

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт вычислительной математики и информационных технологий



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Проф. Д.А. Таюрский



\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

подписано электронно-цифровой подписью

## Программа дисциплины

Алгоритмы и структуры данных поиска Б1.В.01

Направление подготовки: 01.04.02 - Прикладная математика и информатика

Профиль подготовки: Анализ данных и его приложения

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2019

**Автор(ы):** Гайнутдинова А.Ф.

**Рецензент(ы):** Миссаров М.Д.

### СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Аблаев Ф. М.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_\_ от "\_\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Учебно-методическая комиссия Института вычислительной математики и информационных технологий:

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_\_ от "\_\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.



## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы
2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
  - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
  - 4.2. Содержание дисциплины
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
  - 6.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения
  - 6.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания
  - 6.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы
  - 6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
  - 7.1. Основная литература
  - 7.2. Дополнительная литература
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья



Программу дисциплины разработал(а)(и) заместитель директора по научной деятельности Гайнутдинова А.Ф. (Директорат Института ВМ и ИТ, Институт вычислительной математики и информационных технологий), Aida.Gainutdinova@kpfu.ru

### 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Выпускник, освоивший дисциплину, должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-2	Управление аналитическими работами и подразделением, управление инфраструктурой разработки и сопровождение требований к системам
УК-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
УК-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
УК-6	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки

Выпускник, освоивший дисциплину:

Должен знать:

- основные структуры данных, динамические структуры данных;
- способы оценки сложности алгоритмов, способы сравнительного сложностного анализа различных способов реализации алгоритма.

Должен уметь:

- разбивать сложную задачу на составные части, анализировать связи между различными частями, использовать объектно-ориентированный подход;

Должен владеть:

- навыками анализа асимптотического поведения различных функций;
- навыками эффективной реализации задач, требующих создания сложных структур данных, умением реализовать алгоритмы перебора;
- умением строить эффективные алгоритмы обработки различных структур данных;
- умением проводить сравнительный анализ и оценку эффективности выбранных алгоритмов при решении конкретных задач;
- умением и навыками разработки алгоритмов решения задач со сложной организацией данных.

Должен демонстрировать способность и готовность:

анализировать сложность выполнения основных операций для данных структур, сложность решения задачи в зависимости от выбранной структуры данных, применять полученные знания на практике.

### 2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.В.01 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 01.04.02 "Прикладная математика и информатика (Анализ данных и его приложения)" и относится к вариативной части. Осваивается на 1 курсе в 1 семестре.

### 3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных(ые) единиц(ы) на 144 часа(ов).

Контактная работа - 56 часа(ов), в том числе лекции - 28 часа(ов), практические занятия - 0 часа(ов), лабораторные работы - 28 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 34 часа(ов).



Контроль (зачёт / экзамен) - 54 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 1 семестре.

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

##### 4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Модели вычислений, алгоритмы и сложность.	1	2	0	2	2
2.	Тема 2. Абстрактные типы данных и структуры данных	1	2	0	2	2
3.	Тема 3. Задача сортировки. Простейшие алгоритмы. Нижняя оценка.	1	2	0	2	2
4.	Тема 4. Сортировка слиянием.	1	2	0	2	2
5.	Тема 5. Слияние двух упорядоченных последовательностей.	1	2	0	2	2
6.	Тема 6. Быстрая сортировка.	1	2	0	2	2
7.	Тема 7. Порядковые статистики. Нахождение k-го минимального элемента.	1	2	0	2	4
8.	Тема 8. Стек и очередь. Использование различных структур данных для их реализации.	1	2	0	2	2
9.	Тема 9. Самоорганизующиеся структуры данных.	1	2	0	2	2
10.	Тема 10. Деревья поиска.	1	2	0	2	2
11.	Тема 11. Приоритетные очереди.	1	2	0	2	2
12.	Тема 12. Сливаемые очереди с приоритетами.	1	2	0	2	2
13.	Тема 13. Декартовы деревья.	1	2	0	2	4
14.	Тема 14. Хеш-таблицы.	1	2	0	2	4
	Итого		28	0	28	34

##### 4.2 Содержание дисциплины

###### Тема 1. Модели вычислений, алгоритмы и сложность.

Тезис Черча, модели вычислений и сложность алгоритмов. Основные сложностные ресурсы: время, память. Понятие верхних и нижних оценок. Сложность в среднем, сложность в худшем случае (на примере задачи сортировки). Нижняя оценка задачи сортировки. Понятие амортизированной (учетной) сложности алгоритмов. Два метода получения оценок учетной сложности. Оценка учетной сложности для структуры данных двоичный счетчик и массива переменного размера.

###### Тема 2. Абстрактные типы данных и структуры данных

Абстрактные типы данных: их основные группы, основные операции. Структуры данных как способ реализации абстрактных типов данных. Влияние выбора структуры данных для реализации абстрактных типов данных на сложность выполнения основных операций. Примеры. Средства языков программирования для реализации абстрактных типов данных.

###### Тема 3. Задача сортировки. Простейшие алгоритмы. Нижняя оценка.

Задача сортировки. Свойства алгоритмов сортировки: сложность, стабильность, использование дополнительной памяти, возможность использования для внешней памяти. Различные алгоритмы сортировки и их сравнительный анализ. Доказательство нижней оценки для алгоритмов сортировки, основанных на сравнении пар элементов.

###### Тема 4. Сортировка слиянием.



Эффективные алгоритмы сортировки. Сортировка слиянием. рекурсивная и нерекурсивная реализация сортировки слиянием. Анализ, временная сложность и сложность по памяти. Основная процедура сортировки слиянием - процедура Merge. Экономия памяти при выполнении процедуры слияния. Внешняя сортировка слиянием. Анализ и сложность.

#### **Тема 5. Слияние двух упорядоченных последовательностей.**

Слияние без использования дополнительной памяти. Оптимальное слияние нескольких упорядоченных последовательностей различной длины. Связь с оптимальным кодированием. Оптимальное слияние двух упорядоченных последовательностей различной длины. Алгоритм Finger\_Search и его использование для задачи слияния.

#### **Тема 6. Быстрая сортировка.**

Алгоритм быстрой сортировки Quick\_Sort. Два различных алгоритма Partition. Детерминированный выбор опорного элемента для процедуры Partition: различные способы, их анализ. Примеры неудачного выбора опорных элементов. Вероятностный выбор опорного элемента для процедуры Partition, анализ. Сложность Quick-Sort в худшем и среднем случаях. Экономия стековой памяти для алгоритма Quick\_Sort.

#### **Тема 7. Порядковые статистики. Нахождение k-го минимального элемента.**

Порядковые статистики. Задача нахождения k-го минимального элемента. Вероятностный алгоритм, его анализ. Сложность в среднем, сложность в худшем случае с доказательством. Связь с алгоритмом быстрой сортировки. Сложность в среднем. Детерминированный алгоритм, его реализация, его анализ и сложность.

#### **Тема 8. Стек и очередь. Использование различных структур данных для их реализации.**

Абстрактные типы данных - стек и очередь. Способы реализации стека и очереди на основе различных структур данных: реализация при помощи массива, при помощи списка, гибридный способ реализации стека на основе блочного списка. Сравнительный сложностной анализ выполнения операций над стеком и очередью для каждого способа реализации. Расширение интерфейса для стека для стека и очереди.

#### **Тема 9. Самоорганизующиеся структуры данных.**

Самоорганизующиеся структуры данных. Различные стратегии для самоорганизации, их сравнение. Самоорганизующиеся списки. Стратегии работы с самоорганизующимися списками в режиме онлайн и офлайн, сравнительный анализ. Понятие конкурентного анализа. Конкурентный анализ для стратегии move-to-first с доказательством.

#### **Тема 10. Деревья поиска.**

Деревья поиска. Основные операции и сложность. Понятие оптимального дерева поиска. Примеры оптимальных деревьев поиска и обоснование, за счет чего может поддерживаться оптимальность. Красно-черные деревья. Основные операции и сложность (истинная и учетная). AVL-деревья, Основные операции и сложность. 18. Splay-деревья как пример самоорганизующихся структур данных

#### **Тема 11. Приоритетные очереди.**

Приоритетные очереди. Основные операции. Способы реализации приоритетной очереди на основе различных структур данных. Сравнительный сложностной анализ.

Бинарные кучи как специальный вид приоритетных очередей. Реализация, основные операции и сложность. Основные операции для куч, их сложностной анализ. Построение бинарной кучи.

Сортировка кучей Heap-Sort. Анализ, сложность.  $\$k\$$ -ичные кучи. Анализ, сложность, примеры использования.

#### **Тема 12. Сливаемые очереди с приоритетами.**

Сливаемые очереди с приоритетами. Левацкие кучи. Основные операции, их реализация, анализ и сложность. Самоорганизующиеся структуры данных: косые кучи. Основные операции, их реализация, анализ и сложность с доказательством. Сливаемые очереди с приоритетами. Способы реализации куч во внешней памяти. Анализ и сложность.

#### **Тема 13. Декартовы деревья.**

Декартовы деревья и дучи (treaps). Способы построения декартова дерева. Алгоритм построения декартова дерева за линейное время с доказательством. Основные операции над декартовыми деревьями, их реализация, анализ и сложность. Оценка высоты декартова дерева. Примеры использования декартовых деревьев.

#### **Тема 14. Хеш-таблицы.**

Хеш-таблицы и способы их реализации. Основные операции для хеш-таблиц. Понятие прямой, косвенной, открытой адресации. Сравнительный анализ и сложность. Понятие хеш-функции, примеры хеш-функций. Понятие коллизии и различные способы их разрешения. Понятие универсального семейства хеш-функций, примеры.

### **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)**



Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года №301).

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996ин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений".

Положение от 29 декабря 2018 г. № 0.1.1.67-08/328 "О порядке проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Положение № 0.1.1.67-06/241/15 от 14 декабря 2015 г. "О формировании фонда оценочных средств для проведения текущей, промежуточной и итоговой аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Положение № 0.1.1.56-06/54/11 от 26 октября 2011 г. "Об электронных образовательных ресурсах федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Регламент № 0.1.1.67-06/66/16 от 30 марта 2016 г. "Разработки, регистрации, подготовки к использованию в учебном процессе и удаления электронных образовательных ресурсов в системе электронного обучения федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Регламент № 0.1.1.67-06/11/16 от 25 января 2016 г. "О балльно-рейтинговой системе оценки знаний обучающихся в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Регламент № 0.1.1.67-06/91/13 от 21 июня 2013 г. "О порядке разработки и выпуска учебных изданий в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

## 6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

### 6.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения

Этап	Форма контроля	Оцениваемые компетенции	Темы (разделы) дисциплины
<b>Семестр 1</b>			
	<b>Текущий контроль</b>		
1	Контрольная работа	УК-6 , УК-2 , УК-1	4. Сортировка слиянием. 5. Слияние двух упорядоченных последовательностей. 10. Деревья поиска. 12. Сливаемые очереди с приоритетами.
2	Устный опрос	УК-6 , УК-2 , УК-1 , ПК-2	1. Модели вычислений, алгоритмы и сложность. 2. Абстрактные типы данных и структуры данных 3. Задача сортировки. Простейшие алгоритмы. Нижняя оценка. 4. Сортировка слиянием. 5. Слияние двух упорядоченных последовательностей. 6. Быстрая сортировка. 7. Порядковые статистики. Нахождение k-го минимального элемента. 8. Стеки и очередь. Использование различных структур данных для их реализации. 9. Самоорганизующиеся структуры данных. 10. Деревья поиска. 11. Приоритетные очереди. 12. Сливаемые очереди с приоритетами. 13. Декартовы деревья. 14. Хеш-таблицы.



Этап	Форма контроля	Оцениваемые компетенции	Темы (разделы) дисциплины
3	Компьютерная программа	УК-6 , УК-2 , УК-1 , ПК-2	4. Сортировка слиянием. 6. Быстрая сортировка. 8. Стек и очередь. Использование различных структур данных для их реализации. 11. Приоритетные очереди. 14. Хеш-таблицы.
	<b>Экзамен</b>	ПК-2, УК-1, УК-2, УК-6	

6.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
Семестр 1					
Текущий контроль					
Контрольная работа	Правильно выполнены все задания. Продемонстрирован высокий уровень владения материалом. Проявлены превосходные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Правильно выполнена большая часть заданий. Присутствуют незначительные ошибки. Продемонстрирован хороший уровень владения материалом. Проявлены средние способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены более чем наполовину. Присутствуют серьезные ошибки. Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены низкие способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены менее чем наполовину. Продемонстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены недостаточные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	1
Устный опрос	В ответе качественно раскрыто содержание темы. Ответ хорошо структурирован. Прекрасно освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован высокий уровень понимания материала. Превосходное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Основные вопросы темы раскрыты. Структура ответа в целом адекватна теме. Хорошо освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован хороший уровень понимания материала. Хорошее умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Тема частично раскрыта. Ответ слабо структурирован. Понятийный аппарат освоен частично. Понимание отдельных положений из материала по теме. Удовлетворительное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Тема не раскрыта. Понятийный аппарат освоен неудовлетворительно. Понимание материала фрагментарное или отсутствует. Неумение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	2
Компьютерная программа	Высокий уровень умений и навыков программирования, в том числе моделирования, алгоритмизации, использования языка программирования. Поставленная задача полностью решена.	Хороший уровень умений и навыков программирования, в том числе моделирования, алгоритмизации, использования языка программирования. Поставленная задача в основном решена.	Удовлетворительный уровень умений и навыков программирования, в том числе моделирования, алгоритмизации, использования языка программирования. Поставленная задача решена частично.	Недостаточный уровень умений и навыков программирования, в том числе моделирования, алгоритмизации, использования языка программирования. Поставленная задача не решена.	3



Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
Экзамен	Обучающийся обнаружил всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоил основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой дисциплины, усвоил взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявил творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала.	Обучающийся обнаружил полное знание учебно-программного материала, успешно выполнил предусмотренные программой задания, усвоил основную литературу, рекомендованную программой дисциплины, показал систематический характер знаний по дисциплине и способен к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.	Обучающийся обнаружил знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справился с выполнением заданий, предусмотренных программой, знаком с основной литературой, рекомендованной программой дисциплины, допустил погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.	Обучающийся обнаружил значительные пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустил принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий и не способен продолжить обучение или приступить по окончании университета к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.	

### 6.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

#### Семестр 1

#### Текущий контроль

#### 1. Контрольная работа

Темы 4, 5, 10, 12

Вариант 1.

1. Напишите на псевдокоде операцию Change\_Priority для двоичной кучи.
2. Напишите на псевдокоде нерекурсивный алгоритм сортировки слиянием.
3. Проиллюстрируйте исполнение алгоритма Heap-Sort для последовательности (2, 5, 16, 4, 10, 23, 39, 18, 26, 15).

Вариант 2.

1. Напишите на псевдокоде операцию Heapify\_up.
2. Напишите на псевдокоде операцию удаления элемента вершины из дерева двоичного поиска.
3. Как будет выглядеть Splay-tree, если элементы, добавляемые в дерево, поступают в отсортированном порядке?

#### 2. Устный опрос

Темы 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14

1. Какие меры существуют для оценки сложности алгоритма.
2. Чем отличаются сложность алгоритма и сложность задачи. Что такое верхняя и нижняя оценка сложности.
3. Что такое абстрактный тип данных. Что такое структура данных.
4. Как доказывается нижняя оценка задачи сортировки (для алгоритмов, основанных на сравнении пар элементов).
5. Какие свойства алгоритмов сортировки Вы знаете.
6. Какие оптимальные алгоритмы сортировки Вы знаете. Опишите их. Какова их сложность.
7. Опишите различные способы реализации абстрактного типа данных с тек и очередь. В чем их преимущества и недостатки. Проведите сравнительный анализ.
8. Как доказывается нижняя оценка для задачи слияния упорядоченных последовательностей.
9. Что такое оптимальное дерево поиска. Какие разновидности оптимальных деревьев поиска Вы знаете. Каким образом она поддерживают оптимальность.
10. Что такое самоорганизующиеся структуры данных. Приведите примеры таких структур.



11. За счет чего поддерживается оптимальность в структуре данных Splay-tree.
12. Что такое приоритетная очередь. На основе каких структур данных она может быть реализована. Проведите сравнительный анализ.
13. Что такое декартово дерево. Какие основные операции поддерживает данная структура данных. Какова их сложность.
14. Что такое хеш-таблица. Какие основные операции поддерживаются данным абстрактным типом данных. На основе каких структур данных она может быть реализована. Проведите сравнительный анализ.

### 3. Компьютерная программа

Темы 4, 6, 8, 11, 14

1. С использованием контейнера List разработать алгоритм LRU (Last Recently Used Algorithm), который хранит в кэше данные, которые использовались недавно в предположении, что будущий доступ отражает прошлые запросы. Разработать функцию LRU, которая хранит в кэше  $m$  последних запросов, добавляя каждый последний запрос в начало списка. Программа должна распечатывать содержимое кэша после каждого запроса.
2. На основе шаблонного класса `list<T>` разработайте шаблонный класс `Ordered_list<T>` (упорядоченный список) со следующими методами:  
`insert(const T&)` - вставка элемента в упорядоченный список с сохранением упорядоченности  
`remove(const T&)` - удаление элемента из списка  
`const_iterator begin() const`  
`const_iterator end() const`  
Разработанный класс должен всегда поддерживать упорядоченность элементов списка и не допускать возможности вставки элемента с нарушением упорядоченности.
3. Реализуйте алгоритм Quick\_Sort, использующий один рекурсивный вызов.
4. Реализуйте алгоритм сортировки слиянием для односвязных линейных списков.
5. Реализуйте структуру данных Splay-tree. Подемонстрируйте работу на примерах.
6. Реализуйте алгоритм сортировки выбором для стека. Входные данные заданы в стеке. Алгоритм использует второй, временный стек и помещает в него на каждом шаге алгоритма все неотсортированные элементы, отслеживая при этом максимальный и вдавливая его при переносе данных из вспомогательного стека в основной. При работе в последовательность разрешается пользоваться только методами стека PUSH, POP, CREATE, EMPTY. Оцените время работы алгоритма.
7. Реализуйте шаблонную функцию для сортировки массива при помощи алгоритма Heap-Sort. Используйте линейный алгоритм построения кучи из массива.
8. Двоичный поиск находит заданный элемент в упорядоченной последовательности за  $O(\log n)$  сравнений, алгоритм Finger\_search работает за время  $O(\log k)$ , где  $k$  - позиция искомого элемента в последовательности и является более предпочтительным для последовательностей большой длины, а также для последовательности запросов поиска в одной и той же упорядоченной последовательности, где элементы в последовательности запросов также упорядочены. Реализуйте алгоритм Finger\_search.
9. Дано  $k$  файлов с целыми числами ( $2 \leq K \leq 10^9$ ). Числа в каждом файле отсортированы по неубыванию. Необходимо объединить все эти числа в один общий упорядоченный файл. Считается, что файлы представлены в виде потоков с последовательным доступом. Разрешен однократный просмотр входных файлов.
10. Выведите в порядке неубывания первые  $M$  сумм вида  $a^3 + b^3$ , где  $a$  и  $b$  - натуральные числа, не превосходящие  $n$  ( $1 \leq n \leq 1000$ ,  $M \leq n^2$ ). Если одно и то же число представимо несколькими способами в виде суммы кубов натуральных чисел, выводить его столько раз, сколькими способами оно представляется.

### Экзамен

Вопросы к экзамену:

1. Основные сложностные ресурсы: время, память. Понятие верхних и нижних оценок сложности, в среднем, сложность в худшем случае (на примере задачи сортировки). Доказательство нижней оценки сложности задачи сортировки. Свойства алгоритмов сортировки. Сравнительный анализ различных алгоритмов сортировки. Нижняя оценка задачи сортировки.
2. Понятие амортизированной (учетной) сложности алгоритмов. Два метода получения оценок учетной сложности. Оценка учетной сложности для структуры данных? двоичный счетчик и для массива переменного размера.
3. Алгоритм Quick\_Sort. Два различных алгоритма Partition. Способы выбора опорного элемента для процедуры Partition, их анализ. Примеры неудачного выбора опорных элементов. Сложность Quick-Sort в худшем и среднем случаях. Экономия стековой памяти для алгоритма Quick\_Sort.
4. Приоритетные очереди как абстрактный тип данных. Основные операции. Различные способы реализации приоритетных очередей, их сравнение. Бинарные кучи как специальный вид приоритетных очередей. Основные операции для куч, их сложностной анализ. Линейный алгоритм построения двоичной кучи.
5. Самоорганизующиеся структуры данных: примеры. Различные стратегии для самоорганизации, их сравнение. Самоорганизующиеся списки. Анализ учетной сложности.
6. Хеш-таблицы как абстрактный тип данных. Основные операции. Способы реализации хеш-таблиц. Их сравнительный анализ. Понятие хеш-функции, понятие коллизии.
7. Splay-деревья как пример самоорганизующихся структур данных. Реализация операций вставки, удаления, слияния и разделения для splay-деревьев. Анализ учетной сложности основных операций.



8. Задача слияния упорядоченных последовательностей. Оптимальное слияние нескольких упорядоченных последовательностей различной длины. Оптимальное слияние двух упорядоченных последовательностей различной длины. Внешнее слияние.
9. Сливаемые очереди с приоритетами: их разновидности. Основные операции, их анализ и сложность.
10. Сортировка слиянием. Анализ, временная сложность и сложность по памяти. Основная процедура ? Merge. Merge без использования дополнительной памяти. Внешняя сортировка слиянием.

#### 6.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

В КФУ действует балльно-рейтинговая система оценки знаний обучающихся. Суммарно по дисциплине (модулю) можно получить максимум 100 баллов за семестр, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов.

Для зачёта:

56 баллов и более - "зачтено".

55 баллов и менее - "не зачтено".

Для экзамена:

86 баллов и более - "отлично".

71-85 баллов - "хорошо".

56-70 баллов - "удовлетворительно".

55 баллов и менее - "неудовлетворительно".

Форма контроля	Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	Этап	Количество баллов
<b>Семестр 1</b>			
<b>Текущий контроль</b>			
Контрольная работа	Контрольная работа проводится в часы аудиторной работы. Обучающиеся получают задания для проверки усвоения пройденного материала. Работа выполняется в письменном виде и сдаётся преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.	1	15
Устный опрос	Устный опрос проводится на практических занятиях. Обучающиеся выступают с докладами, сообщениями, дополнениями, участвуют в дискуссии, отвечают на вопросы преподавателя. Оценивается уровень домашней подготовки по теме, способность системно и логично излагать материал, анализировать, формулировать собственную позицию, отвечать на дополнительные вопросы.	2	10
Компьютерная программа	Обучающиеся самостоятельно составляют программу на определённом языке программирования в соответствии с заданием. Программа сдаётся преподавателю в электронном виде. Оценивается реализация алгоритмов на языке программирования, достижение заданного результата.	3	25
<b>Экзамен</b>	Экзамен нацелен на комплексную проверку освоения дисциплины. Экзамен проводится в устной или письменной форме по билетам, в которых содержатся вопросы (задания) по всем темам курса. Обучающемуся даётся время на подготовку. Оценивается владение материалом, его системное освоение, способность применять нужные знания, навыки и умения при анализе проблемных ситуаций и решении практических заданий.		50

#### 7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

##### 7.1 Основная литература:

1. Вирт, Никлаус. Алгоритмы и структуры данных. Новая версия для Оберона / Никлаус Вирт ; пер. с англ. под ред. д.ф.-м.н. Ткачева Ф. В. - Москва : ДМК Пресс, 2014. - 272 с.
2. Тюкачев, Н.А. С#. Алгоритмы и структуры данных [Электронный ресурс] / Н.А. Тюкачев, В.Г. Хлебостроев. - Электрон. дан. - Санкт-Петербург : Лань, 2017. - 232 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/94748>
3. Комбинаторные алгоритмы: множества, графы, коды/БыковаВ.В. - Краснояр.: СФУ, 2015. - 152 с.: ISBN 978-5-7638-3155-9 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/550333>
4. Струченков В.И., Дискретная оптимизация. Модели, методы, алгоритмы решения прикладных задач [Электронный ресурс] / Струченков В.И. - М. : СОЛОН-ПРЕСС, 2016. - 192 с. - ISBN 978-5-91359-181-4 - Режим доступа: <http://www.studmedlib.ru/book/ISBN9785913591814.html>



7.2. Дополнительная литература:

1. Окулов, С.М. Динамическое программирование [Электронный ресурс] : учеб. пособие / С.М. Окулов, О.А. Пестов. - Электрон. дан. - Москва : Издательство 'Лаборатория знаний', 2015. - 299 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/66114>

2. Черняк, А.А. Математическое программирование. Алгоритмический подход [Электронный ресурс] : учеб. пос. / А.А. Черняк, Ж.А. Черняк, Ю.М. Метельский. - Минск: Выш. шк., 2006. - 352 с.: ил. - ISBN 978-985-06-1356-1. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/505174>

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

Алгоритмы и структуры данных - <https://www.lektorium.tv/course/22823>

Видеолекции курса Алгоритмы и структуры данных - <https://yandexdataschool.ru/edu-process/courses/algorithms>

Основные структуры данных и алгоритмы - <http://codenamecrud.ru/ruby-programming/common-data-structures-and-algorithms>

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

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	<p>Изучение курса 'Алгоритмы и структуры данных поиска' имеет своей целью дать студентам систематизированное представление о существующих структурах данных, ориентированных на задачу поиска и использующихся в алгоритмах для решения задач дискретной математики, об оценках эффективности выполнения основных операций. Одной из основных задач курса является изучение способов представления структур данных, их применение и сравнительный анализ при решении различного рода задач, ознакомление студентов с фундаментальными алгоритмами обработки данных (задача поиска, сортировка, алгоритмы на графах), сравнительный анализ алгоритмов решения этих задач. Кроме того, в рамках курса предполагается проведение практических занятий, на которых производится отработка практических навыков в области программирования, позволяющих на творческом уровне применять эффективные методы решения задач, включающих в себя анализ задач, выбор подходящей структуры данных, реализацию построенного алгоритма на одном из языков программирования.</p> <p>Это может быть успешным только при условии правильной организации работы на каждом этапе учебного процесса: на лекциях, на лабораторных занятиях, при подготовке к занятиям и зачету, при выполнении практических задач и контрольных работ, при самостоятельном изучении отдельных разделов.</p> <p>Лекционные занятия:</p> <p>На первом лекционном занятии по данной учебной дисциплине необходимо ознакомить студентов с содержанием курса, раскрыть место и роль дисциплины в современном программировании, ее практическое значение, проанонсировать основные разделы курса, порядок его изучения, изложить основные требования, которые должны быть выполнены студентом для положительной аттестации по данному курсу, довести до студентов требования к знанию предмета, ответить на вопросы. Каждое лекционное занятие следует начинать с краткого напоминания о том, что рассматривалось в предыдущей лекции, при этом рекомендуется провести устный опрос по изученному материалу. Излагаемый на лекции теоретический материал необходимо подкреплять практическими примерами и задачами, закрепляющими правильное понимание теории. Необходимо заострять внимание студентов на вопросах сложности реализации алгоритмов и выполнения основных операций для структур данных. Необходимо обсуждать, как меняется сложность реализации алгоритма для решения различных задач в зависимости от используемых структур данных. В конце лекции необходимо ответить на возникающие вопросы. Полезно инициировать дискуссии по рассматриваемым вопросам, с целью приучить студентов критически относиться к процессу разработки алгоритма и выбору структур данных для его реализации. Полезно завести рабочую тетрадь для учета посещаемости занятий студентами и их активности на занятиях в соответствующих баллах.</p>



Вид работ	Методические рекомендации
лабораторные работы	<p>В начале лабораторного занятия необходимо напомнить основные понятия и теоретические результаты, а также продемонстрировать подходы к решению практических задач. Следует предложить выступить с решением тем студентам, которые по тем или иным причинам пропустили лекционное занятие или проявляют пассивность. Целесообразно в ходе обсуждения решения задачи задавать выступающим и аудитории дополнительные и уточняющие вопросы с целью выяснения уровня усвоения теоретических аспектов обсуждаемых проблем. Поощрять выступления с места в виде кратких дополнений и вопросов к выступающим и преподавателю. Полезно проводить групповые и индивидуальные консультации студентов по вопросам, возникающим у студентов в ходе их подготовки к текущей и промежуточной аттестации по учебной дисциплине, рекомендовать в помощь учебные и другие материалы, а также справочную литературу. В рамках курса предусмотрено выполнение практических заданий, связанных с решением задач дискретной математики. Целью выполнения практических заданий является закрепление теоретических знаний, полученных на лекциях и в ходе самостоятельного изучения материала, отработка навыков применения теоретических знаний на практике. При выполнении заданий студент должен осознанно и критически подойти к выбору алгоритма, подходящей структуры данных, реализовать алгоритм на одном из языков программирования, протестировать программу на различных входных данных, уделив особое внимание подготовке тестов, способных выявить возможные недочеты как алгоритмического характера, так и связанные с программной реализацией алгоритма. Выполненные задания должны быть сданы преподавателю с подробным устным объяснением, каким именно образом производился выбор алгоритма и подходящей структуры данных, какие еще варианты структур данных было возможно использовать для данной задачи и с учетом каких соображений было отдано предпочтение выбранной студентом структуре данных. Студент должен оценить сложность построенного им алгоритма и объяснить, каким именно образом данная оценка сложности им получена. Такой подход призван научить студента критически подходить к своей работе, к выбранному им решению, с учетом возможных существующих альтернатив, научить аргументировать свой выбор. Выполнение практических заданий направлено на расширение кругозора студента, поскольку он должен ознакомиться с возможными способами решения проблемы, с большим спектром задач дискретной математики, уметь защищать выбранную точку зрения.</p>
самостоятельная работа	<p>Преподаватель организует самостоятельную работу студентов, отмечая вопросы, которые должны быть изучены самостоятельно, и рекомендуя литературные источники. На лабораторных занятиях преподаватель, для закрепления у студентов полученных знаний, предлагает для самостоятельного выполнения упражнения аналогичные тем, которые были рассмотрены ранее на занятии. Также для самостоятельного решения предлагается: доказательство некоторых частных утверждений, что способствует более глубокому пониманию изучаемой темы и развитию абстрактного мышления, а также выполнение практических заданий, которые студент должен сдать преподавателю на лабораторном занятии. Решение практических задач предусматривает систематическую самостоятельную работу студентов над дополнительными материалами; развитие навыков самоконтроля, способствующих интенсификации учебного процесса. Изучение лекционного материала по конспекту лекций также должно сопровождаться изучением рекомендуемой литературы, основной и дополнительной. Основной целью организации самостоятельной работы студентов является систематизация и активизация знаний, полученных ими на лекциях и в процессе подготовки к лабораторным занятиям. Студентам следует стремиться к активизации знаний на занятиях и по другим общематематическим дисциплинам. Таким образом, самостоятельная работа по изучению курса предполагает внеаудиторную работу, включающую:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Выполнение упражнений, оставленных на дом.</li> <li>2. Изучение вопросов, оставленных на самостоятельное изучение.</li> <li>3. Подготовку к экзамену.</li> </ol> <p>Этапы подготовки к лабораторным занятиям:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Просмотр записей лекционного курса.</li> <li>2. Составление резюме прочитанной главы соответствующего раздела рекомендуемого теоретического источника ли учебника.</li> <li>3. Выполнение заданий по теме и их комментирование.</li> </ol> <p>Особо важным этапом является резюме прочитанного теоретического источника, так как это является важным условием подготовки к экзамену.</p>



Вид работ	Методические рекомендации
контрольная работа	При подготовке к контрольной работе необходимо просмотреть лекционный материал по соответствующим темам, воспользоваться при необходимости основной и дополнительной литературой из списка рекомендованных источников. Также рекомендуется просмотреть решения задач по темам, выносимым на контрольную работу, которые выполнялись на лабораторных занятиях.
устный опрос	Устный опрос направлен на проверку правильности усвоения материала и выявление проблемных мест. Для подготовки к устному опросу рекомендуется просмотреть конспекты лекций, при необходимости воспользоваться дополнительной литературой. Рекомендуется задавать вопросы на лекциях, во время рассмотрения очередной темы, чтобы не оставалось непонятых моментов.
компьютерная программа	Компьютерная программа выполняется на занятиях и самостоятельно во время самостоятельной работы. Готовая компьютерная программа сдается преподавателю с подробным объяснением. Особое внимание при этом должно уделяться вопросам эффективности и сложности. Рекомендуется своевременно выполнять задания по программированию, с тем, чтобы не накапливать большого объема не сданного материала.
экзамен	При подготовке к экзамену особое внимание должно уделяться систематизации полученных знаний. При подготовке рекомендуется воспользоваться конспектами лекций и также литературой из списка основной и дополнительной литературы. Возникающие вопросы, особенно по темам, выносимым на самостоятельное изучение, рекомендуется обсуждать на консультациях.

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

Освоение дисциплины "Алгоритмы и структуры данных поиска" предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows Professional 7 Russian

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 2010 Professional Plus Russian

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "Консультант студента", доступ к которой предоставлен обучающимся. Многопрофильный образовательный ресурс "Консультант студента" является электронной библиотечной системой (ЭБС), предоставляющей доступ через сеть Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретенным на основании прямых договоров с правообладателями. Полностью соответствует требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования к комплектованию библиотек, в том числе электронных, в части формирования фондов основной и дополнительной литературы.

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

Освоение дисциплины "Алгоритмы и структуры данных поиска" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:



Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

## **12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 01.04.02 "Прикладная математика и информатика" и магистерской программе Анализ данных и его приложения .