоритма роя частиц и генетического алгоритма. • Сравнение производительности на тестовых функциях	15	

(Rastrigin, Rosenbrock). • Применение эволюционных методов для подбора гиперпараметров ML-модели.		
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение • Обзор современных метаэвристик (например, Firefly, DE, CMA-ES). • Проведение индивидуального эксперимента и оформление отчёта.	20	
№4 Оптимизация в машинном обучении и исследовательский эксперимент	53	MF-3, ПК-1
Лекция. Лекция 10 (6ч) Оптимизация гиперпараметров: grid, random, Bayesian search.	3	
Лекция. Лекция 11 (3ч) Принципы проведения вычислительного эксперимента и анализа результатов	3	
Лекция. Лекция 12 (4ч) Оптимизация производительности ML-систем: профилирование, распределённые вычисления.	2	
Лабораторная работа. • Настройка гиперпараметров ML-моделей с использованием Hyperopt / Optuna. • Планирование и проведение вычислительного эксперимента, анализ метрик. • Профилирование времени и памяти при оптимизации.	9	
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение РГР		
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение: Расчётно-Графическая Работа в рамках задач от АО "ММЗ": Оптимизация производственных процессов предприятия АО «ММЗ» с использованием методов оптимизации и алгоритмов машинного обучения	36	
Иная контактная работа:	0	
Подготовка к экзамену	30	
Проведение экзамена	6	

Раздел 5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Подготовка к лабораторным занятиям включает ознакомление с планом занятия, работу с учебной и учебно-методической литературой, научными изданиями и электронными образовательными ресурсами, рекомендованными рабочей программой дисциплины. Содержание самостоятельной работы определяется рабочей программой дисциплины, оценочными и методическими материалами, заданиями и указаниями преподавателя. Самостоятельная работа может осуществляться в аудиторной и внеаудиторной формах. Эффективным средством осуществления самостоятельной работы является электронная информационно-образовательная среда университета, которая обеспечивает доступ к образовательной программе, рабочей программе дисциплины (модуля), к электронным библиотечным системам, профессиональным базам данных и информационным справочным системам.

Контроль и аттестация

Периодичность проведения, формы текущего контроля успеваемости, система оценивания хода освоения дисциплины представлены в рабочей программе.

Формой промежуточной аттестации по дисциплине является экзамен.

1. Необходимое программное обеспечение и инструментальные средства

Среды разработки

В качестве среды разработки для языка программирования Python рекомендуется использовать следующие решения:

1. **Visual Studio Code** (<https://code.visualstudio.com/>) — универсальный редактор с богатыми возможностями для Python-разработки
2. **PyCharm Community Edition** (<https://www.jetbrains.com/pycharm/>) — специализированная IDE для Python
3. **Jupyter Notebook/JupyterLab** (<https://jupyter.org/>) — интерактивная среда для исследовательской работы с данными

Облачные платформы для машинного обучения

Для организации удаленного коллективного решения задач машинного обучения рекомендуется использовать следующие платформы:

1. **Google Colaboratory** (<https://colab.research.google.com/>) — облачная среда с бесплатным доступом к GPU/TPU, интеграцией с Google Drive и поддержкой Jupyter Notebook
2. **Kaggle** (<https://www.kaggle.com/>) — платформа для соревнований по машинному обучению с большим разнообразием датасетов, примеров решений и возможностью работы в облачных ноутбуках с GPU

Kaggle Learn (<https://www.kaggle.com/learn>) — бесплатные интерактивные курсы по Python, машинному обучению и глубокому обучению.

1. Содержание дисциплины включает изучение исследований и разработок, представленных в научных публикациях на конференциях уровня А*, статьях, опубликованных в журналах 1 уровня Белого списка научных журналов Минобрнауки России (УММ на основе публикаций в научных журналах 1 или 2 уровня Белого списка научных журналов Минобрнауки России, публикаций на конференциях уровня А */А.

Ниже приведен перечень конференций, рекомендуемых для подачи работ, соответствующих уровню подготовки студентов:

1. ICML — International Conference on Machine Learning

Направленность: методы оптимизации, стохастическая оптимизация, теория обучения, экспериментальные алгоритмы.

Уровень: А*

Сайт: <https://icml.cc/>

2. NeurIPS — Advances in Neural Information Processing Systems

Направленность: оптимизация глубоких моделей, вариационные методы, градиентные и стохастические алгоритмы.

Уровень: А*

Сайт: <https://neurips.cc/>

3. ICLR — International Conference on Learning Representations

1. Направленность: оптимизация представлений, методы глубокого обучения, регуляризация, meta-learning.

Уровень: A*

Сайт: <https://iclr.cc/>

4. COLT — Conference on Learning Theory

Направленность: теоретическая оптимизация, сходимость, скорость обучения, convex/non-convex optimization.

Уровень: A*

Сайт: <https://learningtheory.org/>

5. STOC — ACM Symposium on Theory of Computing

Направленность: алгоритмы оптимизации, сложность вычислений, вероятностные методы.

Уровень: A*

Сайт: <https://acm-stoc.org/>

6. FOCS — IEEE Symposium on Foundations of Computer Science

Направленность: фундаментальная информатика, алгоритмы и теории оптимизации.

Уровень: A*

Сайт: <https://ieee-focs.org/>

7. AAAI — AAAI Conference on Artificial Intelligence

Направленность: эвристическая и метаэвристическая оптимизация, планирование, поисковые алгоритмы.

Уровень: A

Сайт: <https://aaai.org/conference/>

8. IJCAI — International Joint Conference on Artificial Intelligence

Направленность: оптимизация в ИИ, планирование, стохастические алгоритмы, multi-objective optimization.

Уровень: A*

Сайт: <https://www.ijcai.org/>

9. KDD — ACM SIGKDD Conference on Knowledge Discovery and Data Mining

Направленность: оптимизация моделей, большие данные, распределённые алгоритмы оптимизации.

1. Уровень: А*

Сайт: <https://www.kdd.org/>

10. ICAPS — International Conference on Automated Planning and Scheduling

Направленность: оптимизация, планирование, heuristic search, constraint optimization.

Уровень: А

Сайт: <https://icaps-conference.org/>

2. Предусмотрено участие ИТ-практиков в различных форматах обучения (лекции, семинары с ИТ-практиками, конкурсы, хакатоны, кейс-чемпионаты, мастер-классы, командные проектные задания и др.) и в качестве наставников.

В программе предусмотрено изучение кейсов (кейсы для изучения, практической и проектной работы) и реальных задач (проектов по разработке, внедрению, развитию цифровых технологий, ИТ-разработок и др.) из практического опыта Индустриальных партнеров в объеме не менее 1 кейса на 1 з.е.

РАСЧЁТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА

Тема: Оптимизация производственных процессов предприятия АО «ММЗ» с использованием методов оптимизации и алгоритмов машинного обучения

1. Цель работы

Изучить и применить методы оптимизации для решения задач планирования и управления производственными процессами. Сформировать оптимизационную модель, провести вычислительный эксперимент, сравнить различные алгоритмы оптимизации и предложить рекомендации по повышению эффективности производственного процесса.

2. Задачи работы

В рамках выполнения РГР студент должен:

1. Изучить производственный процесс (или его абстрактную модель), определить ключевые параметры, ограничения и критерии эффективности.
2. Сформулировать оптимизационную задачу: целевую функцию, ограничения, управляющие параметры.
3. Выбрать не менее **трёх** методов оптимизации, в том числе:
 - один градиентный или стохастический метод;
 - один метаэвристический метод (PSO, GA, DE, simulated annealing);
 - один классический метод (линейное/целочисленное программирование или greedy-алгоритм).
4. Реализовать выбранные методы на Python с использованием научных библиотек (NumPy, SciPy, PyTorch, OR-Tools и др.).
5. Провести вычислительный эксперимент, оценить качество решений, время работы, устойчивость алгоритмов.
6. Сравнить результаты и аргументировать выбор лучшего метода для предприятия.
7. Разработать рекомендации по внедрению оптимизационной модели на производстве.

3. Объект оптимизации

Один из производственных процессов (выбрать на усмотрение студента или по согласованию):

- оптимизация графика выпуска изделий;
- оптимизация маршрутов перемещения комплектующих;
- оптимизация распределения ресурсов (материалов, сотрудников, оборудования);
- минимизация простоев оборудования;
- оптимизация логистических потоков внутри цеха;
- оптимизация последовательности обработки деталей.

4. Требования к реализации

1. Исходные данные:
 - собственный набор данных, предоставленный промышленным партнёром, либо
 - синтетические данные, смоделированные реалистичным образом (описать способ моделирования).
2. Программная реализация должна включать:
 - подготовку данных;
 - формализацию оптимизационной задачи;
 - реализацию нескольких методов оптимизации;
 - визуализацию результатов (графики, траектории поиска, диаграммы сходимости).
3. Оценка алгоритмов:
 - точность решения (качество целевой функции);
 - время вычислений;
 - количество итераций;
 - чувствительность к параметрам;
 - устойчивость к шуму.

1. Рекомендованные источники учебно-методической литературы из:

Дополнительные ссылки на источники информации (КРМ)

1. ГОСТ Р 58301-2019 — Информационные технологии. Методы и средства машинного обучения

РАСЧЁТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА

Тема: Оптимизация производственных процессов предприятия АО «ММЗ» с использованием методов оптимизации и алгоритмов машинного обучения

1. Цель работы

Изучить и применить методы оптимизации для решения задач планирования и управления производственными процессами. Сформировать оптимизационную модель, провести вычислительный эксперимент, сравнить различные алгоритмы оптимизации и предложить рекомендации по повышению эффективности производственного процесса.

2. Задачи работы

В рамках выполнения РГР студент должен:

1. Изучить производственный процесс (или его абстрактную модель), определить ключевые параметры, ограничения и критерии эффективности.
2. Сформулировать оптимизационную задачу: целевую функцию, ограничения, управляющие параметры.
3. Выбрать не менее трёх методов оптимизации, в том числе:
 - один градиентный или стохастический метод;
 - один метаэвристический метод (PSO, GA, DE, simulated annealing);
 - один классический метод (линейное/целочисленное программирование или greedy-алгоритм).

1. Реализовать выбранные методы на Python с использованием научных библиотек (NumPy, SciPy, PyTorch, OR-Tools и др.).
2. Провести вычислительный эксперимент, оценить качество решений, время работы, устойчивость алгоритмов.
3. Сравнить результаты и аргументировать выбор лучшего метода для предприятия.
4. Разработать рекомендации по внедрению оптимизационной модели на производстве.

3. Объект оптимизации

Один из производственных процессов (выбрать на усмотрение студента или по согласованию):

- оптимизация графика выпуска изделий;
- оптимизация маршрутов перемещения комплектующих;
- оптимизация распределения ресурсов (материалов, сотрудников, оборудования);
- минимизация простоев оборудования;
- оптимизация логистических потоков внутри цеха;
- оптимизация последовательности обработки деталей.

4. Требования к реализации

1. Исходные данные:
 - собственный набор данных, предоставленный промышленным партнёром, либо
 - синтетические данные, смоделированные реалистичным образом (описать способ моделирования).
2. Программная реализация должна включать:
 - подготовку данных;
 - формализацию оптимизационной задачи;
 - реализацию нескольких методов оптимизации;
 - визуализацию результатов (графики, траектории поиска, диаграммы сходимости).
3. Оценка алгоритмов:
 - точность решения (качество целевой функции);
 - время вычислений;
 - количество итераций;
 - чувствительность к параметрам;
 - устойчивость к шуму.

1. Рекомендованные источники учебно-методической литературы из:

Дополнительные ссылки на источники информации (КРМ)

1. ГОСТ Р 58301-2019 — Информационные технологии. Методы и средства машинного обучения

Курсы по машинному обучению и искусственному интеллекту

1. "Введение в Data Science и машинное обучение" (<https://stepik.org/course/4852/>)
 - Основы анализа данных
 - Классические алгоритмы ML
 - Библиотеки NumPy, pandas, scikit-learn
1. "Нейронные сети и обработка текста" (<https://stepik.org/course/54098/>)
 - Архитектуры нейронных сетей
 - Natural Language Processing

- Практика на реальных задачах
1. "Введение в глубокое обучение" от HSE (<https://stepik.org/course/135003/>)
 - Теория глубокого обучения
 - PyTorch и TensorFlow
 - Компьютерное зрение и NLP

Специализированные курсы

1. "MLOps: практики и инструменты" (<https://stepik.org/course/181476/>)
 - Версионирование моделей и данных
 - CI/CD для ML-проектов
 - Мониторинг моделей в продакшене

Интерактивные платформы для практики

1. **LeetCode** (<https://leetcode.com/>) — алгоритмические задачи на Python
2. **HackerRank** (<https://www.hackerrank.com/domains/python>) — задачи по программированию и ML
3. **Kaggle Competitions** (<https://www.kaggle.com/competitions>) — соревнования по анализу данных

Раздел 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Учебно-методическое обеспечение

№№ п/п	Список используемой литературы	Количество экземпляров печатных изданий, имеющихся в библиотеке, или электронный адрес издания (ресурса) в сети Интернет
УЧЕБНЫЕ, УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ И НАУЧНЫЕ ИЗДАНИЯ		
1.	Романов, П. С. Математические основы теории систем. Практикум [Электронный ресурс] : учебное пособие / Романов П. С., Романова И. П. Санкт-Петербург: Лань, 2022. - 172 с. ISBN 978-5-8114-3645-3.	https://e.lanbook.com/book/206675
2.	Аттетков, Александр Владимирович. Методы оптимизации [Текст] : учеб. для втузов / А. В. Аттетков, С. В. Галкин, В. С. Зарубин; ред. : А. П. Крищенко, В. С. Зарубин. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001. - 439 с. ISBN 5-7038-1770-6. Экземпляры: всего 28.	28
3.	Голубева, Н. В. Математическое моделирование систем и процессов [Электронный ресурс] / Голубева Н. В. 4-е изд., стер. Санкт-Петербург: Лань, 2024. - 192 с. ISBN 978-5-8114-8721-9.	https://e.lanbook.com/book/393023
4.	Тарков, М. С. Нейрокомпьютерные системы [Электронный ресурс] / Тарков М. С. 2-е изд. Москва:	https://e.lanbook.com/book/1

	ИНТУИТ, 2016. - 170 с. ISBN 5-9556-0063-9.	00268
5.	Туманов, В. Е. Основы проектирования реляционных баз данных [Электронный ресурс] / Туманов В. Е. 2-е изд. Москва: ИНТУИТ, 2016. - 503 с. ISBN 978-5-94774-713-3.	https://e.lanbook.com/book/100316
6.	Пен, Р. З. Статистические методы математического моделирования, анализа и оптимизации технологических процессов [Текст] : Учебное пособие для вузов / Пен Р. З., Пен В. Р.; Пен В. Р. 3-е изд., стер. Санкт-Петербург: Лань, 2022. - 308 с. ISBN 978-5-507-45300-9.	https://e.lanbook.com/book/264239

6.2. Материально-техническая база и программное обеспечение

№№ п/п	Аудитории для проведения учебных занятий, самостоятельной работы и проведения государственной итоговой аттестации	Перечень основного оборудования	Программное обеспечение
1.	333Б (II)	Комплект учебной мебели (1)	Microsoft Windows Enterprise, Справочная правовая система "Консультант Плюс", Microsoft Office Standard, Агент Dr.Web, Комплект ГАРАНТ-Мастер, Microsoft Access, Microsoft Visio Professional, Microsoft Project Professional, Microsoft Visual Studio Enterprise, Комплект ПО для решения основных пользовательских задач, Mathcad University Classroom Perpetual - 40, LABVIEW
2.	333Г (III)	Измерительный прибор "BerCut-E" (1), Комплекс ПАИК/77100/КПВ (1), Комплект дополнит.оборудования к ПАИК/7710/КПВ(автогенератор AnCom и автоответчи (1), Компьютер P4-3.0/2*256Mb/HDD 200Gb/128 6600GT/DVD-RW/KM/FDD/MBi945P/UPS (1), Ксерокс Canon FC-860 (1), Междисциплинарная лабораторная платформа в комплекте с аппаратно-программным кон (10), Монитор 19"Samsung 940N (LKSB) TFT (1), Принтер HP Laser Jet 1100 (1), Систем.блок Core2 DUOE6300/1024Mb*2/320Gb/DVD-	Microsoft Windows Enterprise, Справочная правовая система "Консультант Плюс", Microsoft Office Standard, Агент Dr.Web, Комплект ГАРАНТ-Мастер, Microsoft Access, Microsoft Visio Professional, Microsoft Project Professional, Microsoft Visual Studio Enterprise, Комплект ПО для решения основных пользовательских задач, Mathcad University Classroom Perpetual - 40,

		RW/клав.мышь.ковр. (1), Комплект учебной мебели (1)	LABVIEW
3.	431 (III)	Доска маркерная 120x240 см. ауд.431 (2), Кабель VGA 30.5 М KRAMER (П-П) (1), Проектор мультимедийный Hitachi CP-X8150 (1), Экран настенный с электроприводом 400x300см (1), Комплект учебной мебели (1)	Microsoft Windows Enterprise, Справочная правовая система "Консультант Плюс", Microsoft Office Standard, Агент Dr.Web, Комплект ГАРАНТ-Мастер, Microsoft Access, Microsoft Visio Professional, Microsoft Project Professional, Microsoft Visual Studio Enterprise, Комплект ПО для решения основных пользовательских задач, Mathcad University Classroom Perpetual - 40, LABVIEW
4.	433 (III)	Акустический комплект с микшером CRATE PA 8FX (1), Микшерный пульт компактный малошумящий Behringer XENYX 1202FX (1), Подавитель шума ALTAIR NG-440 4-х канальный (1), Экран настенный с электроприводом 400*300 Braun (1), Комплект учебной мебели (1)	Microsoft Windows Enterprise, Справочная правовая система "Консультант Плюс", Microsoft Office Standard, Агент Dr.Web, Комплект ГАРАНТ-Мастер, Microsoft Access, Microsoft Visio Professional, Microsoft Project Professional, Microsoft Visual Studio Enterprise, Комплект ПО для решения основных пользовательских задач, Mathcad University Classroom Perpetual - 40, LABVIEW
5.	538 (III)	Системный блок RAY P360 3 ,клав,мышь оптич, коврик+ монитор 19" ViewSonic VA916 (1), Комплект учебной мебели (1)	Microsoft Windows Enterprise, Справочная правовая система "Консультант Плюс", Microsoft Office Standard, Агент Dr.Web, Комплект ГАРАНТ-Мастер, Microsoft Access, Microsoft Visio Professional, Microsoft Project Professional, Microsoft Visual Studio Enterprise, Комплект ПО для решения основных

		пользовательских задач, Mathcad University Classroom Perpetual - 40, LABVIEW
--	--	---

Раздел 7. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ/ ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Критерии оценивания индикаторов достижения компетенций направлены на:

- усвоение теоретического материала (объем знаний, глубина усвоения), предусмотренного рабочей программой;
- умение излагать материал (четкость, грамотность изложения материала, точность и полнота воспроизведения учебного материала);
- умение применять теоретические знания при решении практических заданий.

Шкала оценивания представлена ниже.

Уровень сформированности элементов компетенции	Критерии оценивания	Шкала оценивания
Пороговый уровень	Обучающийся имеет знания основного материала, проявляет умение логично его излагать, но может допускать неточности в изложении материала, недостаточно правильные формулировки, испытывает затруднения в выполнении практических заданий.	удовлетворительно
Продвинутый уровень	Обучающийся твердо знает программный материал, излагает его грамотно и по существу, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения	хорошо
Высокий уровень	Обучающийся глубоко и прочно усвоил программный материал, грамотно и логически стройно его излагает, дает исчерпывающие ответы на поставленные вопросы. В ответе тесно увязывается теория с практикой, при этом обучающийся не затрудняется с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, показывает знакомство с монографической литературой, периодическими изданиями, правильно обосновывает принятые решения, свободно владеет разносторонними навыками, приемами выполнения практических работ	отлично

7.1. Текущий контроль успеваемости

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценивание хода освоения дисциплины (модуля) и производится с применением технологии рейтингового контроля в соответствии с технологической картой дисциплины. Порядок составления технологической карты и алгоритм проведения процедуры оценивания видов деятельности обучающихся, направленных на освоение знаний, умений, навыков и/или опыта деятельности, по накопительной системе в баллах устанавливается положением о системе РИТМ в ФГБОУ ВО «ПГТУ»

7.2. Промежуточная аттестация обучающихся

Промежуточная аттестация обучающихся направлена на оценивание результатов обучения по дисциплине (модулю) и проводится с использованием фондов оценочных средств.

Примеры типовых контрольных заданий из базы фонда оценочных средств по образовательной программе.

Множественный выбор:

МФ-3:

1. Укажите необходимые условия оптимальности для задачи безусловной оптимизации дифференцируемой функции.

a) Градиент функции в точке экстремума равен нулю b) Матрица Гессе в точке минимума положительно полуопределена c) Функция должна быть линейной d) Достаточно только равенства нулю первой производной

2. Определите свойства выпуклых функций, которые важны для задач оптимизации.

a) Локальный минимум является глобальным минимумом b) Линейная комбинация выпуклых функций с положительными коэффициентами выпукла c) Выпуклая функция обязательно дифференцируема во всех точках d) Выпуклая функция может иметь несколько изолированных локальных минимумов

3. Выберите адаптивные методы оптимизации, которые используют индивидуальные скорости обучения для каждого параметра.

a) RMSProp b) Adam c) Стандартный градиентный спуск (Vanilla GD) d) Momentum

4. Укажите методы глобальной оптимизации, относящиеся к классу метаэвристик.

a) Генетические алгоритмы b) Алгоритм роя частиц (PSO) c) Метод Ньютона d) Градиентный спуск

5. Определите методы оптимизации гиперпараметров, которые используют вероятностную модель для выбора следующих значений параметров.

a) Bayesian Optimization с гауссовскими процессами b) Tree-structured Parzen Estimator (TPE) c) Grid Search d) Random Search

ПК-1:

6. Выберите инструменты, которые используются для профилирования производительности Python-кода при оптимизации ML-систем.

a) cProfile b) line_profiler c) NumPy d) SciPy.optimize

Установление последовательности:

7. Расположите этапы решения задачи оптимизации в правильном порядке от начала до получения результата.

a) Формулирование задачи оптимизации (целевая функция, ограничения) b) Анализ свойств задачи (выпуклость, гладкость, размерность) c) Выбор и реализация метода оптимизации d) Анализ и интерпретация полученного решения

8. Установите последовательность шагов одной итерации градиентного спуска с импульсом (Momentum).

a) Вычисление градиента функции потерь $\nabla f(x)$ b) Обновление вектора импульса $v = \beta \cdot v_{\text{prev}} - \alpha \cdot \nabla f(x)$ c) Обновление параметров $x_{\text{new}} = x + v$ d) Вычисление нового значения функции потерь $f(x_{\text{new}})$

9. Расположите этапы работы генетического алгоритма в порядке их выполнения в одном поколении.

a) Оценка приспособленности (fitness) особей популяции b) Селекция родителей для создания потомства c) Применение оператора скрещивания (кроссовер) d) Применение оператора мутации

ПК-1:

10. Установите последовательность действий при проведении вычислительного эксперимента для сравнения методов оптимизации.

а) Формулирование гипотезы и определение метрик б) Проектирование плана эксперимента с) Проведение экспериментов и сбор данных д) Статистический анализ и формулирование выводов

11. Расположите этапы настройки гиперпараметров ML-модели с использованием Bayesian Optimization в правильном порядке.

а) Определение пространства поиска гиперпараметров б) Начальная случайная выборка точек с) Обновление суррогатной модели целевой функции д) Выбор следующей точки с помощью функции приобретения

12. Установите последовательность действий при профилировании и оптимизации производительности ML-системы.

а) Измерение базовых метрик производительности б) Профилирование кода для выявления узких мест с) Реализация оптимизаций в критических участках д) Повторное измерение и валидация улучшений

Установление соответствия:

МФ-3:

13. Установите соответствие между типами задач оптимизации и их характеристиками.

Типы задач:

1. Безусловная оптимизация
2. Условная оптимизация
3. Выпуклая оптимизация
4. Многокритериальная оптимизация

Характеристики: а) Минимизация функции без ограничений на переменные б) Наличие ограничений типа равенств и неравенств с) Целевая функция и допустимое множество выпуклы д) Несколько конфликтующих целевых функций

14. Сопоставьте методы первого порядка оптимизации с их ключевыми особенностями.

Методы:

1. Градиентный спуск (GD)
2. Momentum
3. Nesterov
4. AdaGrad

Особенности: а) Использует фиксированную скорость обучения α б) Накапливает экспоненциально взвешенное среднее градиентов с) Вычисляет градиент в предсказанной будущей позиции д) Адаптирует шаг для каждого параметра индивидуально

15. Установите соответствие между условиями Куна-Таккера и их математическим выражением для задачи минимизации.

Условия:

1. Условие стационарности
2. Условие допустимости прямых переменных
3. Условие допустимости двойственных переменных

4. Условие дополняющей нежёсткости

Математические выражения: а) $\nabla f(x^*) + \sum \lambda_i \nabla g_i(x^*) + \sum \mu_j \nabla h_j(x^*) = 0$ б) $g_i(x^*) \leq 0, h_j(x^*) = 0$ в) $\lambda_i \geq 0$ д) $\lambda_i \cdot g_i(x^*) = 0$

ПК-1:

16. Сопоставьте библиотеки Python с их основным назначением в задачах оптимизации.

Библиотеки:

1. SciPy.optimize
2. PyTorch
3. Optuna
4. DEAP

Назначение: а) Численные методы оптимизации функций б) Автоматическое дифференцирование и обучение нейросетей в) Автоматическая оптимизация гиперпараметров г) Реализация эволюционных алгоритмов

МФ-3:

17. Установите соответствие между метаэвристическими алгоритмами и принципами, лежащими в их основе.

Алгоритмы:

1. Генетический алгоритм
2. Алгоритм роя частиц (PSO)
3. Simulated Annealing
4. Дифференциальная эволюция

Принципы: а) Эволюция и естественный отбор в биологии б) Социальное поведение стай птиц и косяков рыб в) Процесс отжига металлов в металлургии г) Векторные разности между особями популяции

18. Сопоставьте тестовые функции для оценки алгоритмов оптимизации с их характеристиками.

Функции:

1. Функция Розенброка (Rosenbrock)
2. Функция Растригина (Rastrigin)
3. Функция сферы (Sphere)
4. Функция Аккли (Ackley)

Характеристики: а) Невыпуклая функция с узкой параболической долиной б) Множество регулярно расположенных локальных минимумов в) Простая выпуклая квадратичная функция г) Почти плоская область с множеством локальных минимумов

19. Установите соответствие между гиперпараметрами методов оптимизации и их влиянием на процесс обучения.

Гиперпараметры:

1. Learning rate (α)
2. Batch size
3. Momentum (β)
4. Epsilon (ϵ) в Adam

Влияние: а) Определяет величину шага при обновлении параметров б) Влияет на стабильность оценки

градиента с) Контролирует влияние предыдущих градиентов d) Предотвращает деление на ноль в знаменателе

ПК-1:

20. Сопоставьте инструменты и методы с их применением при оптимизации производительности ML-систем.

Инструменты и методы:

1. Векторизация NumPy
2. Distributed Data Parallel (DDP)
3. Mixed precision training
4. Model quantization

Применение: а) Замена циклов на оптимизированные массивные операции б) Параллельное обучение на нескольких GPU с) Использование FP16 для ускорения вычислений d) Снижение разрядности весов для ускорения инференса

Перечень вопросов для проведения промежуточной аттестации

Перечень вопросов для проведения промежуточной аттестации

1. Теоретические основы и постановка задач оптимизации

5. Классификация задач оптимизации. Отличие выпуклых и невыпуклых задач.
6. Необходимые и достаточные условия экстремума функции многих переменных.
7. Метод множителей Лагранжа. Применение и интерпретация.
8. Условия Куна–Таккера и их использование в нелинейной оптимизации.
9. Выпуклые множества и функции: свойства, примеры и значение в оптимизации.
10. Постановка задачи оптимизации в контексте машинного обучения (функция потерь, ограничения, параметры).
11. Методы одномерного и многомерного поиска экстремума (дихотомия, золотое сечение, градиентный поиск).
12. Критерии сходимости и точности оптимизационных алгоритмов.
13. Роль априорной информации и начальных условий в задаче оптимизации.
14. Примеры применения оптимизации в задачах интеллектуальных систем (кластеризация, регрессия, обучение моделей).

2. Градиентные и стохастические методы оптимизации

15. Принцип градиентного спуска: вывод и интерпретация.
16. Алгоритмы ускорения градиентного спуска: Momentum, Nesterov.
17. Стохастический градиентный спуск (SGD): особенности и преимущества.
18. Сравнение методов SGD, RMSProp, Adam. Особенности реализации в ML-фреймворках.
19. Роль параметров обучения (learning rate, momentum) и способы их подбора.
20. Методы второго порядка: метод Ньютона, квазиньютоновские схемы, L-BFGS.
21. Анализ сходимости и устойчивости градиентных методов.
22. Проблема локальных минимумов и седловых точек в невыпуклой оптимизации.

23. Методы адаптивного выбора шага: backtracking, line search, Armijo.
24. Профилирование вычислений при реализации градиентных методов на больших данных.

3. Метаэвристические и эволюционные методы оптимизации

25. Классификация метаэвристик и их место среди методов оптимизации.
26. Алгоритм роя частиц (PSO): идея, уравнения движения и параметры.
27. Генетический алгоритм: операторы селекции, кроссинговера и мутации.
28. Алгоритм дифференциальной эволюции: механизм обновления популяции.
29. Метод имитации отжига: физическая аналогия, температурный график, вероятность приёма.
30. Эволюционные стратегии и их отличие от генетических алгоритмов.
31. Критерии остановки метаэвристических алгоритмов и проблемы преждевременной сходимости.
32. Гибридные алгоритмы оптимизации: сочетание градиентных и стохастических подходов.
33. Применение метаэвристик к оптимизации гиперпараметров моделей машинного обучения.
34. Современные тренды: самообучающиеся оптимизаторы, нейроэвристики, распределённые эволюционные методы.

4. Оптимизация гиперпараметров и вычислительный эксперимент

35. Подходы к настройке гиперпараметров: grid search, random search, байесовская оптимизация.
36. Байесовская оптимизация: аппроксимирующая модель, функции приобретения, примеры реализации.
37. Инструменты для автоматической оптимизации гиперпараметров (Hyperopt, Optuna, Scikit-Optimize).
38. Этапы проведения вычислительного эксперимента: постановка гипотезы, планирование, реализация, анализ.
39. Принципы воспроизводимости вычислительных экспериментов.
40. Методы статистической обработки результатов (усреднение, доверительные интервалы, тесты значимости).
41. Визуализация кривых сходимости и анализ trade-off между точностью и скоростью.
42. Профилирование ML-моделей: измерение времени, памяти, пропускной способности вычислений.
43. Критерии оценки эффективности оптимизаторов (скорость сходимости, устойчивость, вычислительная сложность).
44. Примеры практического применения методов оптимизации в системах искусственного интеллекта и больших данных.