

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

**УТВЕРЖДЕНО**  
**Директор физтех-школы**  
**аэрокосмических технологий**  
**С.С. Негодяев**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Алгоритмы и структуры данных
<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Беспилотные авиационные системы Физтех-школа авиационных и цифровых технологий кафедра технологий проектирования сложных технических систем
<b>курс:</b>	1
<b>квалификация:</b>	бакалавр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

2 (весенний) - Экзамен

3 (осенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 135 всего, в том числе:

лекции: 60 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 75 час.

Самостоятельная работа: 120 час.

Подготовка к экзамену: 60 час.

Всего часов: 315, всего зач. ед.: 7

Количество контрольных работ, заданий: 2

Программу составили:

А.И. Лобанов, д-р физ.-мат. наук, профессор

В.Е. Карпов, канд. физ.-мат. наук, доцент

Программа обсуждена на заседании кафедры технологий проектирования сложных технических систем  
08.04.2024

## Аннотация

Дисциплина «Алгоритмы и структуры данных» продолжает изучение языка C++ и непосредственно связанных с ним знаний, умений и навыков студентами образовательной программы «Компьютерное моделирование» (ФАКТ, направление подготовки «Информатика и вычислительная техника», бакалавриат). Данная дисциплина призвана научить студентов разрабатывать комбинации алгоритмов для решения поставленных задач, оценивать сложности алгоритмов, их модификаций и комбинаций, в том числе с помощью амортизационного анализа, выбирать подходящие структуры данных для поставленных задач, реализовывать алгоритмы в обобщенной форме на языке программирования C++.

### 1. Цели и задачи

#### Цель дисциплины

- сформировать представление о базовых структурах данных, их свойствах, областях применения с доказательством сложности используемых алгоритмов;
- сформировать представление о разнообразных вычислительных задачах на графах;
- дать теоретические и практические знания об алгоритмах и структурах данных для работы с графами с доказательством корректности их работы, о методах оценки сложности алгоритмов.

#### Задачи дисциплины

- научить формулировать задачи в терминах изученных теорий, выбирать подходящий алгоритм для поставленной задачи;
- научить разрабатывать комбинации алгоритмов для решения поставленных задач, оценивать сложности алгоритмов, их модификаций и комбинаций, в том числе с помощью амортизационного анализа, выбирать подходящие структуры данных для поставленных задач, реализовывать алгоритмы в обобщенной форме на языке программирования C++.

### 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя этапы ее решения, действия по решению задачи
	УК-1.2 Находит, критически анализирует и выбирает информацию, необходимую для решения поставленной задачи
	УК-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
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 Формулирует совокупность взаимосвязанных задач в рамках поставленной цели работы, обеспечивающих ее достижение. Определяет ожидаемые результаты решения поставленных задач
	УК-2.2 Проектирует решение конкретной задачи проекта, выбирая оптимальный способ ее решения, исходя из действующих правовых норм и имеющихся ресурсов и ограничений
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-1.2 Способен строить математические модели, производить количественные расчеты и оценки
	ОПК-1.3 Способен определять границы применимости полученных результатов
ОПК-2 Способен использовать современные	ОПК-2.1 Способен применять современные вычислительную технику и сервисы сети Интернет в области (сфере) профессиональной деятельности

информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности	ОПК-2.2 Знает и умеет применять численные математические методы и прикладное программное обеспечение для решения научных задач в профессиональной области
	ОПК-2.3 Знает основные требования информационной безопасности
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
	ОПК-4.3 Умеет составлять аннотации, рефераты, библиографические перечни и обзоры информации в области своей профессиональной деятельности
	ОПК-4.4 Владеет навыками работы с компьютером и компьютерными сетями с целью получения, хранения и обработки научной (технической, технологической) информации

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные алгоритмы сортировки;
- принципы работы структур данных дерево поиска и хеш-таблица;
- алгоритмы поиска кратчайших путей в графе;
- алгоритмы построения минимального остовного дерева в графе;
- алгоритмы вычисления максимального потока в сетях;
- структуры данных разреженная таблица, дерево отрезков, Декартово дерево по неявному ключу.

уметь:

- оценивать асимптотическую сложность используемых алгоритмов и выбирать оптимальные алгоритмы для современных программ;
- анализировать задачу и выбирать из предложенного набора оптимальный алгоритм для ее решения;
- реализовывать описанные алгоритмы и структуры данных на языке C++.

владеть:

- приемами асимптотического и амортизационного анализа сложности алгоритмов.

### 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	Введение	6		9	15
2	Базовые структуры данных	6		9	15
3	Сортировки и порядковые статистики	6		9	15
4	Деревья поиска	6		9	15
5	Хеш-таблицы	6		9	15
6	Жадные алгоритмы и динамическое программирование	5		5	8

7	Обходы графа	5		5	8
8	Кратчайшие пути во взвешенном графе	5		5	8
9	Оставные деревья	5		5	7
10	Потоки в сетях	5		5	7
11	"RMQ. Sparse-table, дерево отрезков. LCA. Декартово дерево по неявному ключу	5		5	7
Итого часов		60		75	120
Подготовка к экзамену		60 час.			
Общая трудоёмкость		315 час., 7 зач.ед.			

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

##### Семестр: 2 (Весенний)

###### 1. Введение

Свойства и особенности алгоритмов.

###### 2. Базовые структуры данных

Типы данных. Алгоритмы и способы их записи.

###### 3. Сортировки и порядковые статистики

Сортировка: простейшие алгоритмы и оценки. Сортировка кучей. Сортировка слиянием. Быстрая сортировка. Порядковые статистики.

###### 4. Деревья поиска

Расширяющийся массив. Кучи. Дерево отрезков. Системы непересекающихся множеств.

###### 5. Хеш-таблицы

Алгоритм поиска по ключу с использованием hash-функций. Понятие hash-функции. Заполнение hash-таблицы.

##### Семестр: 3 (Осенний)

###### 6. Жадные алгоритмы и динамическое программирование

Задачей, постоянно решаемой в ходе трансляции, является задача распознавания служебных слов: требуется определить, является прочитанный идентификатор служебным словом или нет. Поскольку число идентификаторов в компилируемой программе может быть довольно большим, и только часть из них является зарезервированными, эффективное и компактное решение проблемы распознавания служебных слов является важнейшей задачей.

###### 7. Обходы графа

Графы и способы их представления. Поиск в глубину в неориентированных графах.

###### 8. Кратчайшие пути во взвешенном графе

Поиск в глубину в ориентированных графах. Компоненты сильной связности.

#### 9. Оставные деревья

Понятие синтерма: непересекающиеся и пересекающиеся синтермы. Формирование и распознавание синтерма.

#### 10. Потоки в сетях

Задача о максимальном потоке: формулировка, условия.

#### 11. "RMQ. Sparse-table, дерево отрезков. LCA. Декартово дерево по неявному ключу

Бинарное дерево, корневое дерево. Алгоритмы нахождения кратчайшего пути.

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

учебная аудитория, оснащенная компьютером и мультимедийным оборудованием (проектор, звуковая система).

### 6.Перечень рекомендуемой литературы

#### Основная литература

1. Алгоритмы: построение и анализ [Текст] : [учебник для вузов] / Т. Кормен [и др.] ; [пер. с англ. И. В. Красикова и др.] .— 3-е изд. — М. : Вильямс, 2014 .— 1328 с.
2. Алгоритмы и структуры данных [Текст] / Н. Вирт ; пер. с англ. Д. Б. Подшивалова .— 2-е изд., испр. — СПб. : Невский Диалект, 2001,2005 .— 352 с.
3. Искусство программирования [Текст] : [учеб. пособие для вузов] / Д. Кнут ; пер. с англ. С. Г. Тригуб [и др.] ; под общ. ред. Ю. В. Козаченко .— 3-е изд. — М. : Вильямс, 2000 .— Т. 1 : Основные алгоритмы. - 2000. - 720 с.

#### Дополнительная литература

1. Алгоритмы: вводный курс [Текст] /Томас Х. Кормен; пер. с англ.%dAlgorithms Unlocked. М., ООО "И. Д. Вильямс", 2017
2. Графы и алгоритмы. Структуры данных. Модели вычислений [Текст], учебник для вузов/В. Е. Алексеев, В. А. Таланов, -М., Интернет-Ун-т Информ. Технологий : БИНОМ. Лаб. знаний, 2006

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

Не используются

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

Информационные ресурсы: <http://neerc.ifmo.ru/wiki>, <http://e-maxx.ru/algo/>, электронные конспекты лекций, учебные пособия и сборники задач, разработанные для данного курса. <https://github.com/> для выполнения заданий.

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

Студент, изучающий дисциплину "Алгоритмы и структуры данных", должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике.

В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения, понятия, аксиомы.

Успешное освоение курса требует напряжённой самостоятельной работы студента. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение и конспектирование рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала (по конспектам лекций, учебной и научной литературе), подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения, доказательство отдельных утверждений, свойств;
- выполнение лабораторных работ, для осознание связей между теорией и практическими навыками;
- подготовку к экзамену.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в форме индивидуальных консультаций.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к лектору.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Беспилотные авиационные системы Физтех-школа авиационных и цифровых технологий кафедра технологий проектирования сложных технических систем
<b>курс:</b>	<u>1</u>
<b>квалификация:</b>	бакалавр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

2 (весенний) - Экзамен

3 (осенний) - Экзамен

**Разработчики:**

А.И. Лобанов, д-р физ.-мат. наук, профессор

В.Е. Карпов, канд. физ.-мат. наук, доцент

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя этапы ее решения, действия по решению задачи
	УК-1.2 Находит, критически анализирует и выбирает информацию, необходимую для решения поставленной задачи
	УК-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
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 Формулирует совокупность взаимосвязанных задач в рамках поставленной цели работы, обеспечивающих ее достижение. Определяет ожидаемые результаты решения поставленных задач
	УК-2.2 Проектирует решение конкретной задачи проекта, выбирая оптимальный способ ее решения, исходя из действующих правовых норм и имеющихся ресурсов и ограничений
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-1.2 Способен строить математические модели, производить количественные расчеты и оценки
	ОПК-1.3 Способен определять границы применимости полученных результатов
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-2.2 Знает и умеет применять численные математические методы и прикладное программное обеспечение для решения научных задач в профессиональной области
	ОПК-2.3 Знает основные требования информационной безопасности
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
	ОПК-4.3 Умеет составлять аннотации, рефераты, библиографические перечни и обзоры информации в области своей профессиональной деятельности
	ОПК-4.4 Владеет навыками работы с компьютером и компьютерными сетями с целью получения, хранения и обработки научной (технической, технологической) информации

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Алгоритмы и структуры данных» обучающийся должен:

**знать:**



- основные алгоритмы сортировки;
- принципы работы структур данных: дерево поиска и хеш-таблица;
- алгоритмы поиска кратчайших путей в графе;
- алгоритмы построения минимального остовного дерева в графе;
- алгоритмы вычисления максимального потока в сетях;
- структуры данных: разреженная таблица, дерево отрезков, Декартово дерево по неявному ключу.

**уметь:**

- оценивать асимптотическую сложность используемых алгоритмов и выбирать оптимальные алгоритмы для современных программ;
- анализировать задачу и выбирать из предложенного набора оптимальный алгоритм для ее решения;
- реализовывать описанные алгоритмы и структуры данных на языке C++.

**владеть:**

- приемами асимптотического и амортизационного анализа сложности алгоритмов.

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

1. В чем отличие между структурой данных, абстрактным типом данных?
2. Каково амортизированное (учетное) время добавления элемента в динамический массив?
3. Опишите работу алгоритма поддержки минимума в стеке.
4. Опишите ключевые параметры алгоритмов сортировки.
5. Каково среднее время работы алгоритма QuickSort?
6. Опишите принцип работы АВЛ-дерева.
7. В чем отличие с точки зрения пользователя АВЛ-дерева от чёрно-красного дерева?
8. Какие основные требования предъявляются к хеш-функции?
9. Опишите плюсы и минусы двух видов хеш-таблиц.
10. Приведите пример задачи, для которой жадный алгоритм даёт не оптимальный результат.

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

1. В чем разница между понятиями связности, сильной связности и слабой связности?
2. Какие требования на эвристику накладываются в алгоритме A\* и почему?
3. С помощью какого алгоритма и каким образом можно обнаружить в графе цикл отрицательного веса?
4. Опишите алгоритм непересекающихся множеств.
5. Теорема Форда-Фалкерсона.
6. Чем декомпозиция по данным отличается от декомпозиции по вычислениям?
7. Сведение LCA к задаче RMQ.
8. Сведение RMQ к задаче LCA.
9. Декартово дерево по неявному ключу.

**БИЛЕТ 1**

1. В чем отличие между структурой данных, абстрактным типом данных?
2. Каково амортизированное (учетное) время добавления элемента в динамический массив?

**БИЛЕТ 2**

1. Опишите работу алгоритма поддержки минимума в стеке.
2. Опишите ключевые параметры алгоритмов сортировки.

**БИЛЕТ 3**

1. Каково среднее время работы алгоритма QuickSort?

2. Опишите принцип работы АВЛ-дерева.

#### БИЛЕТ 4

1. В чём отличие с точки зрения пользователя АВЛ-дерева от чёрно-красного дерева?

2. Какие основные требования предъявляются к хеш-функции?

#### БИЛЕТ 5

1. Опишите плюсы и минусы двух видов хеш-таблиц.

2. Приведите пример задачи, для которой жадный алгоритм даёт не оптимальный результат.

#### БИЛЕТ 6

1. В чём разница между понятиями связности, сильной связности и слабой связности?

2. Какие требования на эвристику накладываются в алгоритме  $A^*$  и почему?

#### Критерии оценивания

Оценка отлично 10 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 9 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 8 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочётами.

Оценка хорошо 7 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо 6 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо 5 баллов - выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно 4 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно 3 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно 2 балла - выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно 1 балл - выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

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

Во время проведения экзамена обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, а также справочной литературой, вычислительной техникой, конспектами лекций.

Экзамен проводится путем организации специального опроса, проводимого в устной форме.