ЦЕНТРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДЕНА

Решением Ученого совета
АНО ВО «Центральный университет»
«07» марта 2024 г.
Протокол №1

Рабочая программа дисциплины (модуля)
«Методы дискретной оптимизации»

Направление подготовки: *02.03.01 Математика и компьютерные науки*

Направленность (профиль) подготовки: *Программа двух дипломов НИУ ВШЭ и ЦУ «Прикладная математика и информатика»*

Квалификация (степень) выпускника: *бакалавр*

Форма обучения: *очная*

Срок освоения программы: *4 года*

Год набора: *2024*

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 0215B0C000D1B3FEB44A37EE631E0C27D4
Владелец: Ивашкевич Евгений Васильевич
Действителен: с 13.01.2026 до 13.04.2027

Электронный документ

Москва
2024

Содержание

1. **Краткая характеристика дисциплины (модуля)** 3
2. **Перечень планируемых результатов обучения** 5
3. **Тематический план** 7
4. **Содержание дисциплины (модуля)** 7
5. **Учебно-методическое обеспечение** 8
6. **Материально-техническое обеспечение** 8
7. **Методические и оценочные материалы** 10

1. Краткая характеристика дисциплины (модуля)

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Методы дискретной оптимизации» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования – бакалавриат по направлению 02.03.01 «Математика и компьютерные науки», профиль «Программа двух дипломов НИУ ВШЭ и ЦУ «Прикладная математика и информатика», утвержденный приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 807 от 23.08.2017 года.

Изучение дисциплины (модуля) «Методы дискретной оптимизации» позволяет эффективно решать задачи выбора оптимальных решений в условиях ограничений и дискретных параметров, что важно для прикладных областей, таких как логистика, планирование и информационные технологии. Освоение этих методов способствует развитию аналитического мышления и навыков моделирования сложных систем, что повышает конкурентоспособность специалистов на рынке труда.

Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Настоящая дисциплина (модуль) включена в учебный план по программе подготовки бакалавриата по направлению 02.03.01 «Математика и компьютерные науки», профиль «Программа двух дипломов НИУ ВШЭ и ЦУ «Прикладная математика и информатика» и входит в вариативную часть Блока 1, формируемую участниками образовательных отношений, как дисциплина по выбору.

Дисциплина (модуль) изучается на 3 или 4 курсе в 5, 6 или 7 семестре на выбор. Доступна к изучению после успешного освоения дисциплин (модулей): «Дискретная математика»; «Математический анализ» и «Линейная алгебра» или «Основы математического анализа и линейной алгебры».

Цель изучения дисциплины (модуля): формирование знаний и навыков разработки и применения алгоритмов для эффективного решения задач оптимизации с дискретными переменными в различных прикладных областях.

Задачи изучения дисциплины (модуля):

— освоить фундаментальные понятия и методы дискретной оптимизации для применения в задачах планирования, поиска и принятия решений в искусственном интеллекте.

— развить навыки математического моделирования дискретных задач, возникающих в областях машинного обучения, робототехники и анализа данных, с использованием современных алгоритмов и программных инструментов.

— изучить теоретические основы сложности вычислений и эффективности алгоритмов дискретной оптимизации, чтобы оценивать применимость методов в реальных приложениях искусственного интеллекта, таких как оптимизация нейронных сетей и многокритериальный выбор.

— сформировать умения анализировать и интерпретировать результаты оптимизации, а также интегрировать методы дискретной оптимизации для решения практических проблем в области компьютерных наук.

В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен:

знать:

— основные понятия NP-полноты и примеры классических NP-полных задач (задача покрытия множествами, задача о рюкзаке);

— формулировки задач упаковки в контейнеры и линейного программирования (ЛП), их прикладное значение;

— основные приближённые алгоритмы для NP-трудных задач и их гарантии точности;

— методы целочисленного программирования (ЦП) и смешанно-целочисленного программирования (СЦП);

— основы теории графов (хордальные и совершенные графы, раскраска, паросочетания);

уметь:

— формулировать NP-полные задачи и доказывать их принадлежность к классу NP;

— применять приближённые алгоритмы для задач упаковки, рюкзака и покрытия;

— строить линейные и целочисленные модели для оптимизационных задач;

— использовать метод ветвей и границ и методы отсечений для решения ЦП;

— решать задачи на графах (раскраска, паросочетания, кратчайшие пути) с помощью алгоритмических методов;

владеть:

— навыками анализа сложности алгоритмов и доказательства NP-трудности;

— методами релаксации и округления для построения приближённых решений;

— техникой симплекс-метода и двойственности в линейном программировании;

— алгоритмами прямо-двойственных методов и решения задач минимальной стоимости;

— подходами полуопределённого программирования и метаэвристик для сложных оптимизационных задач.

2. Перечень планируемых результатов обучения

Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) при проведении учебных занятий в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками Университета и в форме самостоятельной работы обучающихся:

Компетенция	Содержание компетенции	Индикатор компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)
УК-1.	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1.	Знает методы поиска и анализа информации в области искусственного интеллекта, основные принципы критической оценки источников информации и их релевантности.
		УК-1.2.	Умеет критически оценивать источники информации и синтезировать данные из различных источников для решения задач, применять системный подход к анализу и решению комплексных проблем
		УК-1.3.	Имеет практический опыт работы с современными инструментами и технологиями для обработки информации, формулировании и структурировании задач на основе полученной информации
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-2.1.	Знает действующие правовые нормы, регулирующие деятельность в области решения задач, основные методы и подходы к определению круга задач
		УК-2.2.	Умеет определять круг задач в рамках поставленной цели, выбирать оптимальные способы решения задач, учитывая имеющиеся ресурсы и ограничения
		УК-2.3.	Имеет практический опыт применения знаний о правовых нормах и ресурсах в реальных ситуациях, разработки и реализации решений в соответствии с установленными ограничениями
ОПК-1.	Способен находить, формулировать и решать актуальные и значимые проблемы прикладной и компьютерной математики	ОПК-1.1.	Знает основные методы и подходы к решению задач прикладной и компьютерной математики, включая алгоритмы, математическое моделирование и теорию оптимизации, а также современные инструменты и технологии, используемые в этой области

		ОПК-1.2.	Умеет анализировать и формулировать математические задачи, применять соответствующие методы и алгоритмы для их решения, а также интерпретировать и представлять результаты в понятной и доступной форме
		ОПК-1.3.	Имеет практический опыт работы над проектами или исследованиями в области прикладной и компьютерной математики, включая участие в конкурсах, олимпиадах или научных публикациях, где были решены актуальные и значимые задачи
ПК-1.	Способен формулировать задачи с математической точностью, обосновывать утверждения строго и анализировать полученные результаты в области математики и компьютерных наук	ПК-1.1.	Знает методы и подходы к формулированию задач, а также основные принципы математического доказательства и анализа результатов.
		ПК-1.2.	Умеет корректно ставить и формулировать математические задачи, применять строгие методы доказательства и анализировать полученные результаты.
		ПК-1.3.	Имеет опыт работы с задачами в области математики и компьютерных наук, включая применение математических методов для решения практических задач
ПК-2.	Способен решать типовые задачи профессиональной деятельности в области искусственного интеллекта, опираясь на информационную и библиографическую культуру, используя информационно-коммуникационные технологии и учитывая основные требования информационной безопасности	ПК-2.1.	Знает основы информационной и библиографической культуры, а также принципы информационной безопасности и применения информационно-коммуникационных технологий в профессиональной деятельности
		ПК-2.2.	Умеет эффективно использовать информационно-коммуникационные технологии для решения стандартных задач профессиональной деятельности, учитывая требования информационной безопасности
		ПК-2.3.	Имеет опыт работы с информационными ресурсами и технологиями в области искусственного интеллекта, включая соблюдение норм информационной безопасности

3. Тематический план

№п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Трудоемкость, академические часы				ТКУ (текущий контроль успеваемости)
		Очная форма				
		Аудиторная работа		Контроль	Самостоятельная работа	
		Лекции	Семинары (практические занятия)			
1	Труднорешаемые комбинаторные задачи и приближённые алгоритмы	7	7		31	Домашние задания Подготовка к семинару Контрольная работа
2	Математическое программирование и точные методы	8	8		31	Домашние задания Подготовка к семинару
3	Комбинаторная оптимизация на графах	8	8		31	Домашние задания Подготовка к семинару Контрольная работа
4	Современные релаксации и эвристические методы	7	7		31	Домашние задания Подготовка к семинару
	Экзамен			6		
	Итого:	***30***	***30***	***6***	***124***	
Объем дисциплины (модуля) (в ак. ч.)		***190***				
Объем дисциплины (модуля) (в зач. ед.)		***5***				

4. Содержание дисциплины (модуля)

№п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Содержание дисциплины (модуля) по темам
1	Труднорешаемые комбинаторные задачи и приближённые алгоритмы	Введение. NP-полные задачи, задача покрытия множествами. Задача об упаковке в контейнеры. Приближённые алгоритмы. Задача о рюкзаке и приближения
2	Математическое программирование и точные методы	Линейное программирование. Целочисленное и смешанно-целочисленное программирование. Метод ветвей и границ. Метод отсечений I. Метод отсечений II
3	Комбинаторная оптимизация на графах	Прямо-двойственные методы и кратчайшие пути. Взвешенные паросочетания и циркуляции минимальной стоимости. Раскраска графов I. Хордальные и совершенные графы. Раскраска графов II. Clique и Stable Set
4	Современные релаксации и эвристические методы	Полуопределённые релаксации. Квадратичные бинарные задачи. Программирование в ограничениях и метаэвристики

5. Учебно-методическое обеспечение

Университет располагает полным набором лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, включая продукты отечественного производства.

Каждый студент в течение всего периода обучения получает индивидуальный неограниченный доступ к электронно-библиотечной системе и электронной информационно-образовательной среде университета. Эти системы предоставляют возможность доступа к ресурсам из любой точки, где есть подключение к сети Интернет, как на территории университета, так и за его пределами.

Студентам обеспечен удаленный доступ к современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам.

Основная литература:

1. Методы оптимизации : учебник и практикум для вузов / Ф. П. Васильев, М. М. Потапов, Б. А. Будак, Л. А. Артемьева ; под редакцией Ф. П. Васильева. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 375 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-6157-7. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/560070.

2. Рафгарден, Т. Совершенный алгоритм. Алгоритмы для NP-трудных задач : практическое руководство / Т. Рафгарден. - Санкт-Петербург : Питер, 2021. - 304 с. - (Серия «Библиотека программиста»). - ISBN 978-5-4461-1799-4. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/1733515.

3. Толпегин, О. А. Математическое программирование. Вариационное исчисление : учебник для вузов / О. А. Толпегин. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 233 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-11755-4. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/562079.

4. Клековкин, Г. А. Геометрическая теория графов : учебное пособие для вузов / Г. А. Клековкин, Л. П. Коннова, В. В. Коннов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 165 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-21249-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/569368.

Дополнительная литература:

1. Сухарев, А. Г. Методы оптимизации : учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / А. Г. Сухарев, А. В. Тимохов, В. В. Федоров. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 367 с. — (Бакалавр и магистр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-3859-3. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/507818.

6. Материально-техническое обеспечение

Университет располагает материально-технической базой, соответствующей действующим противопожарным правилам и нормам и обеспечивающей проведение всех видов дисциплинарной и междисциплинарной подготовки, практической и научно-исследовательской работ обучающихся, предусмотренных учебным планом.

Помещения, которые представляют собой учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского (практического) типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы и помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования. Помещения укомплектованы специализированной

мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Изучение дисциплины (модуля) обеспечивается в учебных аудиториях, оснащенных:

— столами и стульями;
— компьютерной техникой;
— механическими калькуляторами;
— специализированным оборудованием, включая демонстрационное оборудование.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, в том числе приспособленные для использования инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья, оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Обучающимся предоставляется доступ (в том числе удаленный) к ресурсам информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», электронным ресурсам (в том числе электронным библиотечным системам, современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам):

№	Наименование портала (издания, курса, документа)	Ссылка
1.	Научная электронная библиотека elibrary.ru библиотека	https://elibrary.ru/defaultx.asp
2.	База данных для IT-специалистов	https://habr.com
3.	База данных ScienceDirect	https://www.sciencedirect.com
4.	Официальный сайт Министерства науки и высшего образования Российской Федерации	https://minobrnauki.gov.ru/
5.	Федеральный портал «Российское образование"	https://www.edu.ru/
6.	Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"	http://window.edu.ru/
7.	Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов	http://school-collection.edu.ru/
8.	Федеральный центр информационно - образовательных ресурсов	http://fcior.edu.ru/

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), в том числе комплект лицензионного программного обеспечения, современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

Наименование ПО	Производство	Лицензионное / свободно распространяемое
Операционные системы:		
Microsoft Imagine (Windows Client, Server)	зарубежное	лицензионное
Браузеры:		
Яндекс.Браузер	отечественное	свободно распространяемое
Google Chrome	зарубежное	свободно распространяемое
Офисные приложения:		
Microsoft Imagine (Visio, OneNote)	зарубежное	лицензионное
TeXstudio	зарубежное	свободно распространяемое
Adobe Acrobat Reader	зарубежное	свободно распространяемое
Программное обеспечение для планирования и учета времени:		
Toggle app	зарубежное	свободно распространяемое
Системы управления проектами:		
Microsoft Imagine (Project)	зарубежное	лицензионное

Системы управления базами данных:		
Microsoft Imagine (SQL Server)	зарубежное	лицензионное
Системы резервного копирования (backup):		
Acronis Backup Advanced for HyperV	зарубежное	лицензионное
Справочно-правовые системы:		
КонсультантПлюс: справочно-правовая система	отечественное	лицензионное
Средства антивирусной защиты:		
Kaspersky Endpoint Security для бизнеса Стандартный Russian Edition	отечественное	лицензионное
Среды разработки:		
Visual Studio Code	зарубежное	свободно распространяемое
Bash (Unix shell)	зарубежное	свободно распространяемое
Anaconda	зарубежное	свободно распространяемое
Robotic Operating System	зарубежное	свободно распространяемое
CopelliaSim	зарубежное	свободно распространяемое
Google Colaboratory	зарубежное	свободно распространяемое
Пакеты программных средств и библиотек:		
AutoPsy	зарубежное	свободно распространяемое
Interactive Disassembler (IDA)	зарубежное	свободно распространяемое
Системы управления библиографической информацией:		
Zotero	зарубежное	свободно распространяемое
Сервисы и службы:		
Bind	зарубежное	свободно распространяемое
Docker	зарубежное	свободно распространяемое

7. Методические и оценочные материалы

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

В процессе изучения дисциплины (модуля) «Методы дискретной оптимизации» в рамках текущего контроля успеваемости используются такие виды учебной работы, как лекции, семинары, контрольные работы, домашние задания, а также различные виды самостоятельной работы обучающихся по заданию преподавателя, направленные на развитие навыков профессиональной лексики, закрепление практических профессиональных компетенций, поощрение инициатив.

Лекция – систематическое, последовательное, монологическое изложение преподавателем учебного материала, как правило, теоретического характера.

В процессе лекций рекомендуется вести конспект лекций: кратко и схематично фиксировать основные идеи, выводы и обобщения лекции; выделять важные мысли, ключевые слова и термины. Необходимо отметить вопросы или материалы, которые вызывают затруднения, и попытаться найти ответы в рекомендованной литературе. Если разобраться в материале не удается, следует сформулировать вопрос и задать его преподавателю на консультации или во время семинарского (практического) занятия.

Участие в семинаре – активная работа студента на семинаре, его ответы на вопросы преподавателя и участие в дискуссии.

Для успешного участия в семинаре студентам рекомендуется заранее ознакомиться с темой обсуждения, прочитать необходимые материалы и подготовить вопросы. Важно активно слушать и вовлекаться в дискуссию, высказывая свои мнения и аргументируя их. При ответах на вопросы преподавателя стоит быть уверенным, четким и логичным, опираясь на изученный материал. Также полезно поддерживать диалог с однокурсниками, чтобы обогатить обсуждение и расширить свои знания.

Домашнее задание – набор задач по темам недели.

При работе над домашними заданиями важно внимательно ознакомиться с требованиями и сроками выполнения. Рекомендуется разбивать задания на этапы, чтобы избежать перегрузки и лучше усвоить материал. Использовать различные источники информации, включая учебники и онлайн-ресурсы, для более глубокого понимания темы.

Контрольная работа – письменная работа с набором задач, которые нужно решить за ограниченное время.

Цель контрольной работы – получить специальные знания по одной или нескольким темам дисциплины и продемонстрировать навыки их практического применения.

Самостоятельная работа – работа студентов, направленная на углубленное изучение отдельных тем и вопросов учебной дисциплины (модуля).

В процессе самостоятельной работы студенты взаимодействуют с рекомендованными материалами при минимальном участии преподавателя. Задачи студента включают работу с конспектами лекций (обработка текста), повторное изучение учебных материалов, планов и тезисов ответов, изучение дополнительных тем, выполнение учебно-исследовательских заданий и другое.

Система оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

Критерии получения уровня и оценивания сформированности компетенций по дисциплине (модулю) «Методы дискретной оптимизации»

Оценивание уровня учебных достижений, обучающихся по дисциплине (модулю), осуществляется в виде текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация по дисциплине (модулю) осуществляется в форме ***экзамена***, при этом проводится оценка компетенций, сформированных по дисциплине.

Для оценивания текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации используется десятибалльная шкала оценивания, которая соотносится с традиционной пятибалльной шкалой следующим образом:

Десятибалльная оценка	Пятибалльная оценка	Общая характеристика результата обучения по дисциплине (модулю)
10	Отлично	Студент полностью владеет знаниями, изложенными в рабочей программе, и глубоко осмысляет дисциплину. Он самостоятельно и логически последовательно отвечает на все вопросы, акцентируя внимание на наиболее важном. Умеет анализировать, сравнивать, классифицировать, обобщать, конкретизировать и систематизировать изученный материал, выделяя ключевые моменты и устанавливая причинно-следственные связи. Четко формулирует ответы, уверенно интерпретирует результаты анализов и других исследований, а также решает сложные задачи. Студент хорошо знаком с методами исследования, необходимыми для практической деятельности, и умеет связывать теоретические аспекты дисциплины (модуля) с практическими задачами.
9	Отлично	
8	Отлично	
7	Хорошо	Студент обладает знаниями предмета почти в полном объеме рабочей программы и самостоятельно, логически последовательно и всесторонне отвечает на все вопросы, акцентируя внимание на наиболее значимых моментах. Он
6	Хорошо	

Десятибалльная оценка	Пятибалльная оценка	Общая характеристика результата обучения по дисциплине (модулю)
		умеет анализировать, сравнивать, классифицировать, обобщать, конкретизировать и систематизировать изученный материал, выделяя его ключевые аспекты и устанавливая причинно-следственные связи. Формулирует свои ответы, уверенно интерпретирует результаты анализов и других исследований, а также решает сложные ситуационные задачи. Студент хорошо знаком с методами исследования, необходимыми для практической деятельности, и умеет связывать теоретические аспекты предмета с практическими задачами.
5	Удовлетворительно	Студент обладает базовыми знаниями по дисциплине (модулю), но испытывает трудности при самостоятельных ответах и использует неточные формулировки. В ходе ответов он допускает ошибки, касающиеся сути вопросов. Студент способен решать только самые простые задачи и владеет лишь минимальным набором методов исследования.
4	Удовлетворительно	
3	Не сдан	Студент не овладел обязательным минимумом знаний по предмету и не может ответить на вопросы, даже если преподаватель задает дополнительные наводящие вопросы.
2	Не сдан	
1	Не сдан	

Дисциплина (модуль) «Методы дискретной оптимизации» оценивается следующим образом:

Активность	Вес	Описание
Домашние задания	20%	Набор задач по темам недели
Контрольные работы	40%	Письменная работа с набором задач, которые нужно решить за ограниченное время
Активность на семинаре	15%	Активная работа студента на семинаре, его ответы на вопросы преподавателя и участие в дискуссии
Экзамен	35%	Письменная или устная работа над заданием, направленным на проверку полученных знаний и навыков по дисциплине (модулю)

Формула расчёта итоговой оценки по дисциплине (модулю) «Методы дискретной оптимизации»: «0,2 × среднее за домашние задания + 0,4 × среднее за контрольные работы + 0,15× среднее за активность на семинаре + 0,35 × за экзамен».

Текущий контроль успеваемости обучающихся по дисциплине (модулю)

Примерные домашние задания

Домашнее задание по теме «Задача об упаковке в контейнеры. Приближённые алгоритмы»

1. Реализуйте жадный алгоритм для задачи упаковки в контейнеры и протестируйте его на наборе тестовых данных.
2. Сравните результаты жадного алгоритма и алгоритма первого подходящего контейнера (First-Fit) на одинаковых входных данных.
3. Исследуйте влияние сортировки предметов по убыванию размера (First-Fit Decreasing) на качество решения задачи упаковки.

4. Разработайте и реализуйте алгоритм приближения для задачи упаковки с ограничением на максимальное количество контейнеров.

5. Проанализируйте оценку аппроксимации для одного из рассмотренных приближённых алгоритмов и подтвердите её экспериментально.

Домашнее задание по теме «Задача о рюкзаке и приближения»

1. Сформулируйте задачу о рюкзаке (0-1) и реализуйте динамическое программирование для её решения.

2. Разработайте и реализуйте приближённый алгоритм с гарантией качества (FPTAS) для задачи о рюкзаке.

3. Сравните точное и приближённое решения задачи о рюкзаке на различных наборах данных.

4. Проанализируйте влияние параметров приближённого алгоритма на качество и время решения.

5. Решите задачу о рюкзаке с несколькими ограничениями (многомерный рюкзак) с помощью эвристического метода.

Домашнее задание по теме «Линейное программирование»

1. Сформулируйте и решите задачу линейного программирования методом симплекс для заданной прикладной задачи.

2. Реализуйте метод двойственного симплекса и сравните его с классическим симплекс-методом на примерах.

3. Исследуйте влияние выбора базисного решения на скорость сходимости симплекс-метода.

4. Используя графический метод, решите задачу линейного программирования с двумя переменными и визуализируйте область допустимых решений.

5. Проведите анализ чувствительности решения задачи линейного программирования при изменении коэффициентов целевой функции.

Домашнее задание по теме «Целочисленное и смешанно-целочисленное программирование»

1. Сформулируйте задачу целочисленного программирования и решите её с помощью метода ветвей и границ.

2. Реализуйте смешанно-целочисленное программирование для задачи планирования производства с дискретными ограничениями.

3. Исследуйте влияние параметров отсечения на эффективность метода отсечений в решении целочисленных задач.

4. Сравните методы ветвей и границ и отсечений на примерах задач смешанного целочисленного программирования.

5. Разработайте и протестируйте гибридный алгоритм, сочетающий методы ветвей и границ с эвристиками для решения сложной задачи.

Примерный перечень вопросов для подготовки к семинарам

1. Что такое NP-полные задачи? Приведите пример и объясните, почему Set Cover является NP-полной задачей.

2. Опишите жадный алгоритм для задачи покрытия множествами и докажите его аппроксимационную гарантию.

3. В чём заключается задача Bin Packing и почему она сложна для точного решения?

4. Объясните разницу между жадными алгоритмами и APTAS/AFPTAS для задачи упаковки.

5. Как работает классический динамический программирование для 0/1 Knapsack?

6. Что такое FPTAS для задачи рюкзака и как достигается баланс между точностью

и временем работы?

7. Опишите основные шаги симплекс-метода и его преимущества по сравнению с другими методами.

8. Сформулируйте условия двойственности в линейном программировании и приведите пример.

9. Что такое LP-релаксация и как она используется для приближённого решения целочисленных задач?

10. Объясните понятие интегральности и приведите пример задачи с интегральным полидромом.

11. Как работает метод ветвей и границ на примере задачи рюкзака?

12. Какие оценки (bounds) используются для отсечения ветвей и как они вычисляются?

13. Что такое Gomory cuts и как они улучшают решение целочисленных задач?

14. Объясните, что такое cover inequalities и приведите пример их использования.

15. Опишите метод lift-and-project и его роль в улучшении LP-релаксаций.

16. Назовите другие классы valid inequalities и их применение.

17. Как работает алгоритм Дейкстры для поиска кратчайших путей?

18. Объясните duality-based подходы к задачам с циклами минимальной средней стоимости.

19. Что такое остаточные сети и как они используются в алгоритмах проталкивания?

20. Опишите алгоритм Карпа для нахождения циркуляций минимальной стоимости.

21. Что такое совершенные графы? Приведите их характеристику.

22. Какие алгоритмы используются для раскраски хордальных графов?

23. Как связаны задачи поиска клики и устойчивого множества с раскраской графа?

24. Что такое theta-функция и как она используется для релаксаций задач раскраски?

25. Что такое SDP-релаксация и как она применяется к задаче Max-Cut?

26. Приведите пример использования SDP для задач на графах.

27. Что такое QUBO и какие задачи сводятся к этой формулировке?

28. Опишите методы локального поиска для решения задач клики и Max-Cut.

29. Что такое constraint programming и как он применяется в дискретной оптимизации?

30. Опишите основные принципы работы метаэвристик: отжига и генетических алгоритмов.

Примерные задания для контрольной работы

Контрольная работа 1: Труднорешаемые комбинаторные задачи и приближённые алгоритмы

1. Докажите, что задача покрытия множествами является NP-полной.

2. Опишите алгоритм приближённого решения задачи об упаковке в контейнеры с коэффициентом 2.

3. Решите задачу о рюкзаке с предметами: веса [2,3,4], стоимости [3,4,5], вместимость 5, используя жадный алгоритм.

4. Приведите пример NP-полной задачи, отличной от покрытия множествами.

5. Оцените относительную ошибку приближённого алгоритма для задачи о рюкзаке с полностью полиномиальным приближением.

6. Сформулируйте задачу покрытия множествами в терминах теории множеств.

7. Опишите простой приближённый алгоритм для задачи об упаковке в контейнеры.

8. Является ли задача о рюкзаке NP-полной? Объясните.

9. Приведите пример приближённого алгоритма для NP-трудной задачи с гарантированным коэффициентом.

10. Рассчитайте коэффициент приближения для жадного алгоритма в задаче о рюкзаке с дробными предметами.

Контрольная работа 2: Комбинаторная оптимизация на графах

1. Опишите алгоритм Дейкстры для нахождения кратчайших путей в графе.
2. Решите задачу о максимальном паросочетании в графе с рёбрами {(1,2),(2,3),(3,4)}.
3. Является ли полный граф K4 хордальным? Объясните.
4. Найдите минимальную раскраску для графа C4 (цикл из 4 вершин).
5. Опишите задачу о максимальном клике в графе.
6. Примените алгоритм Форда-Фалкерсона к задаче о максимальном потоке в простом графе.
7. Является ли граф с вершинами 1-2-3 и рёбрами 1-2,2-3 совершенным?
8. Найдите стабильное множество максимального размера в графе с 3 вершинами и рёбрами 1-2,2-3.
9. Опишите прямо-двойственный метод для задачи о кратчайших путях.
10. Рассчитайте минимальную стоимость циркуляции в графе с циклами.

Задания для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

№ п/п	Задание	Ответ	Компетенция
1	Укажите класс сложности для задачи покрытия множествами.	NP-полная	ОПК-1
2	Определите приближённый алгоритм для задачи об упаковке в контейнеры.	first-fit	ОПК-1
3	Найдите оптимальное решение задачи о рюкзаке для предметов весом [1,2,3] и вместимости 4.	4	ОПК-1
4	Укажите метод решения целочисленного линейного программирования.	метод ветвей и границ	ОПК-1
5	Определите метод, используемый для решения смешанно-целочисленного программирования.	метод отсечений	УК-1
6	Укажите алгоритм для нахождения кратчайших путей в графе.	алгоритм Дейкстры	УК-1
7	Найдите минимальную стоимость паросочетания для графа с двумя вершинами и ребром веса 5.	5	УК-1
8	Определите хроматическое число для клики размера 3.	3	УК-1
9	Укажите тип релаксации для квадратичных бинарных задач.	полуопределённая	УК-2
10	Определите метаэвристику для комбинаторной оптимизации.	генетический алгоритм / simulated annealing	УК-2
11	Найдите число хордальных графов для двух вершин.	2	УК-2
12	Укажите метод для раскраски совершенных графов.	жадный алгоритм	УК-2
13	Определите алгоритм для задачи о максимальном клике.	алгоритм Брона-Кербоша	ПК-1
14	Укажите, как методы дискретной оптимизации применяются в машинном обучении для выбора признаков.	feature selection	ПК-1
15	Найдите приближённый коэффициент для задачи о рюкзаке в контексте оптимизации моделей ML.	2	ПК-1
16	Определите роль программирования в ограничениях в обучении с подкреплением.	моделирование состояний	ПК-1
17	Укажите инструмент ИКТ для решения задач линейного программирования.	CPLEX / Gurobi	ПК-2
18	Определите принцип информационной безопасности при использовании облачных сервисов для оптимизации.	шифрование данных	ПК-2

19	Найдите способ применения библиографической культуры при поиске алгоритмов оптимизации в базах данных.	индексация по ключевым словам	ПК-2
20	Укажите тип задачи, решаемой с помощью эвристических методов в ИИ.	NP-трудная	ПК-2