

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО

**Директор физтех-школы
прикладной математики и
информатики**

А.М. Райгородский

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Практикум по алгоритмам на графах и динамическому программированию
по направлению:	Информатика и вычислительная техника
профиль подготовки:	Системное программирование и прикладная математика Физтех-школа Прикладной Математики и Информатики кафедра алгоритмов и технологий программирования
курс:	2
квалификация:	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 3 (осенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 0 час.

семинары: 30 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 60 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Программу составил: С.Л. Бабичев, канд. физ.-мат. наук, доцент

Программа обсуждена на заседании кафедры алгоритмов и технологий программирования 07.04.2022

Аннотация

Курс существенно опирается на теоретический аппарат, изучаемый студентами на курсе "Алгоритмы на графах и динамическое программирование".

В нём закрепляются на практике все теоретические положения параллельно изучаемого курса. Реализуются структуры на графах и решаются задачи с применением метода динамического программирования.

Дисциплина включает подробное освещение теоретической стороны алгоритмов, разбор и тренировка решений практических задач, а также предполагает самостоятельное изучение студентами материала предмета через решение домашних теоретических и практических задач.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

Целями дисциплины являются привитие практических навыков при проектировании и анализе алгоритмов и структур данных, воспитание дисциплины программирования, основанной на разделении задач на более простые с последующим их синтезом, подготовка студентов с практической реализацией алгоритмов и структур данных, применяющихся для решения задач на темы хеш-функций и хеш-таблиц, динамического программирования и графов. Закрепляются навыки построения алгоритмов из уже известных составных частей, навыки обоснования корректности алгоритмов, их практической реализации, теоретической и экспериментальной оценки их временной сложности, ознакомление студентов с сложными алгоритмами, применяемыми в практической деятельности: задачи из теории чисел, поиска данных, сжатия информации, вычислительной геометрии и эвристические алгоритмы решения сложных задач. Закрепляются навыки построения алгоритмов из уже известных составных частей, навыки обоснования корректности алгоритмов, их практической реализации, теоретической и экспериментальной оценки их временной сложности.

Задачи дисциплины

- научить формулировать задачи в терминах изученных теорий, выбирать подходящий алгоритм для поставленной задачи;
- научить разрабатывать композиции алгоритмов для решения поставленных задач, оценивать сложности алгоритмов, выбирать подходящие структуры данных для поставленных задач, реализовывать алгоритмы на языке программирования C.
- закрепить на практике такие разделы алгоритмики, как хеш-таблицы, динамическое программирование и графы;
- научить разрабатывать композиции алгоритмов для решения поставленных задач, оценивать сложности алгоритмов, выбирать подходящие структуры данных для поставленных задач, реализовывать алгоритмы на языках программирования C и C++.
- изучить такие разделы, как прикладные задачи теории чисел и комбинаторики, поисковые задачи на строках, сжатие текста, вычислительная геометрия и эвристические алгоритмы.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
ОПК-2 Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности	ОПК-2.1 Способен применять современные вычислительную технику и сервисы сети Интернет в области (сфере) профессиональной деятельности
ОПК-4 Способен осуществлять сбор и обработку научно-технической и (или)	ОПК-4.1 Владеет методами научного поиска и интеллектуального анализа информации при решении задач профессиональной деятельности

технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач	ОПК-4.2 Знает основные источники научно-технической и (или) технологической информации в области профессиональной деятельности
ПК-2 Способен самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого коллектива организовывать и проводить научные исследования и их апробацию	ПК-2.1 Знает принципы построения научной работы, методы сбора и анализа полученного материала, способы аргументации

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- определения ассимптотик в O-нотации;
- способы реализации и применения линейных структур данных;
- алгоритмы быстрой и поразрядной сортировки и их применение;
- методы построения и основные свойства деревьев поиска;
- классификацию и сферы применения хеш-функций;
- организацию и использование хеш-таблиц;
- условия возникновения задачи динамического программирования;
- сведение задачи динамического программирования к функции Беллмана;
- виды задач динамического программирования и методы их решения;
- понятие графов и организацию их хранения;
- алгоритмы обхода графов;
- алгоритмы нахождения специальных элементов в графах;
- алгоритмы нахождения минимальных остовных деревьев;
- алгоритмы нахождения кратчайших путей в графах;
- алгоритмы нахождения потоков в графах;
- алгоритмы нахождения минимальных разрезов и максимальных потоков в графах.
- строго доказывать утверждения о корректности алгоритмов;
- применять необходимую технику для решения алгоритмических задач;
- основы теории чисел в применении к информационным технологиям;
- быстрые алгоритмы работы с длинными числами и матрицами;
- применение алгоритмов теории чисел к задачам криптографии;
- методы комбинаторного поиска;
- Z-функцию и префикс-функцию и их применение;
- структуру данных бор и алгоритм Ахо-Корасик;
- суффиксное дерево и суффиксный автомат;
- алгоритмы сжатия информации: Huffman, LZ77, LZ78, BWT, Arithmetic coding;
- алгоритмы вычислительной геометрии: нахождение выпуклой оболочки, триангуляцию, поиск на плоскости;
- методы приближённого решения NP-сложных задач;

уметь:

- реализовывать на языке программирования Си такие структуры данных, как стек, дек, очередь, вектор, бинарная куча, случайное дерево поиска, сбалансированное дерево поиска.
- применять необходимые алгоритмы для решения конкретных задач;
- определять точки декомпозиции и синтеза в практической реализации алгоритмов;
- применять необходимую технику для решения алгоритмических задач;
- находить правильную организацию хеш-таблиц и верно выбирать хеш-функцию для решения задач, связанных с организацией данных и их поиском;
- выбирать верную декомпозицию задачи динамического программирования, приводящую к минимальному пространству аргументов;
- выбирать правильную организацию структур данных для представления графов для применения в конкретном алгоритме;
- выбирать наиболее эффективные алгоритмы для решения задач на графах;
- реализовывать эффективную работу с большими числами;
- осуществлять методы комбинаторного поиска;
- реализовывать алгоритмы быстрого поиска в строках и преобразовывать информацию для более компактного хранения (сжатие информации);
- реализовывать изученные методы вычислительной геометрии;
- решать NP-сложные задачи приближёнными методами.

владеть:

- разнообразными деревьями поиска и методикой выбора наиболее предпочтительного в каждой конкретной ситуации;
- методами доказательства корректности утверждений об алгоритмах;
- методами декомпозиции задач на более простые;
- методами синтеза решения сложных задач из простых.
- техникой выбора необходимой хеш-функции для данной задачи;
- техникой сведения уравнения Беллмана к программному коду;
- техникой реализаций изученных алгоритмов на графах;
- методами доказательства корректности утверждений об алгоритмах;
- методами декомпозиции задач на более простые;
- методами синтеза решения сложных задач из простых.
- техникой выбора необходимых алгоритмов для решения задач теории чисел;
- техникой быстрого поиска информации в текстовых данных;
- умением обратимо преобразовывать информацию в более компактное представление;
- методами аналитической геометрии для решения задач вычислительной геометрии;
- умением находить приближённые решения сложных задач эвристическими методами.

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

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Хеш-функции и хеш-таблицы. ч2		4		10
2	Динамическое программирование.		6		8
3	Представление графов и их обход.		4		8
4	Поиск кратчайших путей в графах.		4		8
5	Поиск минимальных остовных деревьев.		4		8
6	Паросочетания и потоки в графах.		4		8
7	Деревья.		4		10
Итого часов			30		60
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		90 час., 2 зач.ед.			

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 3 (Осенний)

1. Хеш-функции и хеш-таблицы. ч2

Избранные вопросы реализации хеш-функций и хеш-таблиц. Cookoo-хеширование. Персистентные хеш-таблицы.

2. Динамическое программирование.

Решение задачи динамического программирования. Прямой и обратный порядки решения. Выбор декомпозиции. Восстановление ответа. Многомерные случаи и контуры.

3. Представление графов и их обход.

Исследование влияния организации графов на производительность. Обходы BFS и DFS. Нахождение компонентов связности, мостов и точек сочленения. Решение задач на компоненты связности, мосты и точки сочленения.

4. Поиск кратчайших путей в графах.

Поиск кратчайшего расстояния в графах. Реализация алгоритмов Дейкстры, A*, Флойда-Уоршалла, Форда-Беллмана. Поиск отрицательных циклов. Алгоритм Джонсона. Построение матрицы транзитивного замыкания. Возведение матрицы в степень.

5. Поиск минимальных остовных деревьев.

Поиск минимальных основных деревьев. Алгоритм Прима и его реализация. Реализация структуры DSU и алгоритмов Краскала и Борувки. Решение задач на DSU и поиск остовных деревьев.

6. Паросочетания и потоки в графах.

Двудольные графы и паросочетания. Реализация алгоритма Куна. Потоки в графах. Реализация алгоритмов Форда-Фалкерсона и Эдмондса-Карпа. Слоистая сеть. Реализация алгоритма Диница. Решение задач на паросочетания и потоки.

7. Деревья.

Поиск диаметра дерева. Реализация алгоритмов определения изоморфизма графов. Варианты решения задачи LCA - обходом Эйлера и алгоритмом Фарах-Колтона-Бендера. Варианты решения задачи RMQ - за $O(N \log N)$ предподсёта и за $O(N)$ предподсчёта. Решение задач на деревья.

5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Учебная аудитория с доской.

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Алгоритмы : построение и анализ [Текст] / Т. Кормен, Ч. Лейзерсон, Р. Ривест .— М. : МЦНМО, 2001 .— 960 с.
2. Программирование: теоремы и задачи [Текст], [учеб. пособие] /А. Шень. -М., МЦНМО, 2017
3. Алгоритмы [Текст] : [учеб. пособие для вузов] / С. Дасгупта, Х. Пападимитриу, У. Вазирани ; пер. с англ. А. А. Куликова ; под ред. А. Шеня .— М. : МЦНМО, 2014 .— 320 с.

Дополнительная литература

Не предусмотрено

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. http://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=Дискретная_математика,_алгоритмы_и_структуры_данных. «Викиконспекты», сайт Санкт-Петербургского Университета ИМТО.
2. <http://e-maxx.ru/>. Maximal algo: личный сайт Максима Иванова, посвящённый алгоритмам и структурам данных.

3. <https://codeforces.com/>. Международная платформа онлайн-кон테стов по спортивному программированию на базе СГУ и ИМТО.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Для успешного освоения дисциплины, студент использует следующие программные средства:
компилятор языка C; рекомендуется gcc;
средства построения проектов; рекомендуются make и cmake;
средства отладки и профилирования; рекомендуются valgrind и gprof.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

В преподавании дисциплины сочетаются практические занятия в компьютерном классе и домашние задания, состоящие из теоретических задач и задач на программирование с автоматической проверкой корректности.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Информатика и вычислительная техника
профиль подготовки:	Системное программирование и прикладная математика Физтех-школа Прикладной Математики и Информатики кафедра алгоритмов и технологий программирования
курс:	2
квалификация:	бакалавр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 3 (осенний) - Дифференцированный зачет	
Разработчик:	С.Л. Бабичев, канд. физ.-мат. наук, доцент

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
ОПК-2 Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности	ОПК-2.1 Способен применять современные вычислительную технику и сервисы сети Интернет в области (сфере) профессиональной деятельности
ОПК-4 Способен осуществлять сбор и обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач	ОПК-4.1 Владеет методами научного поиска и интеллектуального анализа информации при решении задач профессиональной деятельности
	ОПК-4.2 Знает основные источники научно-технической и (или) технологической информации в области профессиональной деятельности
ПК-2 Способен самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого коллектива организовывать и проводить научные исследования и их апробацию	ПК-2.1 Знает принципы построения научной работы, методы сбора и анализа полученного материала, способы аргументации

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Практикум по алгоритмам на графах и динамическому программированию» обучающийся должен:

знать:

- определения ассимптотик в О-нотации;
- способы реализации и применения линейных структур данных;
- алгоритмы быстрой и поразрядной сортировки и их применение;
- методы построения и основные свойства деревьев поиска;
- классификацию и сферы применения хеш-функций;
- организацию и использование хеш-таблиц;
- условия возникновения задачи динамического программирования;
- сведение задачи динамического программирования к функции Беллмана;
- виды задач динамического программирования и методы их решения;
- понятие графов и организацию их хранения;
- алгоритмы обхода графов;
- алгоритмы нахождения специальных элементов в графах;
- алгоритмы нахождения минимальных остовных деревьев;
- алгоритмы нахождения кратчайших путей в графах;
- алгоритмы нахождения потоков в графах;
- алгоритмы нахождения минимальных разрезов и максимальных потоков в графах.
- строго доказывать утверждения о корректности алгоритмов;
- применять необходимую технику для решения алгоритмических задач;
- основы теории чисел в применении к информационным технологиям;
- быстрые алгоритмы работы с длинными числами и матрицами;
- применение алгоритмов теории чисел к задачам криптографии;
- методы комбинаторного поиска;
- Z-функцию и префикс-функцию и их применение;
- структуру данных бор и алгоритм Ахо-Корасик;
- суффиксное дерево и суффиксный автомат;
- алгоритмы сжатия информации: Huffman, LZ77, LZ78, BWT, Arithmetic coding;
- алгоритмы вычислительной геометрии: нахождение выпуклой оболочки, триангуляцию, поиск на плоскости;
- методы приближённого решения NP-сложных задач;

уметь:

- реализовывать на языке программирования Си такие структуры данных, как стек, дек, очередь, вектор, бинарная куча, случайное дерево поиска, сбалансированное дерево поиска.
- применять необходимые алгоритмы для решения конкретных задач;
- определять точки декомпозиции и синтеза в практической реализации алгоритмов;
- применять необходимую технику для решения алгоритмических задач;
- находить правильную организацию хеш-таблиц и верно выбирать хеш-функцию для решения задач, связанных с организацией данных и их поиском;
- выбирать верную декомпозицию задачи динамического программирования, приводящую к минимальному пространству аргументов;
- выбирать правильную организацию структур данных для представления графов для применения в конкретном алгоритме;
- выбирать наиболее эффективные алгоритмы для решения задач на графах;
- реализовывать эффективную работу с большими числами;
- осуществлять методы комбинаторного поиска;
- реализовывать алгоритмы быстрого поиска в строках и преобразовывать информацию для более компактного хранения (сжатие информации);
- реализовывать изученные методы вычислительной геометрии;
- решать NP-сложные задачи приближёнными методами.

владеть:

- разнообразными деревьями поиска и методикой выбора наиболее предпочтительного в каждой конкретной ситуации;
- методами доказательства корректности утверждений об алгоритмах;
- методами декомпозиции задач на более простые;
- методами синтеза решения сложных задач из простых.
- техникой выбора необходимой хеш-функции для данной задачи;
- техникой сведения уравнения Беллмана к программному коду;
- техникой реализаций изученных алгоритмов на графах;
- методами доказательства корректности утверждений об алгоритмах;
- методами декомпозиции задач на более простые;
- методами синтеза решения сложных задач из простых.
- техникой выбора необходимых алгоритмов для решения задач теории чисел;
- техникой быстрого поиска информации в текстовых данных;
- умением обратимо преобразовывать информацию в более компактное представление;
- методами аналитической геометрии для решения задач вычислительной геометрии;
- умением находить приближённые решения сложных задач эвристическими методами.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

С целью контроля освоения обучающимися учебного материала проводится устный опрос в начале занятия по теме прошлого занятия.

4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

3 семестр

1. Написать программу, реализующую минимальное вершинное покрытие графа.
2. Напишите рекурсивный алгоритм, определяющий за линейное время содержится ли бинарное дерево совершенное паросочетание.
3. Дан граф $G=(V,E)$, в котором отмечены две вершины v_1 и v_2 . Постройте эффективный алгоритм поиска кратчайших путей между всеми парами вершин, проходящих через хотя бы одну из вершин v_1 или v_2 .

Критерии оценивания

отлично

10 Полностью и вовремя решены все задачи без ошибок. Продemonстрирован грамотный подход к решению задач, реализованы оптимальные алгоритмы, код оформлен в едином удобочитаемом стиле

9 Полностью и вовремя решены все задачи без ошибок. Продemonстрирован грамотный подход к решению задач, реализованы оптимальные алгоритмы

8 Полностью и вовремя решены все задачи без ошибок. Продemonстрирован грамотный подход к решению задач

хорошо

7 Полностью решены все задачи. Допущены несущественные ошибки.

6 Полностью решено большинство задач. В некоторых задачах допущены и не исправлены ошибки, либо некоторые задачи решены частично.

5 Полностью решено две трети задач. В некоторых задачах допущены и не исправлены ошибки, либо некоторые задачи решены частично.

удовлетворительно

4 Полностью решено более половины задач. В остальных задачах допущены и не исправлены ошибки, либо некоторые задачи решены частично.

3 Полностью решено более половины задач.

неудовлетворительно

2 Решено менее половины задач.

1 Не решено ни одной задачи.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Оценка выставляется по совокупности измерений знаний по домашним работам, по контрольным работам и по активности студентов на семинарах.

Для проведения контрольной работы выделяется один академический час. Работа оформляется письменно на листах бумаги. При проведении контрольной работы допускается использовать данную программу.