МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ "РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА"

СОГЛАСОВАНО
Зав. выпускающей кафедры

УТВЕРЖДАЮ

Методы оптимизации

рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой	**Вычислительной и прикладной математики**
Учебный план	09.03.04_26_00_ ИИ_В2.plx 09.03.04 Программная инженерия
Квалификация	**бакалавр**
Форма обучения	**очная**
Общая трудоемкость	**5 ЗЕТ**

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	**5 (3.1)**		Итого	
Недель	16			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	32	32	32	32
Лабораторные	16	16	16	16
Практические	32	32	32	32
Иная контактная работа	0,35	0,35	0,35	0,35
Консультирование перед экзаменом и практикой	2	2	2	2
Итого ауд.	82,35	82,35	82,35	82,35
Контактная работа	82,35	82,35	82,35	82,35
Сам. работа	53	53	53	53
Часы на контроль	44,65	44,65	44,65	44,65
Итого	180	180	180	180

г. Рязань

Программу составил(и):
д.т.н., проф., Овечкин Г.В.;к.т.н., доц., Цуканова Н.И.

Рабочая программа дисциплины
Методы оптимизации

разработана в соответствии с ФГОС ВО:
ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 09.03.04 Программная инженерия (приказ Минобрнауки России от 19.09.2017 г. № 920)

составлена на основании учебного плана:
09.03.04 Программная инженерия
утвержденного учёным советом вуза от 24.04.2026 протокол № 10.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры
Вычислительной и прикладной математики

Протокол от 15.06.2026 г. № 7
Срок действия программы: 20262030 уч.г.
Зав. кафедрой Овечкин Геннадий Владимирович

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2027-2028 учебном году на заседании кафедры
Вычислительной и прикладной математики

Протокол от __ _____ 2027 г. № __

Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2028-2029 учебном году на заседании кафедры
Вычислительной и прикладной математики

Протокол от __ _____ 2028 г. № __

Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2029-2030 учебном году на заседании кафедры
Вычислительной и прикладной математики

Протокол от __ _____ 2029 г. № __

Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2030-2031 учебном году на заседании кафедры

Вычислительной и прикладной математики

Протокол от __ _____ 2030 г. № __

Зав. кафедрой _____

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
1.1	Целью дисциплины является формирование компетенций в соответствии с требованиями ФГОС ВО, а также компетенций, определенных в соответствии с компетентостно-ролевой моделью, разработанной ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО» в рамках проекта ТОП-ИИ, в результате освоения которых обучающийся сможет проводить настройку существующих моделей искусственного интеллекта, дообучение моделей искусственного интеллекта, использование ранее созданных программных библиотек и фреймворков для решения прикладных задач.
1.2	В рамках дисциплины осуществляется формирование у студентов систематических знаний о фундаментальных методах оптимизации и навыков их практического применения для решения инженерных задач, в том числе в области настройки моделей машинного обучения и искусственного интеллекта.
1.3	Задачи:
1.4	1. Изучить теоретические основы постановок задач оптимизации.
1.5	2. Освоить классические алгоритмы безусловной и условной оптимизации.
1.6	3. Сформировать умение выбирать и применять подходящие методы оптимизации для задач обучения моделей ИИ (регрессия, классификация, нейронные сети).
1.7	4. Развить практические навыки программной реализации ключевых алгоритмов на Python.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	
Цикл (раздел) ОП:	Б1.О
2.1	**Требования к предварительной подготовке обучающегося:**
2.1.1	Аналитическая геометрия
2.1.2	Математический анализ
2.1.3	Интегралы и дифференциальные уравнения
2.1.4	Линейная алгебра и функции нескольких переменных
2.1.5	Дискретная математика
2.1.6	Теория вероятностей для систем ИИ
2.1.7	Ознакомительная практика
2.1.8	Введение в машинное обучение (смежная дисциплина)
2.1.9	Вычислительные алгоритмы для систем ИИ
2.1.10	Программирование
2.1.11	Компьютерная математика
2.1.12	Математическая статистика для систем искусственного интеллекта
2.2	**Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:**
2.2.1	Преддипломная практика
2.2.2	Выполнение и защита выпускной квалификационной работы
2.2.3	Искусственные нейронные сети и глубокое обучение
2.2.4	Большие языковые модели и генеративный ИИ
2.2.5	Системы компьютерного зрения
2.2.6	Компьютерная графика и генеративный ИИ
2.2.7	Моделирование систем
2.2.8	Цифровая обработка сигналов

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
УК-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-2.2. Выбирает оптимальный способ решения профессиональных задач, учитывая ресурсы и ограничения в сфере профессиональной деятельности, действующие правовые нормы
Знать способы решения профессиональных задач; ресурсы и ограничения в сфере профессиональной деятельности **Уметь** выбирать оптимальный способ решения профессиональных задач; учитывать ресурсы и ограничения в сфере профессиональной деятельности **Владеть** навыками выбора оптимального способа решения профессиональных задач, учитывая ресурсы и ограничения в сфере профессиональной деятельности

ОПК-1: Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности
ОПК-1.1. Демонстрирует естественнонаучные и общеинженерные знания, знания методов математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования
Знать методы оптимизации для их демонстрации в профессиональной деятельности **Уметь** демонстрировать знания методов оптимизации **Владеть** навыками демонстрации знаний методов оптимизации
ОПК-1.2. Применяет естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности
Знать методы оптимизации для их применения в профессиональной деятельности **Уметь** применять методы оптимизации в профессиональной деятельности **Владеть** навыками применения методов оптимизации для решения задач профессиональной деятельности

В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен

3.1	**Знать:**
3.1.1	Основные классы задач оптимизации (линейные, нелинейные, дискретные).
3.1.2	Методы одномерной и многомерной безусловной оптимизации (1-го и 2-го порядка).
3.1.3	Методы условной оптимизации (методы штрафов, проекции градиента).
3.1.4	Стохастические и адаптивные методы градиентного спуска.
3.1.5	Методы оптимизации в выпуклых задачах.
3.1.6	Эвристические и метаэвристические методы.
3.2	**Уметь:**
3.2.1	Формализовать прикладную задачу как задачу оптимизации.
3.2.2	Анализировать целевую функцию (выпуклость, гладкость) для выбора метода.
3.2.3	Реализовывать базовые алгоритмы оптимизации на Python.
3.2.4	Использовать специализированные библиотеки (SciPy, CVXOPT).
3.2.5	Применять методы оптимизации для обучения линейных моделей и нейронных сетей.
3.3	**Владеть:**
3.3.1	Навыками анализа и сравнения эффективности алгоритмов оптимизации.
3.3.2	Навыками отладки и диагностики проблем в процессе оптимизации (подбор шага, анализ сходимости).
3.3.3	Практикой использования оптимизаторов в фреймворках (напр., оптимизаторы PyTorch/TensorFlow).

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетен-ции	Литература	Форма контроля
	Раздел 1. Методы оптимизации					
1.1	Лекции /Тема/	5	0			
1.2	Введение в оптимизацию. Предмет, задачи, классификация. Примеры в AI/ML и Software Engineering. Целевая функция, ограничения, допустимое множество, локальный/глобальный оптимум. Условия оптимальности 1-го порядка. /Лек/	5	4	УК-2.2-З УК-2.2-У УК-2.2-В ОПК-1.1-З ОПК-1.1-У ОПК-1.1-В ОПК-1.2-З ОПК-1.2-У ОПК-1.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9Л2.2 Л2.5Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен

1.3	Линейное программирование (ЛП). Формы задач ЛП. Геометрическая интерпретация. Симплекс-метод (алгоритм, таблицы, искусственный базис). Теория двойственности. Двойственный симплекс-метод. /Лек/	5	6	УК-2.2-З УК-2.2-У УК-2.2-В ОПК-1.1-З ОПК-1.1-У ОПК-1.1-В ОПК-1.2-З ОПК-1.2-У ОПК-1.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен
1.4	Детерминированные методы безусловной оптимизации. Методы одномерной оптимизации (золотое сечение). Градиентный спуск: стратегии выбора шага, сходимость. Методы второго порядка: Ньютон, квазиньютоновские (BFGS). Сравнение методов. /Лек/	5	6	УК-2.2-З УК-2.2-У УК-2.2-В ОПК-1.1-З ОПК-1.1-У ОПК-1.1-В ОПК-1.2-З ОПК-1.2-У ОПК-1.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен
1.5	Стохастические и адаптивные методы для больших данных. Стохастический градиентный спуск (SGD): алгоритм, свойства. Методы ускорения: Momentum, NAG. Адаптивные методы: Adagrad, RMSprop, Adam. Теоретические основы и интуиция. /Лек/	5	8	УК-2.2-З УК-2.2-У УК-2.2-В ОПК-1.1-З ОПК-1.1-У ОПК-1.1-В ОПК-1.2-З ОПК-1.2-У ОПК-1.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен
1.6	Условная и выпуклая оптимизация. Метод множителей Лагранжа, условия Каруша-Куна-Таккера (ККТ). Выпуклые множества и функции. Задачи выпуклого программирования. Квадратичное программирование (QP) и его значение. /Лек/	5	6	УК-2.2-З УК-2.2-У УК-2.2-В ОПК-1.1-З ОПК-1.1-У ОПК-1.1-В ОПК-1.2-З ОПК-1.2-У ОПК-1.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен
1.7	Эвристические методы. Градиентные методы: симплекс-метод Нелдера-Мида, дифференциальная эволюция. Байесовская оптимизация для подбора гиперпараметров. Связь изученных методов. Современные тренды /Лек/	5	2	УК-2.2-З УК-2.2-У УК-2.2-В ОПК-1.1-З ОПК-1.1-У ОПК-1.1-В ОПК-1.2-З ОПК-1.2-У ОПК-1.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен
1.8	Лабораторные /Тема/	5	0			
1.9	Решение задач линейного программирования (Scipy.optimize.linprog, PuLP). Проверка условий дополняющей нежесткости. /Лаб/	5	4	УК-2.2-З УК-2.2-У УК-2.2-В ОПК-1.1-З ОПК-1.1-У ОПК-1.1-В ОПК-1.2-З ОПК-1.2-У ОПК-1.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен

1.10	Сравнение методов безусловной оптимизации. Реализация и сравнение GD, Ньютона/BFGS на невыпуклых тестовых функциях (Розенброка, Химмельблау). Анализ влияния числа обусловленности. /Лаб/	5	4	УК-2.2-З УК-2.2-У УК-2.2-В ОПК-1.1-З ОПК-1.1-У ОПК-1.1-В ОПК-1.2-З ОПК-1.2-У ОПК-1.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен
1.11	Оптимизация на больших данных: логистическая регрессия и SVM. Исследование влияния оптимизатора (SGD, Adam) и гиперпараметров на скорость и качество сходимости при обучении линейных моделей на реальном датасете /Лаб/	5	4	УК-2.2-З УК-2.2-У УК-2.2-В ОПК-1.1-З ОПК-1.1-У ОПК-1.1-В ОПК-1.2-З ОПК-1.2-У ОПК-1.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен
1.12	Выпуклая оптимизация на практике: 1. Задача оптимизации инвестиционного портфеля (Марковиц). 2. Реализация линейного SVM через решение задачи QP. /Лаб/	5	4	УК-2.2-З УК-2.2-У УК-2.2-В ОПК-1.1-З ОПК-1.1-У ОПК-1.1-В ОПК-1.2-З ОПК-1.2-У ОПК-1.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен
1.13	Практика /Тема/	5	0			
1.14	Формализация прикладных задач (классификация, кластеризация, планирование). Работа с NumPy, Matplotlib, Scipy.optimize. Визуализация функций. /Пр/	5	4	УК-2.2-З УК-2.2-У УК-2.2-В ОПК-1.1-З ОПК-1.1-У ОПК-1.1-В ОПК-1.2-З ОПК-1.2-У ОПК-1.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен
1.15	Решение задач ЛП графическим методом. Реализация симплекс-метода . Формирование двойственной задачи /Пр/	5	6	УК-2.2-З УК-2.2-У УК-2.2-В ОПК-1.1-З ОПК-1.1-У ОПК-1.1-В ОПК-1.2-З ОПК-1.2-У ОПК-1.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен
1.16	Реализация градиентного спуска с дроблением шага. Задача линейной регрессии: аналитическое решение (нормальные уравнения) и градиентный спуск. Использование scipy.optimize.minimize. /Пр/	5	6	УК-2.2-З УК-2.2-У УК-2.2-В ОПК-1.1-З ОПК-1.1-У ОПК-1.1-В ОПК-1.2-З ОПК-1.2-У ОПК-1.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен

1.17	Реализация SGD и Adam для задачи логистической регрессии. Сравнение сходимости с пакетным GD. Влияние размера мини-батча и расписания learning rate. /Пр/	5	8	УК-2.2-З УК-2.2-У УК-2.2-В ОПК-1.1-З ОПК-1.1-У ОПК-1.1-В ОПК-1.2-З ОПК-1.2-У ОПК-1.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен
1.18	Решение задачи квадратичного программирования для построения линейного SVM (жесткий допуск) с помощью CVXOPT. Реализация простого метода штрафных функций. /Пр/	5	6	УК-2.2-З УК-2.2-У УК-2.2-В ОПК-1.1-З ОПК-1.1-У ОПК-1.1-В ОПК-1.2-З ОПК-1.2-У ОПК-1.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен
1.19	Решение негладкой задачи с помощью scipy.optimize.differential_evolution. Знакомство с фреймворком Optuna для подбора гиперпараметров модели. /Пр/	5	2	УК-2.2-З УК-2.2-У УК-2.2-В ОПК-1.1-З ОПК-1.1-У ОПК-1.1-В ОПК-1.2-З ОПК-1.2-У ОПК-1.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен
1.20	Самостоятельная работа /Тема/	5	0			
1.21	Изучение конспекта лекций, рекомендуемой литературы, подготовка к лабораторным работам и практическим занятиям /Ср/	5	53	УК-2.2-З УК-2.2-У УК-2.2-В ОПК-1.1-З ОПК-1.1-У ОПК-1.1-В ОПК-1.2-З ОПК-1.2-У ОПК-1.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен
	Раздел 2. Контроль					
2.1	/Тема/	5	0			
2.2	Подготовка к экзамену /Экзамен/	5	44,65	УК-2.2-З УК-2.2-У УК-2.2-В ОПК-1.1-З ОПК-1.1-У ОПК-1.1-В ОПК-1.2-З ОПК-1.2-У ОПК-1.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен
2.3	Консультация /Кнс/	5	2	УК-2.2-З УК-2.2-У УК-2.2-В ОПК-1.1-З ОПК-1.1-У ОПК-1.1-В ОПК-1.2-З ОПК-1.2-У ОПК-1.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен

2.4	Сдача экзамена /ИКР/	5	0,35	УК-2.2-З УК-2.2-У УК-2.2-В ОПК-1.1-З ОПК-1.1-У ОПК-1.1-В ОПК-1.2-З ОПК-1.2-У ОПК-1.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Фонд оценочных средств дисциплины приведен в приложении к рабочей программе дисциплины (см. документ "ФОС Методы оптимизации")

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/ название ЭБС
Л1.1	Бабенышев С. В., Матеров Е. Н.	Методы оптимизации : учебное пособие	Железногорск: Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2019, 135 с.	2227-8397, http://www.iprbookshop.ru/90184.html
Л1.2	Домашнев, П. А., Сараев, П. В., Алексеев, В. А.	Методы и алгоритмы многомерной безусловной оптимизации : учебное пособие	Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2019, 96 с.	978-5-88247-946-5, http://www.iprbookshop.ru/99153.html
Л1.3	Гладков, Л. А., Гладкова, Н. В.	Методы решения задач оптимизации : учебное пособие	Ростов-на-Дону, Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2019, 118 с.	978-5-9275-3436-4, http://www.iprbookshop.ru/100180.html
Л1.4	Губарь, Ю. В.	Введение в математическое программирование : учебное пособие	Москва: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2021, 225 с.	978-5-4497-0872-4, https://www.iprbookshop.ru/101994.html
Л1.5	Гробер, Т. А., Гробер, О. В., Нестерова, А. В.	Задачи оптимизации и численные методы : учебное пособие	Ростов-на-Дону: Донской государственный технический университет, 2020, 110 с.	978-5-7890-1801-9, https://www.iprbookshop.ru/118036.html

№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/ название ЭБС
Л1.6	Олейникова, С. А.	Численные методы решения оптимизационных задач : учебное пособие	Воронеж: Воронежский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2021, 114 с.	978-5-7731-0960-0, https://www.iprbookshop.ru/118626.html
Л1.7	Ржевский С. В.	Математическое программирование : учебное пособие	Санкт-Петербург: Лань, 2022, 608 с.	978-5-8114-3853-2, https://e.lanbook.com/book/206993
Л1.8	Катаргин Н. В.	Экономико-математическое моделирование	Санкт-Петербург: Лань, 2022, 256 с.	978-5-507-44332-1, https://e.lanbook.com/book/223430
Л1.9	Акулич И. Л.	Математическое программирование в примерах и задачах	Санкт-Петербург: Лань, 2022, 352 с.	978-5-8114-0916-7, https://e.lanbook.com/book/210680
6.1.2. Дополнительная литература				
№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/ название ЭБС
Л2.1	Литвин Д. Б., Мелешко С. В., Мамаев И. И.	Линейное программирование. Транспортная задача : учебное пособие	Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, Сервисшкола, 2017, 84 с.	2227-8397, http://www.iprbookshop.ru/76116.html
Л2.2	Цуканова Н.И.	Программирование глубоких нейронных сетей на языке Python: учеб. пособие : Учебное пособие	Рязань: КУРС, 2022,	, https://elib.rsreu.ru/ebs/download/3187
Л2.3	Полуян, А. Ю., Петренкова, С. Б.	Исследование операций и методы оптимизации в примерах : практикум	Ростов-на-Дону: Донской государственный технический университет, 2019, 28 с.	2227-8397, https://www.iprbookshop.ru/117726.html
Л2.4	Тарасенко, Е. О., Алиханов, А. А., Гладков, А. В.	Численные методы : учебник	Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2022, 261 с.	2227-8397, https://www.iprbookshop.ru/135776.html
Л2.5	Бурда А. Г., Косников С. Н.	Оптимизация и основы теории принятия решений : учебник для вузов	Санкт-Петербург: Лань, 2024, 176 с.	978-5-507-48817-9, https://e.lanbook.com/book/394553
6.1.3. Методические разработки				
№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/ название ЭБС

№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/ название ЭБС
Л3.1	Цуканова Н.И.	Методы оптимизации: метод. указ. к лаб. работам и упражнениям : Методические указания	Рязань: , 2022,	, https://elib.rsreu.ru/ebs/download/3386

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	Электронная библиотека РГРТУ http://elib.rsreu.ru/
Э2	Электронная библиотека IPRBooks http://iprbookshop.ru/
Э3	Электронно-библиотечная система издательства «Лань» http://e.lanbook.com
Э4	Методы оптимизации (базовый курс)
Э5	Методы Оптимизации. МФТИ

6.3 Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

6.3.1 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства

Наименование	Описание
Операционная система Windows	Коммерческая лицензия
LibreOffice	Свободное ПО
Интерпретатор Python	Свободное ПО
Python	Свободно распространяемое программное обеспечение под лицензиями

6.3.2 Перечень информационных справочных систем

6.3.2.1	Информационно-правовой портал ГАРАНТ.РУ http://www.garant.ru
6.3.2.2	Система КонсультантПлюс http://www.consultant.ru
6.3.2.3	Справочная правовая система «КонсультантПлюс» (договор об информационной поддержке №1342/455-100 от 28.10.2011 г.)

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1	206-1 учебно-административный корпус. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 42 мест, 1 ПК: ЦП: Intel i7 6700 ОЗУ: 8 Гб ПЗУ: 120Gb ssd + 500 Гб (1 шт. преподавательский) Телевизор: PHILIPS U7PEL4606H/60 документ-камера: AVER Media POB3 (AverVision 330) документ-камера: AverVisionF33 POE7D;
2	206-2 учебно-административный корпус. Аудитория для самостоятельной работы 18 мест, Телевизор PHILIPS 46PFL3208T/60; 18 ПК с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду: ЦП: AMD a10 7800 ОЗУ: 8 Gb ПЗУ: 500-1000 Gb (18 шт.)
3	206-2 учебно-административный корпус. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 18 мест, Телевизор PHILIPS 46PFL3208T/60; 18 ПК с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду: ЦП: AMD a10 7800 ОЗУ: 8 Gb ПЗУ: 500-1000 Gb (18 шт.)

4	206-3 учебно-административный корпус. Учебная аудитория для самостоятельной работы Проектор: InFocus LP640 31 ПК с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду: ЦП: Intel i7 6700 ОЗУ: 8 Гб ПЗУ: 120Gb ssd + 500 Гб (31 шт.)
5	206-3 учебно-административный корпус. Учебная аудитория для проведения практический занятий, лабораторных работ Проектор: InFocus LP640 31 ПК с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду: ЦП: Intel i7 6700 ОЗУ: 8 Гб ПЗУ: 120Gb ssd + 500 Гб (31 шт.))
6	206-4 учебно-административный корпус. Учебная аудитория для проведения практический занятий, лабораторных работ 30 ПК с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду: ЦП: Intel i5-12400 ОЗУ: 16 Гб ПЗУ: ssd 512 Гб (18 шт. моноблок) ЦП: Intel i7 6700 ОЗУ: 8 Гб ПЗУ: 120Gb ssd + 500 Гб (12 шт.)
7	206-4 учебно-административный корпус. Учебная аудитория для самостоятельной работы 30 ПК с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду: ЦП: Intel i5-12400 ОЗУ: 16 Гб ПЗУ: ssd 512 Гб (18 шт. моноблок) ЦП: Intel i7 6700 ОЗУ: 8 Гб ПЗУ: 120Gb ssd + 500 Гб (12 шт.)

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Методическое обеспечение дисциплины приведено в приложении к рабочей программе дисциплины (см. документ "МУ Методы оптимизации")

Оператор ЭДО ООО "Компания "Тензор"

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

ПОДПИСАНО ЗАВЕДУЮЩИМ КАФЕДРЫ — **ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ,** Овечкин Геннадий Владимирович, Заведующий кафедрой ВПМ — **12.10.26** 08:32 (MSK) — Простая подпись

ПОДПИСАНО ЗАВЕДУЮЩИМ ВЫПУСКАЮЩЕЙ КАФЕДРЫ — **ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ,** Овечкин Геннадий Владимирович, Заведующий кафедрой ВПМ — **12.10.26** 08:33 (MSK) — Простая подпись