

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Факультет вычислительной математики и кибернетики

УТВЕРЖДАЮ

декан факультета вычислительной
математики и кибернетики



/И.А. Соколов /

2021г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины (модуля):

Модели дискретной оптимизации

Уровень высшего образования:

магистратура

Направление подготовки / специальность:

01.04.02 "Прикладная математика и информатика" (3++)

Направленность (профиль) ОПОП:

Искусственный интеллект в кибербезопасности

Форма обучения:

очная

Рабочая программа рассмотрена и утверждена
на заседании Ученого совета факультета ВМК
(протокол № 4, от 29 сентября 2021 года)

Москва 2021

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки 01.04.02 "Прикладная математика и информатика" программы магистратуры в редакции приказа МГУ от 21 декабря 2021 года No 1404.

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО:

Дисциплина (модуль) относится к части дисциплин основной профессиональной образовательной программы, формируемых участниками образовательных отношений.

2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия:

Учащиеся должны владеть знаниями по математическому анализу, линейной алгебре, теории оптимизации, дифференциальным уравнениям в объеме, соответствующем основным образовательным программам бакалавриата по укрупненным группам направлений и специальностей 01.00.00 «Математика и механика», 02.00.00 «Компьютерные и информационные науки» и другим направлениям подготовки бакалавриата.

3. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников.

Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)		
Содержание и код компетенции.	Индикатор (показатель) достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, сопряженные с индикаторами достижения компетенций
ПК-1. Способен исследовать и разрабатывать архитектуру систем искусственного интеллекта для различных предметных областей на основе комплексов методов и инструментальных средств систем искусственного интеллекта	ПК-1.1. Исследует и разрабатывает архитектуры систем искусственного интеллекта для различных предметных областей ПК-1.2. Выбирает комплексы методов и инструментальных средств искусственного интеллекта для решения задач в зависимости от особенностей предметной области ПК-1.3. Разрабатывает единые стандарты в области безопасности (в том числе отказоустойчивости) и совместимости программного обеспечения, эталонных архитектур вычислительных систем и программного обеспечения, а также определяет критерии сопоставления программного обеспечения и критерии эталонных открытых тестовых сред (условий) в целях улучшения качества и эффективности программного обеспечения технологий и систем искусственного интеллекта	ПК-1.1. З-1. Знает архитектурные принципы построения систем искусственного интеллекта, методы декомпозиции основных подсистем (компонентов) и реализации их взаимодействия на основе методологии предметно-ориентированного проектирования ПК-1.1. У-1. Умеет выстраивать архитектуру системы искусственного интеллекта, осуществлять декомпозицию основных подсистем (компонентов) и реализации их взаимодействия на основе методологии предметно-ориентированного проектирования ПК-1.2. З-1. Знает методы и инструментальные средства систем искусственного интеллекта, критерии их выбора и методы комплексирования в рамках создания интегрированных гибридных интеллектуальных систем различного назначения ПК-1.2. У-1. Умеет выбирать, применять и интегрировать методы и инструментальные средства систем искусственного интеллекта, критерии их выбора и методы комплексирования в рамках создания интегрированных гибридных

		<p>интеллектуальных систем различного назначения</p> <p>ПК-1.3. З-1. Знает единые стандарты в области безопасности (в том числе отказоустойчивости) и совместимости программного обеспечения, эталонных архитектур вычислительных систем и программного обеспечения технологий и систем искусственного интеллекта</p> <p>ПК-1.3. З-2. Знает методики определения критериев сопоставления программного обеспечения и критериев эталонных открытых тестовых сред (условий)</p> <p>ПК-1.3. У-1. Умеет применять и разрабатывать единые стандарты в области безопасности (в том числе отказоустойчивости) и совместимости программного обеспечения, эталонных архитектур вычислительных систем и программного обеспечения технологий и систем искусственного интеллекта</p> <p>ПК-1.3. У-2. Умеет определять критерии сопоставления программного обеспечения и критерии эталонных открытых тестовых сред (условий) в целях определения качества и эффективности программного обеспечения технологий и систем искусственного интеллекта</p>
--	--	--

4. Объем дисциплины (модуля) составляет 3 з.е., в том числе 72 академических часа, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем, 36 академических часов на самостоятельную работу обучающихся.

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий:

Курс состоит из трех частей. Первая часть посвящена вопросам постановки, а также алгоритмической сложности решения задач дискретной оптимизации. Рассматриваются базовые понятия теории сложности, основанные на формализме машин Тьюринга, основные классы сложности (P, NP). Объясняются понятия полиномиальной сводимости и NP-полной задачи, доказывается теорема Кука. Далее рассматриваются примеры NP-полных задач: задача о 3-выполнимости, задача о трехмерном сочетании, задача о сумме подмножеств в форме распознавания.

Во второй части курса обсуждаются основы Булева программирования на примере задачи о ранце. Рассматриваются классические постановки задачи о ранце и ее частный случай – задача о сумме подмножеств. На примере этой задачи рассматриваются основные точные и

приближенные подходы к решению задач дискретной оптимизации: «жадные» алгоритмы, методы ветвей и границ, верхние и нижние оценки. Существенное внимание уделяется различным вариантам методов динамического программирования.

В третьей части рассматривается общая постановка линейной целочисленной задачи и методы ее решения. Даются базовые концепции линейной оптимизации: многогранники, грани, вершины, свойства многогранников. Формы задания задачи линейного программирования. Изучаются прямой и двойственный варианты симплекс-метода. Понятие отсечения и метод Гомори.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы					Самостоятельная работа учащегося, часы			
		из них					из них			
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости: коллоквиумы,	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п..	Всего

						практические контрольные занятия и др.				
Тема 1. Введение в дискретную оптимизацию. Классификация задач оптимизации и методов их решения. Точные и приближенные методы. Примеры задач. Применение на практике.	6	2					2	4		4
Тема 2. Основы теории сложности Языки. Машина Тьюринга. Детерминированная машина Тьюринга. Недетерминированная машина Тьюринга . Понятие классов P и NP . Полиномиальная сводимость и NP-полные задачи. Теорема Кука. Примеры NP-полных задач . Задача о 3-выполнимости . Задача о трехмерном сочетании . Задача о сумме подмножеств в форме распознавания . NP-полнота в сильном	22	10					10	12		12

смысле .										
<p>Тема 3. Основы Булева программирования Постановка и базовые свойства задач Булева программирования. Задача о сумме подмножеств и задача о ранце. Задача о сумме подмножеств. «Жадные» алгоритмы. Методы ветвей и границ. Верхние и нижние оценки. Методы динамического программирования . Табличный и списковые варианты, концепция доминирования. Концепция ядра и балансировки в динамическом программировании. Сложность методов решения задач ранцевого типа различными методами. Сокращения сложности за счет гибридизации алгоритмов.</p>	22	10				0	10	12		12
<p>Тема 4. Линейная целочисленная оптимизация Основные понятия линейного программирова-</p>	20	8				0	8	12		12

<p>ния. Многогранники, грани, вершины, свойства многогранников. Формы задания задачи линейного программирования. Прямой и двойственный симплекс-методы. Постановка задачи целочисленного линейного программирования. Понятие отсечения. Метод Гомори.</p>										
Промежуточная аттестация – экзамен	38	-	-	2	-		2	36	-	36
Итого	108						36	72		

6. Фонд оценочных средств (ФОС, оценочные и методические материалы) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю).

6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости, критерии и шкалы оценивания

Примерные вопросы контрольного задания для текущего контроля успеваемости.

1. Решить задачу оптимизации методом деформируемого многогранника.
2. Решить задачу оптимизации методом конфигураций.
3. Решить задачу оптимизации методом сопряженных направлений.
4. Решить задачу оптимизации методом конфигураций.
5. Решить задачу оптимизации методом деформируемого многогранника.
6. Решить задачу оптимизации методом сопряженных направлений.
7. Решить задачу оптимизации методом конфигураций.

8. Решить задачу оптимизации методом деформируемого многогранника.

9. Решить задачу оптимизации методом сопряженных направлений

6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине, критерии и шкалы оценивания

Список вопросов

- 1) Классификация задач оптимизации по числу критериев, локальности экстремума, структуре допустимого множества. Классификация методов оптимизации: детерминированные и эвристические методы решения задач оптимизации.
- 2) Понятия алфавита, языка и машины Тьюринга. Примеры машин Тьюринга.
- 3) Недетерминированная машина Тьюринга, классы сложности P и NP. Проблема равенства классов. Примеры задач.
- 4) Полиномиальная сводимость, теорема Кука. Понятие NP-полной задачи.
- 5) NP-полнота задачи о 3-выполнимости. Преобразование произвольной КНФ к 3-КНФ.
- 6) NP-полнота задачи о трехмерном сочетании.
- 7) NP-полнота задачи о сумме подмножеств в форме распознавания.
- 8) NP-полнота в сильном смысле.
- 9) Задача о ранце, задача о сумме подмножеств: формулировка, основные понятия, экономическая интерпретация. Линейная релаксация.
- 10) Метод ветвей и границ в задаче о ранце, понятия подзадачи, верхней и нижней оценок. Общая схема алгоритма. Алгоритмическая сложность метода ветвей и границ, пример Финкельштейна.
- 11) Понижение показателя степени в верхней оценке числа итераций МВГ за счет предварительной сортировки и рекурсии.
- 12) Принцип оптимальности Беллмана, табличный вариант метода динамического программирования для задачи о сумме подмножеств в форме распознавания.
- 13) Табличный вариант метода динамического программирования для задачи о ранце.
- 14) Метод динамического программирования со списками для задачи о ранце.
- 15) Концепция ядра и понятие балансировки в методе динамического программирования. Сбалансированные наборы, сбалансированные операции.
- 16) Алгоритм BALSUB для задачи о сумме подмножеств.
- 17) Оценки сложности и сравнение различных вариантов метода динамического программирования для задачи о сумме подмножеств.
- 18) Понятия многогранника, грани, вершины, связь с задачами линейного программирования. Формы задания задачи линейного программирования.
- 19) Понятие базового допустимого и недопустимого решений задачи ЛП, геометрическая интерпретация.
- 20) Прямой симплекс-метод, получение начального решения.
- 21) Двойственный симплекс-метод.
- 22) Постановка задачи линейного целочисленного программирования. Понятие отсечения. Метод Гомори.

Примерное контрольное задание для промежуточной аттестации.

ПКЗ ПА.

1. Решить задачу о ранце табличным методом динамического программирования.
2. Решить задачу о ранце методом ветвей и границ.
3. Написать программу для детерминированной машины Тьюринга, которая прибавляет единицу к двоичному (десятично-му, троичному и т.п.) целому числу на ленте.
4. На ленте машины Тьюринга содержится двоичная последовательность. Напишите программу для машины Тьюринга, которая вычисляет двоичное дополнение записанного числа, т.е. заменяет каждый символ 1 на 0 и наоборот.
5. Свести КНФ к 3-КНФ, записать последовательность преобразований.

Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения

Текущий контроль успеваемости осуществляется в виде двух контрольных работ, содержащих по 5 заданий. Выполнение 4-х и более заданий в одной контрольной работе добавляет 1 балл к оценке задания промежуточной аттестации. Промежуточная аттестация содержит 10 заданий. Выполнение 9 или 10 заданий соответствует оценке "отлично", 7 или 8 – оценке "хорошо", 5 или 6 – оценке "удовлетворительно", менее 5 – оценке "неудовлетворительно".

ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения (РО) по дисциплине (модулю)

Оценка	2 (не зачтено)	3 (зачтено)	4 (зачтено)	5 (зачтено)
РО и соответствующие виды оценочных средств				
Знания <i>Экзамен</i>	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения <i>Практические задания</i>	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера)	Успешное и систематическое умение

Навыки (владения, опыт деятельности) <i>Экзамен, практические занятия</i>	Отсутствие навыков (владений, опыта)	Наличие отдельных навыков (наличие фрагментарного опыта)	В целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач
---	--------------------------------------	--	--	---

7. Ресурсное обеспечение:

7.1. Перечень основной и дополнительной литературы

Основная литература

- 1) КORTE Б. Комбинаторная оптимизация. Теория и алгоритмы. Москва:МЦНМО, 2015 г.

Дополнительная литература

- 1) Сигал И. Х., Иванова А. П. Введение в прикладное дискретное программирование //М.: физматлит. – 2003.
- 2) Korte В. et al. Combinatorial optimization. – Heidelberg : Springer, 2012. – Т. 2.
- 3) Данциг Д. Линейное программирование, его обобщения и применения //М.: Прогресс. – 1966.
- 4) Пападимитриу Х., Стайглиц К. Комбинаторная оптимизация. Алгоритмы и сложность. – 1984..
- 5) Гэри М., Джонсон Д. Вычислительные машины и труднорешаемые задачи //Мир. – 1982.Самуэльсон П. Экономикс. М.: Прогресс, 1994

7.2. Перечень лицензионного программного обеспечения, в том числе отечественного производства

При реализации дисциплины может быть использовано следующее программное обеспечение:

Программное обеспечение для подготовки слайдов лекций MS PowerPoint, MS Word

Программное обеспечение для создания и просмотра pdf-документов Adobe Reader

Издательская система LaTeX

Язык программирования Python и среда разработки Jupiter Notebook (вместе с библиотеками numpy, scikit-learn, pandas)

Язык программирования R и среда разработки R Studio

Среда разработки MATLAB.

7.3. Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

1. <http://www.edu.ru> – портал Министерства образования и науки РФ
2. <http://www.ict.edu.ru> – система федеральных образовательных порталов «ИКТ в образовании»
3. <http://www.openet.ru> - Российский портал открытого образования
4. <http://www.mon.gov.ru> - Министерство образования и науки Российской Федерации
5. <http://www.fasi.gov.ru> - Федеральное агентство по науке и инновациям

7.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Math-Net.Ru [Электронный ресурс] : общероссийский математический портал / Математический институт им. В. А. Стеклова РАН ; Российская академия наук, Отделение математических наук. - М. : [б. и.], 2010. - Загл. с титул. экрана. - Б. ц.
URL: <http://www.mathnet.ru>
2. Университетская библиотека Online [Электронный ресурс] : электронная библиотечная система / ООО "Директ-Медиа" . - М. : [б. и.], 2001. - Загл. с титул. экрана. - Б. ц. URL: www.biblioclub.ru
3. Универсальные базы данных East View [Электронный ресурс] : информационный ресурс / East View Information Services. - М. : [б. и.], 2012. - Загл. с титул. экрана. - Б. ц.
URL: www.ebiblioteka.ru
4. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU [Электронный ресурс] : информационный портал / ООО "РУНЭБ" ; Санкт-Петербургский государственный университет. - М. : [б. и.], 2005. - Загл. с титул. экрана. - Б. ц.
URL: www.eLibrary.ru

7.5. Описание материально-технического обеспечения.

Факультет ВМК, ответственный за реализацию данной Программы, располагает соответствующей материально-технической базой, включая современную вычислительную технику, объединенную в локальную вычислительную сеть, имеющую выход в Интернет. Используются специализированные компьютерные классы, оснащенные современным оборудованием. Материальная база факультета соответствует действующим санитарно-техническим нормам и обеспечивает проведение всех видов занятий (лабораторной, практической, дисциплинарной и междисциплинарной подготовки) и научно-исследовательской работы обучающихся, предусмотренных учебным планом.

8. Соответствие результатов обучения по данному элементу ОПОП результатам освоения ОПОП указано в Общей характеристике ОПОП.

9. Разработчик (разработчики) программы.

д.ф.- м.н., доцент Посыпкин Михаил Анатольевич (mposypkin@gmail.com)

10. Язык преподавания - русский.