

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 25.08.2023 14:55:10

Уникальный идентификатор документа:

d7a26b9e8ca85e98ec3de2eb454b4659d061f249

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования**

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Комбинаторика и теория графов

Закреплена за подразделением

Кафедра инженерной кибернетики

Направление подготовки

01.03.04 ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА

Профиль

Алгоритмы и методы наукоемкого программного обеспечения

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

3 ЗЕТ

Часов по учебному плану

108

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

зачет с оценкой 3

аудиторные занятия

51

самостоятельная работа

57

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	3 (2.1)		Итого	
	Неделя			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	34	34	34	34
Практические	17	17	17	17
Итого ауд.	51	51	51	51
Контактная работа	51	51	51	51
Сам. работа	57	57	57	57
Итого	108	108	108	108

Программу составил(и):

Препод., Куренков Владимир Вячеславович; асс., Островская Александра Сергеевна

Рабочая программа

Комбинаторика и теория графов

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 01.03.04 ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА (приказ от 02.04.2021 г. № 119 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

01.03.04 ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА, 01.03.04-БПМ-23.plx Алгоритмы и методы наукоемкого программного обеспечения, утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

01.03.04 ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА, Алгоритмы и методы наукоемкого программного обеспечения, утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

Кафедра инженерной кибернетики

Протокол от 23.06.2022 г., №11

Руководитель подразделения Ефимов Альберт Рувимович

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

1.1	Цель – изучить основные классы методов решения дискретных задач. Освоить эффективные алгоритмы решения представительного набора задач. Познакомиться с методами оценки качества алгоритмов, с оценками трудоемкости, с теорией NP-полноты. Овладеть структурами данных, применяемых для эффективной реализации комбинаторных алгоритмов.
-----	--

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:		Б1.О
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Компьютерная и инженерная графика	
2.1.2	Объектно-ориентированное программирование	
2.1.3	Основы дискретной математики	
2.1.4	Вычислительные машины, сети и системы	
2.1.5	Программирование и алгоритмизация	
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	
2.2.1	Алгоритмы дискретной математики	
2.2.2	Математическое моделирование	
2.2.3	Основы электротехники и электроники	
2.2.4	Теория систем автоматического управления	
2.2.5	Теория случайных процессов	
2.2.6	Функциональный анализ	
2.2.7	Численные методы	
2.2.8	Дискретные и нелинейные системы автоматического управления	
2.2.9	Имитационное моделирование	
2.2.10	Методы и средства обработки изображений	
2.2.11	Методы оптимизации	
2.2.12	Прикладной статистический анализ	
2.2.13	Фрактальный анализ	
2.2.14	Введение в разработку приложений дополненной и виртуальной реальностей	
2.2.15	Нейронные сети	
2.2.16	Обработка естественного языка	
2.2.17	Системный анализ и принятие решений	
2.2.18	Экспертные и рекомендательные системы	
2.2.19	Искусственный интеллект и мультиагентные системы	
2.2.20	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.21	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.22	Преддипломная практика для апробации темы выпускной квалификационной работы	
2.2.23	Преддипломная практика для апробации темы выпускной квалификационной работы	
2.2.24	Специальные главы математики для Computer Science	

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

ОПК-1: Способен применять знание фундаментальной математики и естественно-научных дисциплин при решении задач в области естественных наук и инженерной практике

Знать:

ОПК-1-31 Знать основные способы представления графов в компьютере и основные приемы, используемые для эффективного программирования задач на графах.

Знать основные эффективные алгоритмы для решения задач комбинаторной оптимизации и теории графов.

Уметь:

ОПК-1-У1 Исследовать и проводить анализ дискретной задачи, выбирать алгоритм для ее эффективного решения.

Уметь проверять NP-полноту дискретных задач и оценивать трудоемкость и качество алгоритмов.

Применять типовые алгоритмы и структуры данных для решения прикладных задач.

Проектировать эффективные структуры данных для решения дискретных задач, позволяющих уменьшить память, используемую для представления информации или снизить трудоемкость используемого алгоритма.

Эффективно осуществлять обмен информацией и решать задачи межличностного и межкультурного взаимодействия в обществе в целом и профессиональном сообществе; работать индивидуально и в качестве члена команды.
Самостоятельно работать с литературой для изучения методов и алгоритмов комбинаторики и теории графов.

Владеть:

ОПК-1-В1 Владеть навыками разработки алгоритмов для решения прикладных задач. Рассчитывать оценку их трудоемкости и эффективности использования.

Владеть навыками реализации переборных методов.

Владеть навыками индивидуальной и командной работы. Демонстрировать личную ответственность, готовность к самосовершенствованию и повышению своей квалификации.

Владеть навыками построения, отладки, тестирования и документирования программного обеспечения.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	Раздел 1. Комбинаторные алгоритмы оптимизации							
1.1	Алгоритмы: классификация, сложность (трудоемкость). /Лек/	3	2	ОПК-1-31 ОПК-1-У1	Л1.1Л2.1			
1.2	Представление сетей в компьютере. /Лек/	3	2	ОПК-1-31 ОПК-1-У1	Л1.1Л2.1			
1.3	Алгоритм нахождения компонент связности графа. Поиск в глубину. /Лек/	3	2	ОПК-1-31 ОПК-1-У1	Л1.1Л2.1			
1.4	Задача построения кратчайшего связывающего дерева. Алгоритм Краскала. Система не пересекающихся множеств. /Лек/	3	4	ОПК-1-31 ОПК-1-У1	Л1.1Л2.1			
1.5	Алгоритм построения стабильного бракосочетания. /Лек/	3	2	ОПК-1-31 ОПК-1-У1	Л1.1Л2.1			
1.6	Задача построения кратчайших путей. Поиск в ширину. Алгоритм Дейкстры. Алгоритм Беллмана - Форда. Алгоритм Левита. /Лек/	3	8	ОПК-1-31 ОПК-1-У1	Л1.1Л2.1			
1.7	Куча. Пирамидальная сортировка. /Лек/	3	2	ОПК-1-31 ОПК-1-У1	Л1.1Л2.1			
1.8	Деревья поиска. Сбалансированные деревья поиска: AVL-дерево, Красно-чёрное дерево. Декартово дерево. /Лек/	3	6	ОПК-1-31 ОПК-1-У1	Л1.1Л2.1			
1.9	Потоки. Задача построения максимального потока в сети. Алгоритм Форда-Фалкерсона. Алгоритм Эдмондса-Карпа. Алгоритм Диницы. /Лек/	3	6	ОПК-1-31 ОПК-1-У1	Л1.1Л2.1			
1.10	Реализация алгоритмов на представление сетей в компьютере. Поиск в ширину. /Пр/	3	2	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.1Л2.1			P1
1.11	Разработка и реализация алгоритма нахождения компонент связности графа. Поиск в глубину. /Пр/	3	2	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.1Л2.1			P2

1.12	Разработка и реализация алгоритма построения минимального остовного дерева. Задача объединить-найти. /Пр/	3	2	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.1Л2.1			Р3
1.13	Разработка и реализация алгоритма построения дерева кратчайших расстояний. /Пр/	3	4	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.1Л2.1		КМ1	Р4
1.14	Разработка и реализация Кучи. Пирамидальная сортировка. /Пр/	3	3	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.1Л2.1		КМ2	Р5
1.15	Разработка и реализация сбалансированного дерева поиска. /Пр/	3	4	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.1Л2.1		КМ3	Р6
1.16	Решение задач по пройденным темам. /Ср/	3	36	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.1Л2.1			
1.17	Подготовка доклада и презентации по выбранному алгоритму. /Ср/	3	21	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л2.1			

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
КМ1	КР-1 "Деревья кратчайших расстояний во взвешенном графе"	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1	Представление сетей в компьютере. Почему плохи матрицы смежности и инцидентности. Список пучков дуг. Список смежности. Метод поиска в глубину на графе. Алгоритм построения компонент связности. Обоснование алгоритма. Оценка сложности. Задача построения кратчайших путей. Метод поиска в ширину. Алгоритм построения кратчайших путей на сети с единичными длинами. Обоснование. Оценка сложности. Задача построения кратчайших путей. Алгоритм Дейкстры. Обоснование. Оценка сложности $O(n^2)$. Реализация за $O(n \log n)$. Реализация алгоритма Дейкстры при помощи черпаков. Оценка сложности $O(m+nC)$. Техника реализации черпаков в алгоритме Дейкстры. Операции с черпаками. Алгоритм Беллмана-Форда построения кратчайших расстояний. Оценка сложности $O(m^2n)$.
КМ2	КР-2 "Сбалансированные деревья поиска. Бинарная Куча."	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1	АВЛ-деревья. Алгоритм добавления элемента и корректировки АВЛ-деревя. Кучи. Представление кучи в компьютере. Элементарные операции: добавить, удалить MIN, удалить, элемент уменьшился, элемент увеличился - алгоритмы, оценки сложности. Алгоритм окучивания массива - оценка сложности окучивания $O(n)$. Алгоритм сортировки "heapsort" - пирамидальная сортировка. Оценка сложности - $O(n \log n)$. Деревья поиска, их представление в компьютере. Алгоритм поиска элемента. Добавление элемента в дерево. Удаление элемента из дерева. АВЛ-деревья. Оценка высоты АВЛ-деревя.

КМЗ	Коллоквиум Доклад и презентация по выбранному алгоритму.	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1	<p>Представление сетей в компьютере. Почему плохи матрицы смежности и инцидентности. Сеть "навалом". Список пучков дуг. Список смежности.</p> <p>Алгоритм со сложностью $O(m)$ упорядочения дуг сети по начальной вершине.</p> <p>Задача "объединить-найти". Наивный алгоритм решения с оценкой $O(n^2)$. Алгоритм со сложностью $O(n \log n)$.</p> <p>Задача "объединить-найти". Система не пересекающихся множеств. Алгоритм со сжатием путей сложности $O(n \cdot G(n))$.</p> <p>Задача построения кратчайшего связывающего дерева. Алгоритм Краскала. Обоснование. Оценка сложности с использованием задачи "объединить-найти".</p> <p>Метод поиска в глубину на графе. Алгоритм построения компонент связности. Обоснование алгоритма. Оценка сложности.</p> <p>Задача построения кратчайших путей. Метод поиска в ширину. Алгоритм построения кратчайших путей на сети с единичными длинами. Обоснование. Оценка сложности.</p> <p>Задача построения кратчайших путей. Алгоритм Дейкстры. Обоснование. Оценка сложности $O(n^2)$. Реализация за $O(n \log n)$.</p> <p>Реализация алгоритма Дейкстры при помощи черпаков. Оценка сложности $O(m+n \cdot C)$. Техника реализации черпаков в алгоритме Дейкстры. Операции с черпаками.</p> <p>Алгоритм Беллмана-Форда построения кратчайших расстояний. Оценка сложности $O(m \cdot n)$.</p> <p>АВЛ-деревья. Алгоритм добавления элемента и корректировки АВЛ-деревья.</p> <p>Кучи. Представление кучи в компьютере. Элементарные операции: добавить, удалить MIN, удалить, элемент уменьшился, элемент увеличился - алгоритмы, оценки сложности. Алгоритм окучивания массива - оценка сложности окучивания $O(n)$.</p> <p>Алгоритм сортировки "heapsort" - пирамидальная сортировка. Оценка сложности - $O(n \log n)$.</p> <p>Деревья поиска, их представление в компьютере. Алгоритм поиска элемента. Добавление элемента в дерево. Удаление элемента из дерева.</p> <p>АВЛ-деревья. Оценка высоты АВЛ-деревья.</p>
-----	---	----------------------------	--

5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)

Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
Р1	ПР Реализация алгоритмов на представление сетей в компьютере. Поиск в ширину.	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1	Разработать класс Graph, реализующий представление ориентированного взвешенного графа в виде структуры данных: список ребер, список дуг, список смежности, список пучков дуг.
Р2	ПР Разработка и реализация алгоритма нахождения компонент связности графа. Поиск в глубину.	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1	Поиск в глубину. Радиус дерева. Диаметр дерева.
Р3	ПР Разработка и реализация алгоритма построения минимального остовного дерева. Задача объединить-найти.	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1	Реализовать алгоритм построения минимального остовного дерева для взвешенного связного ориентированного графа алгоритмом Краскала. Система не пересекающихся множеств.

P4	ПР Разработка и реализация алгоритма построения дерева кратчайших расстояний.	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1	Реализовать алгоритм построения дерева кратчайших путей от заданной вершины до всех достижимых для связного ориентированного графа с единичными длинами дуг. Поиск в ширину. Реализовать алгоритм построения дерева кратчайших путей от заданной вершины до всех достижимых для связного ориентированного графа с положительными длинами дуг. Алгоритмом Дейкстры. Реализовать алгоритм построения дерева кратчайших путей от заданной вершины до всех достижимых для связного ориентированного графа с отрицательными длинами дуг. Алгоритмом Беллмана - Форда. Алгоритм Левита.
P5	ПР Разработка и реализация Кучи. Пирамидальная сортировка.	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1	Кучи. Представление кучи в компьютере. Элементарные операции: добавить, удалить MIN, удалить, элемент уменьшился, элемент увеличился - алгоритмы, оценки сложности. Алгоритм окучивания массива - оценка сложности окучивания O(n).
P6	ПР Разработка и реализация сбалансированного дерева поиска.	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1	Деревья поиска, их представление в компьютере. Алгоритм поиска элемента. Добавление элемента в дерево. Удаление элемента из дерева. АВЛ-деревья. Оценка высоты АВЛ-дерева.
P7	ДЗ1: Подготовка к докладу по выбранному алгоритму.	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1	

5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)

ПР-1, ПР-2, ПР-3, ПР-4, ПР-5, ПР-6

Зачёт с оценкой ставится по итогам трёх работ в течении семестра:

КР-1 Контрольная работа, по теме "Деревья кратчайших расстояний во взвешенном графе". Письменная 1 час.

КР-2 Контрольная работа, по темам "Сбалансированные деревья поиска. Бинарная Куча.". Устная 1 час.

Коллоквиум Презентация по выбранной теме.

5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)

Шкала оценивания сформированности компетенций включает 4 уровня с оценками: отлично, хорошо, удовлетворительно, неудовлетворительно.

Критерии оценивания выполнения практических работ.

Практическая работа считается выполненной если:

Даны исчерпывающие и обоснованные ответы на все поставленные вопросы, разработанная на компьютере программа не содержит ошибок, соответствует заданию

Проводится три контрольных мероприятий:

КР-1 Контрольная работа, по теме "Деревья кратчайших расстояний во взвешенном графе". Письменная 1 час.

КР-2 Контрольная работа, по темам "Сбалансированные деревья поиска. Бинарная Куча.". Устная 1 час.

Коллоквиум Презентация по выбранной теме.

Успешная сдача каждого контрольного мероприятия оценивается в 1 балл.

Оценку отлично получает студент сдавший все три контрольных мероприятия.

Оценку хорошо получает студент сдавший два из трёх контрольных мероприятий.

Оценку удовлетворительно получает студент сдавший одно из трёх контрольных мероприятий.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Черкасский Б. В.	Комбинаторные алгоритмы: курс лекций	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2006

6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
--	---------------------	----------	------------	-------------------

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Седжвик Р.	Алгоритмы на C++: курс лекций	Электронная библиотека	Москва: Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2016

6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Microsoft Office
П.2	LMS Canvas
П.3	Microsoft Visual Studio 2015

6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
Б-902	Учебная аудитория	12 стационарных компьютеров (2 x core i5-3470 8gb RAM, 10 x ryzen5 2400g 32gb RAM), пакет лицензионных программ MS Office, демонстрационное оборудование: доска, проектор мультимедийный, комплект учебной мебели на 19 мест
Б-904а	Компьютерный класс	20 стационарных компьютеров (core i5-3470 8gb RAM), пакет лицензионных программ MS Office, демонстрационное оборудование: доска, проектор мультимедийный, экран, колонки, комплект учебной мебели
Б-934	Лекционная аудитория	4 кабины для синхронного перевода, мультимедийные экраны и проектор, ноутбук, пакет лицензионных программ MS Office, комплект учебной мебели на 130 посадочных мест
Читальный зал электронных ресурсов		комплект учебной мебели на 55 мест для обучающихся, 50 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Освоение дисциплины требует значительного объема самостоятельной работы. Отдельные учебные вопросы выносятся на самостоятельную проработку и контролируются посредством текущей аттестации. При этом организуются групповые и индивидуальные консультации.

Качественное освоение дисциплины возможно только при систематической самостоятельной работе, что поддерживается защитой лабораторных работ.

Самостоятельная работа обучающихся направлена на углубленное изучение тем дисциплины и предполагает изучение основных и дополнительных источников учебной и научной литературы. Полученные знания и навыки в дальнейшем будут использованы при выполнении студенческих научных исследований и стать основой для выступления на студенческих научно-практических конференциях, конкурсах студенческих работ, при подготовке ВКР и пр.