

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное учреждение

высшего профессионального образования

"Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Институт вычислительной математики и информационных технологий



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Проф. Татарский Да



20\_\_ г.

подписано электронно-цифровой подписью

**Программа дисциплины**

Алгоритмы комбинаторной оптимизации Б1.Б.4

Направление подготовки: 01.04.02 - Прикладная математика и информатика

Профиль подготовки: Методы прикладной математической статистики

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Гайнутдинова А.Ф.

**Рецензент(ы):**

Миссаров М.Д.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Аблаев Ф. М.

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_ от "\_\_\_\_" 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Института вычислительной математики и информационных технологий:

Протокол заседания УМК № \_\_\_\_ от "\_\_\_\_" 201\_\_ г

Регистрационный № 937417

Казань

2017

## **Содержание**

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. Гайнутдинова А.Ф. кафедра теоретической кибернетики отделение фундаментальной информатики и информационных технологий , Aida.Gainutdinova@kpfu.ru

## 1. Цели освоения дисциплины

Данная дисциплина входит в учебный план подготовки магистров по направления 38.04.05 'Бизнес-информатика'. Магистерская программа Математические методы и информационные технологии в бизнесе'. Цель изучения дисциплины - дать студентам систематизированные знания основных принципов решения вычислительно сложных задач дискретной комбинаторной оптимизации с использованием точных и эвристических методов и выработка соответствующих компетенций.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б1.Б.4 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 01.04.02 Прикладная математика и информатика и относится к базовой (общепрофессиональной) части. Осваивается на 1 курсе, 2 семестр.

Данная дисциплина проводится на 1 курсе в 1 семестре.

## 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-1 (общекультурные компетенции)	способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу
ОК-2 (общекультурные компетенции)	готовность действовать в нестандартных ситуациях, нести социальную и этическую ответственность за принятые решения
ОПК-4 (профессиональные компетенции)	способность использовать и применять углубленные знания в области прикладной математики и информатики
ПК-2 (профессиональные компетенции)	способность разрабатывать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач
ПК-3 (профессиональные компетенции)	способностью углубленного анализа проблем, постановки и обоснования задач научной и проектно-технологической деятельности
ПК-4 (профессиональные компетенции)	способность разрабатывать концептуальные и теоретические модели решаемых задач проектной и производственно-технологической деятельности
ПК-9 (профессиональные компетенции)	способностью к преподаванию математических дисциплин и информатики в образовательных организациях основного общего, среднего общего, среднего профессионального и высшего образования

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

- Твердо знать код алгоритма быстрой сортировки и среднее время его работы

- Методы доказательства NP-полноту несложных комбинаторных задач
- Понятия сложность алгоритма, сложность задачи

2. должен уметь:

- Уметь провести вероятностный анализ простейших комбинаторных алгоритмов.
- Уметь реализовать алгоритмы сортировки, работающие за линейное время (при ограниченной длине сортируемых объектов).
- Оценить время работы и реализовать приближённые алгоритмы для решения комбинаторных задач теории расписаний и дискретной оптимизации

3. должен владеть:

методами анализа прикладной области на концептуальном, логическом, математическом и алгоритмическом уровнях

4. должен демонстрировать способность и готовность:

Студенты, завершившие изучение данной дисциплины, должны:

- Уметь провести вероятностный анализ простейших комбинаторных алгоритмов.
- Твердо знать код алгоритма быстрой сортировки и среднее время его работы
- Уметь реализовать алгоритмы сортировки, работающие за линейное время (при ограниченной длине сортируемых объектов).
- Доказывать NP-полноту несложных комбинаторных задач
- Оценить время работы и реализовать приближённые алгоритмы для решения комбинаторных задач теории расписаний и дискретной оптимизации

#### 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) 108 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен во 2 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

##### Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Тема 1. Вероятностный анализ наиболее часто используемых алгоритмов.	2	1	3	0	0	Устный опрос

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
2.	Тема 2. Тема 2. Анализ в худшем случае.	2	2	3	0	0	Устный опрос
3.	Тема 3. Тема 3. Вероятностный анализ наиболее часто используемых алгоритмов.	2	3	3	0	0	Контрольная работа
4.	Тема 4. Тема 4. Сортировка за линейное время.	2	4	3	0	0	Устный опрос
5.	Тема 5. Тема 5. Вероятностный анализ алгоритма решения задачи об устойчивом паросочетании.	2	5-10	3	0	0	Устный опрос
6.	Тема 6. Тема 6. Основные понятия теории сложности.	2	11-12	3	0	0	Устный опрос
7.	Тема 7. Тема 7. Методы доказательства NP-полноты.	2	13	3	0	0	Контрольная работа
8.	Тема 8. Тема 8. Приближенные алгоритмы для решения комбинаторных задач.	2	14-16	3	0	0	Устный опрос
9.	Тема 9. Тема 9. Методы локального поиска для решения комбинаторных задач.	2	17-18	4	0	0	Устный опрос
.	Тема . Итоговая форма контроля	2		0	0	0	Экзамен
	Итого			28	0	0	

## 4.2 Содержание дисциплины

### Тема 1. Тема 1. Вероятностный анализ наиболее часто используемых алгоритмов.

#### лекционное занятие (3 часа(ов)):

Вероятностный анализ наиболее часто используемых алгоритмов: Среднее количество переприсваиваний в алгоритме нахождения максимального элемента массива. Алгоритм быстрой сортировки. Среднее число операций в алгоритме быстрой сортировки.

### Тема 2. Тема 2. Анализ в худшем случае.

#### лекционное занятие (3 часа(ов)):

Анализ в худшем случае: Нижняя граница для максимального числа сравнений в любом алгоритме сортировки. Примеры алгоритмов сортировки для которых достигается нижняя граница. Дополнение к предыдущей теме: Нижняя граница для среднего числа сравнений.

### **Тема 3. Тема 3. Вероятностный анализ наиболее часто используемых алгоритмов.**

#### **лекционное занятие (3 часа(ов)):**

Вероятностный анализ наиболее часто используемых алгоритмов: Среднее количество переприсваиваний в алгоритме нахождения максимального элемента массива. Алгоритм быстрой сортировки. Среднее число операций в алгоритме быстрой сортировки.

### **Тема 4. Тема 4. Сортировка за линейное время.**

#### **лекционное занятие (3 часа(ов)):**

Сортировка за линейное время. Сортировка подсчетом. Цифровая сортировка. Сортировка быкерпыванием.

### **Тема 5. Тема 5. Вероятностный анализ алгоритма решения задачи об устойчивом паросочетании.**

#### **лекционное занятие (3 часа(ов)):**

Вероятностный анализ алгоритма решения задачи об устойчивом паросочетании: существование устойчивого паросочетания, основной алгоритм. Применение к задаче о кратчайшем пути. Поведение в среднем основного алгоритма.

### **Тема 6. Тема 6. Основные понятия теории сложности.**

#### **лекционное занятие (3 часа(ов)):**

Основные понятия теории сложности. Задача распознавания. Классы P и NP.

Полиномиальная сводимость. Задача ВЫПОЛНИМОСТЬ. Теорема Кука. NP-полнная задача.

### **Тема 7. Тема 7. Методы доказательства NP-полноты.**

#### **лекционное занятие (3 часа(ов)):**

Методы доказательства NP-полноты Примеры NP-полных задач. Псевдополиномиальный алгоритм для решения задачи о рюкзаке.

### **Тема 8. Тема 8. Приближенные алгоритмы для решения комбинаторных задач.**

#### **лекционное занятие (3 часа(ов)):**

Приближенные алгоритмы для решения комбинаторных задач: задачи коммивояжера, задачи о рюкзаке. Оценка в худшем случае. Вероятностный анализ относительной погрешности некоторых приближенных алгоритмов.

### **Тема 9. Тема 9. Методы локального поиска для решения комбинаторных задач.**

#### **лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Методы локального поиска для решения комбинаторных задач. Определение окрестностей в задаче коммивояжера, в задаче о двухмашинном конвеерном расписании.

## **4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)**

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Тема 1. Вероятностный анализ наиболее часто используемых алгоритмов.	2	1	подготовка к устному опросу	4	Устный опрос
2.	Тема 2. Тема 2. Анализ в худшем случае.	2	2	подготовка к устному опросу	4	Устный опрос
3.	Тема 3. Тема 3. Вероятностный анализ наиболее часто используемых алгоритмов.	2	3	подготовка к контрольной работе	4	Контрольная работа

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
4.	Тема 4. Тема 4. Сортировка за линейное время.	2	4	подготовка к устному опросу	4	Устный опрос
5.	Тема 5. Тема 5. Вероятностный анализ алгоритма решения задачи об устойчивом паросочетании.	2	5-10	подготовка к устному опросу	12	Устный опрос
6.	Тема 6. Тема 6. Основные понятия теории сложности.	2	11-12	подготовка к устному опросу	4	Устный опрос
7.	Тема 7. Тема 7. Методы доказательства NP-полноты.	2	13	подготовка к контрольной работе	2	Контрольная работа
8.	Тема 8. Тема 8. Приближенные алгоритмы для решения комбинаторных задач.	2	14-16	подготовка к устному опросу	6	Устный опрос
9.	Тема 9. Тема 9. Методы локального поиска для решения комбинаторных задач.	2	17-18	подготовка к устному опросу	4	Устный опрос
Итого					44	

## 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Обучение происходит в форме лекций, а также самостоятельной работы студентов.

## 6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

### Тема 1. Тема 1. Вероятностный анализ наиболее часто используемых алгоритмов.

Устный опрос , примерные вопросы:

Подготовка к устному опросу (чтение лекций, дополнительной литературы) по теме: Вероятностный анализ наиболее часто используемых алгоритмов. Вопросы: 1. Как оценивается среднее количество операций на примере алгоритма нахождения максимального элемента в массиве. 2. Оценка среднего количества операции сравнения пар элементов в алгоритме сортировки вставкой.

### Тема 2. Тема 2. Анализ в худшем случае.

Устный опрос , примерные вопросы:

Подготовка к устному опросу (чтение лекций, дополнительной литературы) по теме: Анализ в худшем случае. Вопросы: 1. Что такое сложность алгоритма в худшем случае. В чем ее отличие от сложности в среднем и в лучшем случае. 2. Как оценивается сложность в худшем случае для алгоритма сортировки вставкой. 3. Как оценивается сложность в худшем случае для алгоритма сортировки выбором. 4. Как оценивается сложность в худшем случае для алгоритма сортировки слиянием.

### Тема 3. Тема 3. Вероятностный анализ наиболее часто используемых алгоритмов.

Контрольная работа , примерные вопросы:

Задание: 1. Оценить сложность в среднем алгоритма сортировки вставкой. 2. Оценить сложность в среднем алгоритма сортировки слиянием. 3. Оценить сложность в среднем алгоритма быстрой сортировки.

#### **Тема 4. Тема 4. Сортировка за линейное время.**

Устный опрос , примерные вопросы:

Подготовка к устному опросу (чтение лекций, дополнительной литературы) по теме: Сортировка за линейное время. Вопросы: 1. Алгоритмы сортировки за линейное время, их реализация и анализ.

#### **Тема 5. Тема 5. Вероятностный анализ алгоритма решения задачи об устойчивом паросочетании.**

Устный опрос , примерные вопросы:

Подготовка к устному опросу (чтение лекций, дополнительной литературы) . Вопросы: 1.

Формулировка задачи об устойчивом паросочетании и ее практическое применение.

Существование устойчивого паросочетания в графе. 2. Как проводится вероятностный анализ алгоритма нахождения устойчивого паросочетания и в чем его суть. 3. Сложность алгоритма в среднем.

#### **Тема 6. Тема 6. Основные понятия теории сложности.**

Устный опрос , примерные вопросы:

Подготовка к устному опросу (чтение лекций, дополнительной литературы) по теме: Основные понятия теории сложности. Вопросы: 1. Что такое сложность по времени и сложность по памяти, как они определяются. Как связаны между собой эти меры сложности. 2. Что такое классы сложности, как они определяются. 3. Что такое класс LOGSPACE, P, NP, PSPACE, EXPTIME. Как они взаимоотносятся друг с другом.

#### **Тема 7. Тема 7. Методы доказательства NP-полноты.**

Контрольная работа , примерные вопросы:

Задание: 1. Доказать NP-полноту заданного языка. 2. Показать полиномиальную сводимость двух заданных языков.

#### **Тема 8. Тема 8. Приближенные алгоритмы для решения комбинаторных задач.**

Устный опрос , примерные вопросы:

Подготовка к устному опросу (чтение лекций, дополнительной литературы) по теме: Приближенные алгоритмы для решения комбинаторных задач. Вопросы: 1.Приближенный алгоритм решения задачи коммивояжера, оценка сложности и вероятности ошибки.

#### **Тема 9. Тема 9. Методы локального поиска для решения комбинаторных задач.**

Устный опрос , примерные вопросы:

Подготовка к устному опросу (чтение лекций, дополнительной литературы) по теме: Методы локального поиска для решения комбинаторных задач. Вопросы: Алгоритм решения данной комбинаторной задачи методом локального поиска, анализ его сложности, и вероятности ошибки.

#### **Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к экзамену:

Примерные вопросы и задачи, входящие в экзаменационные билеты:

1. Приведите пример исходного файла, отличного от файла (1,2,3,...), для которого в невероятностном алгоритме быстрой сортировки один из двух массивов, на которые происходит разбиение в алгоритме, всегда имеет единичную длину.
2. Докажите, что наименьшее время работы невероятностного алгоритма быстрой сортировки есть величина того же порядка, что и его среднее время работы.
3. Придумайте алгоритм (и напишите программу с его реализацией), с помощью которого исходный массив за время, пропорциональное длине массива, делится на три части: меньшую,

чем выбранный элемент, равную выбранному элементу, и большую, чем выбранный элемент.

Как этот алгоритм можно использовать для усовершенствования алгоритма быстрой сортировки? Комментарий: именно эта модификация алгоритма быстрой сортировки, используется в доказательстве Левина теоремы о среднем времени работы алгоритма быстрой сортировки.

4. Покажите, как работает процедура "Разбиение" алгоритма быстрой сортировки на массиве  $a=(13,19,9,5,12,8,7,,4,11,2,6,21)$ .

5. Пусть все элементы исходного массива равны. На какие части процедура "Разбиение" разобьет исходный массив?

6. Приведите простое соображение, объясняющее почему время работы процедуры "Разбиение" пропорционально длине исходного массива.

7. Покажите, как работает алгоритм пирамидальной сортировки на массиве  $a$  из упражнения 4.

8. Пусть исходный массив уже отсортирован в порядке возрастания. Каково будет время работы алгоритма пирамидальной сортировки? А если массив был отсортирован в порядке убывания?

9. Где может находиться наименьший элемент кучи (пирамиды), если все ее элементы различны?

10. Пусть массив отсортирован в обратном порядке (первый элемент наибольший). Является ли такой массив кучей (пирамидой)?

11. Является ли кучей массив  $(23,17,14,6,13,10,1,5,7,12)$ ?

12. Докажите по индукции, что алгоритм цифровой сортировки правилен. Где в вашем доказательстве используется устойчивость алгоритма цифровой сортировки?

13. Как за время, пропорциональное длине массива отсортировать массив из целых положительных чисел, не превосходящих квадрата длины исходного массива?

14. Каково время работы алгоритма сортировки вычерпыванием в худшем случае.

15. Предположим, что на вход алгоритма сортировки поступает выборка из значений случайной величины, функция распределения которой известна и вычисляется за константное время. Придумайте алгоритм сортировки, среднее время которого, пропорционально длине исходного массива.

16. Пусть имеется 68 монет различного веса и чашечные весы без гирь. Как за 100 взвешиваний найти самую легкую и самую тяжелую монету?

17. Будет ли алгоритм "детерминированный выбор i-го по счету элемента" работать так же линейное время, если разбивать исходный массив на группы не из пяти, а из семи элементов. Покажите, что для групп из трех элементов рассуждение не проходит.

18. Модифицируйте алгоритм быстрой сортировки так, чтобы он работал время порядка  $n \log n$  в худшем случае.

19. Пусть алгоритм выбора i-го по счету элемента использует только попарные сравнения. Покажите, что с помощью тех же сравнений можно в качестве побочного результата получить списки элементов, меньших искомого, а также больших искомого.

20. Пусть у нас есть какой-то алгоритм, находящий медиану за линейное в худшем случае время. Используя его в качестве подпрограммы, разработайте алгоритм, решающий задачу нахождения произвольной порядковой статистики за линейное время.

21. Профессор консультирует нефтяную компанию, которой требуется провести магистральный трубопровод в направлении строго с запада на восток через нефтеносное поле, на котором расположены  $n$  нефтяных скважин. От каждой скважины необходимо провести к магистрали трубопровод по кратчайшему пути (строго на север или на юг). Координаты всех скважин профессору известны; необходимо выбрать местоположение

магистрали, чтобы сумма длин всех трубопроводов, ведущих от скважин к магистрали, была минимальна. Покажите, что оптимальное место для магистрали можно найти за линейное время.

22. Задача о выборе места для почты состоит в следующем. Имеется некоторое количество домов, для каждого из которых известна интенсивность хождения почтальона в них.

Требуется найти местоположение почты, для которого сумма расстояний до всех домов с весами, пропорциональными интенсивностям хождения в них будет минимальна. Покажите, что в одномерном случае взвешенная медиана будет решением этой задачи.

23. Как найти взвешенную медиану  $n$  чисел с помощью сортировки за время порядка  $n \log n$ . Как модифицировать алгоритм нахождения  $i$ -го по счету элемента для решения этой задачи за время пропорциональное длине исходного массива

24. Как найти оптимальное решение задачи о расположении почты в двумерном случае, если почтальон может перемещаться лишь вдоль двух перпендикулярных направлений? (Эту задачу называют задачей о расположении почты в Манхэттене.)

25. Первой в салон самолета заходит сумашедшая, которая садится на первое попавшееся место. Все остальные пассажиры садятся на их места, если это место не занято, и на случайное место в противном случае. В конце концов все места в салоне самолета оказываются занятыми. Какова доля пассажиров, сидящих на своих местах?

## 7.1. Основная литература:

1. Лесин, В.В. Основы методов оптимизации. [Электронный ресурс] / В.В. Лесин, Ю.П. Лисовец. ? Электрон. дан. ? СПб. : Лань, 2016. ? 344 с. ? Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/86017> ? Загл. с экрана.
2. Теория графов в задачах и упражнениях: более 200 задач с подробными решениями / В. А. Емеличев, И. Э. Зверович, О. И. Мельников [и др.]. -Москва: URSS: ЛИБРОКОМ, 2013]. -415 с.
3. Ашманов С.А. Тимохов А.В. Теория оптимизации в задачах и упражнениях/. - СПБ; Лань, 2012 - 448с.- Режим доступа:  
<http://e.lanbook.com/view/book/3799/>

## 7.2. Дополнительная литература:

1. Заботин И.Я., Фазылов В.Р., Шульгина О.Н. Алгоритмы решения оптимизационных задач на графах. Казань: Изд-во КГУ. - 2006. - 68 с.
2. Дискретная математика: графы и автоматы: учеб. пособие / Ю.А. Альгин, С.Н. Ильин; Казан. гос. ун-т. -Казань, 2006.
3. Иваньшин, Петр Николаевич (канд. физ.-мат. наук ; 1979 -) .  
Дискретная математика. Теория конечных языков и автоматов [Текст: электронный ресурс] / Иваньшин П. Н. - Электронные данные (1 файл: 0,63 Мб) . - (Казань : Казанский федеральный университет, 2012) .

## 7.3. Интернет-ресурсы:

Сайт - <http://www.intuit.ru/studies/courses/65/65/lecture/1898>

Сайт -

<http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D0%B1%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D1%88>

Сайт - <http://ru.convdocs.org/docs/index-160254.html>

Сайт - <http://logic.pdmi.ras.ru/csclub/node/1331>

Сайт -  
<http://student.zoomru.ru/informat/kombinatornye-algoritmy-resheniya-shkolnyh-zadach/225535.178>

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)**

Освоение дисциплины "Алгоритмы комбинаторной оптимизации" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

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.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен студентам. 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.

Освоение дисциплины "Анализ комбинаторных алгоритмов" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Практические занятия по дисциплине проходят в компьютерном классе, оснащенном мультимедийным оборудованием.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 01.04.02 "Прикладная математика и информатика" и магистерской программе Методы прикладной математической статистики .

Автор(ы):

Гайнутдинова А.Ф. \_\_\_\_\_  
"\_\_\_" 201 \_\_\_ г.

Рецензент(ы):

Миссаров М.Д. \_\_\_\_\_  
"\_\_\_" 201 \_\_\_ г.