

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

ДЕПАРТАМЕНТ  
ОБРАЗОВАНИЯ  
(ДО КФУ)

» 20\_\_ г.

подписано электронно-цифровой подписью

### Программа дисциплины

Методы оптимизации и исследование операций Б1.Б.22

Направление подготовки: 02.03.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии

Профиль подготовки: Системный анализ и информационные технологии

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Коннов И.В.

**Рецензент(ы):**

Андрианова А.А.

### **СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Латыпов Р. Х.

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

Учебно-методическая комиссия Института вычислительной математики и информационных технологий:

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

Регистрационный No 945318

Казань

2018

## **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) главный научный сотрудник, д.н. (профессор) Коннов И.В. НИЦ Фундаментальная и прикладная информатика Институт вычислительной математики и информационных технологий, Igor.Konnov@kpfu.ru

## 1. Цели освоения дисциплины

Цель курса: ознакомить студентов с базовыми моделями оптимизационного типа, основными методами их исследования и поиска решений. В числе рассматриваемых классов находятся задачи линейного программирования, включая задачи транспортного типа, решаемые с помощью конечных методов. Для исследования задач нелинейной оптимизации привлекается аппарат выпуклого анализа и условия оптимальности. Излагаются также основные подходы к построению методов минимизации выпуклых функций, в том числе с нелинейными ограничениями. Параллельно изложению проводится решение тестовых задач.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.Б.22 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 02.03.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии и относится к базовой (общепрофессиональной) части. Осваивается на 3 курсе, 6 семестр.

Данная дисциплина относится к общепрофессиональным дисциплинам.

Изучение основывается на результатах изучения дисциплин 'Алгебра и геометрия', 'Математический анализ 1', 'Математический анализ 2'. Является основой для специальных дисциплин, связанных с математическими основами управления: 'Теория игр и принятие решений', 'Моделирование информационных процессов', 'Машинное обучение' и пр. Также знания и навыки, полученные в ходе изучения дисциплины, могут быть использованы для написания курсовых и выпускных квалификационных работ

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-1 (профессиональные компетенции)	способностью использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с фундаментальной информатикой и информационными технологиями
ПК-11 (профессиональные компетенции)	способностью составлять и контролировать план выполняемой работы, планировать необходимые для выполнения работы ресурсы, оценивать результаты собственной работы
ПК-2 (профессиональные компетенции)	способностью понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат, фундаментальные концепции и системные методологии, международные и профессиональные стандарты в области информационных технологий
ПК-4 (профессиональные компетенции)	способностью решать задачи профессиональной деятельности в составе научно-исследовательского и производственного коллектива

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-7 (профессиональные компетенции)	способностью разрабатывать и реализовывать процессы жизненного цикла информационных систем, программного обеспечения, сервисов систем информационных технологий, а также методы и механизмы оценки и анализа функционирования средств и систем информационных технологий

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

- знать основные свойства методов решения задач нелинейной оптимизации.

2. должен уметь:

- решать задачи линейного программирования произвольного вида

с помощью симплекс-метода;

- решать транспортные задачи с помощью метода потенциалов.

3. должен владеть:

- навыками использования различных критериев проверки свойств выпуклости функций;

4. должен демонстрировать способность и готовность:

- проверять выполнение условий оптимальности для нелинейной задачи оптимизации;

- выбирать метод решения задач нелинейной оптимизации.

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных(ые) единиц(ы) 180 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен в 6 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	

Тема 1. Задачи

оптимизации как модели принятия решений.

## домашнее задание

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. Линейное программирование.	6		6	0	8	Письменное домашнее задание
3.	Тема 3. Транспортная задача.	6		4	0	6	Контрольная работа
4.	Тема 4. Элементы выпуклого анализа.	6		4	0	4	Письменное домашнее задание
5.	Тема 5. Методы минимизации функций без ограничений.	6		4	0	4	Письменное домашнее задание
6.	Тема 6. Элементы теории нелинейной оптимизации.	6		5	0	4	Письменное домашнее задание
7.	Тема 7. Методы минимизации функций на простых множествах.	6		4	0	4	Письменное домашнее задание
8.	Тема 8. Методы минимизации функций при нелинейных ограничениях.	6		7	0	4	Контрольная работа
	Тема . Итоговая форма контроля	6		0	0	0	Экзамен
	Итого			36	0	36	

## 4.2 Содержание дисциплины

### Тема 1. Задачи оптимизации как модели принятия решений.

#### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Введение. Примеры задач оптимизации. Задачи оптимизации как модели принятия решений.

#### **лабораторная работа (2 часа(ов)):**

Формализация схемы принятия решений, эквивалентность критериев и преобразование целевых функций.

### Тема 2. Линейное программирование.

#### **лекционное занятие (6 часа(ов)):**

Линейное программирование. Графическое представление задачи линейного программирования и ее свойства. Элементы теории двойственности. Симплекс-метод для задач линейного программирования. Методы поиска начального допустимого базиса. Метод симплексных таблиц.

### **лабораторная работа (8 часа(ов)):**

Графическое представление задачи линейного программирования, поиск решения пары двойственных задач линейного программирования. Симплекс-метод, способы реализации.

### **Тема 3. Транспортная задача.**

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

Транспортная задача. Транспортная задача в матричной постановке и ее свойства. Метод потенциалов.

#### **лабораторная работа (6 часа(ов)):**

Способы поиска начального плана, метод потенциалов.

### **Тема 4. Элементы выпуклого анализа.**

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

Элементы выпуклого анализа. Выпуклые и замкнутые множества. Проекция и их свойства. Выпуклые функции. Дифференциальные условия выпуклости.

#### **лабораторная работа (4 часа(ов)):**

Выпуклые функции, дифференциальные критерии проверки.

### **Тема 5. Методы минимизации функций без ограничений.**

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

Методы минимизации функций без ограничений. Условие оптимальности в задаче минимизации выпуклой функции. Градиентный метод и его свойства. Метод Ньютона и его свойства. Методы минимизации функций без вычисления производных.

#### **лабораторная работа (4 часа(ов)):**

Реализации градиентного метода и метода Ньютона.

### **Тема 6. Элементы теории нелинейной оптимизации.**

#### **лекционное занятие (5 часа(ов)):**

Элементы теории нелинейной оптимизации. Существование и единственность решений в задаче нелинейной оптимизации. Строгая и сильная выпуклость функций. Дифференциальные и общие критерии различных классов выпуклости. Условия оптимальности в задаче нелинейной оптимизации. Приложение условий оптимальности к теории двойственности.

#### **лабораторная работа (4 часа(ов)):**

Необходимые и достаточные условия оптимальности для разных типов ограничений.

### **Тема 7. Методы минимизации функций на простых множествах.**

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

Методы минимизации функций на простых множествах. Метод проекции градиента. Метод условного градиента. Способы реализации.

#### **лабораторная работа (4 часа(ов)):**

Примеры реализации методов условного градиента и проекции градиента.

### **Тема 8. Методы минимизации функций при нелинейных ограничениях.**

#### **лекционное занятие (7 часа(ов)):**

Методы минимизации функций при нелинейных ограничениях. Методы двойственности. Метод симплексного поиска. Методы штрафных функций.

#### **лабораторная работа (4 часа(ов)):**

Примеры реализации методов двойственности и штрафных функций.

## **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
	Тема 1. Задачи					



оптимизации как модели принятия решений.

домашнего задания

задание

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
2.	Тема 2. Линейное программирование.	6		подготовка домашнего задания	8	домашнее задание
3.	Тема 3. Транспортная задача.	6		подготовка к контрольной работе	8	контрольная работа
4.	Тема 4. Элементы выпуклого анализа.	6		подготовка домашнего задания	8	домашнее задание
5.	Тема 5. Методы минимизации функций без ограничений.	6		подготовка домашнего задания	6	домашнее задание
6.	Тема 6. Элементы теории нелинейной оптимизации.	6		подготовка домашнего задания	6	домашнее задание
7.	Тема 7. Методы минимизации функций на простых множествах.	6		подготовка домашнего задания	6	домашнее задание
8.	Тема 8. Методы минимизации функций при нелинейных ограничениях.	6		подготовка к контрольной работе	8	контрольная работа
	Итого				54	

## 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Изучение дисциплины 'Методы оптимизации' предусматривает систематическую самостоятельную работу студентов над материалами лекций, а решение примеров и выполнение самостоятельных заданий, а также изучение рекомендованной основной и дополнительной литературы. Студентам следует стремиться самостоятельно решать все задачи, предлагаемые преподавателем в ходе курса, а также содержащиеся в рекомендованной литературе.

Прежде всего необходимо усвоить подход к построению моделей оптимизационного типа как формализацию схемы принятия решений. При изучении задач линейного программирования надо самостоятельно решать примеры графическим методом и для лучшего понимания теории двойственности линейного программирования выполнять предлагаемые теоретические задания. Особое внимание следует обратить на самостоятельное численное решение общих задач линейного программирования, особенностей реализации симплекс-метода, а также численное решение транспортной задачи методом потенциалов. При изучении нелинейной оптимизации основу составляют свойства выпуклых множеств и функций. При изучении методов минимизации функций, следует обратить внимание на достоинства и недостатки методов, свойства сходимости.

При изложении теории задач нелинейной оптимизации надо усвоить прежде всего условия существования и единственности решений, необходимые и достаточные условия оптимальности для разных типов ограничений, а также связь двойственных задач и задачи о седловой точке с этими условиями. Следует также обратить внимание на различия методов минимизации функций на простых множествах и при нелинейных ограничениях, а также на особенности их реализации.

При изучении задач нелинейной оптимизации надо самостоятельно выполнять предлагаемые теоретические задания, для лучшего понимания свойств, самостоятельно проводить сравнение свойств сходимости.

С целью закрепления навыков построения математических моделей оптимизационного типа и решения задач оптимизации в состав курса включаются лабораторные занятия, где требуется самостоятельное теоретическое и численное решение задач по основным темам:

построению математических моделей оптимизационного типа, решению задач линейного программирования, транспортной задачи, минимизации гладких функций без ограничений, на простых множествах, при нелинейных ограничениях, изучению свойств выпуклых множеств и функции.

При подготовке к экзамену студентам надо обратить внимание на равную значимость хорошего усвоения обеих компонент курса: теоретического исследования и численного решения задач оптимизации.

Студенты должны приобрести навыки решения задач линейного программирования произвольного вида с помощью симплекс-метода, транспортных задач с помощью метода потенциалов, использовать различные критерии проверки свойств выпуклости функций, проверять выполнение условий оптимальности для нелинейной задачи оптимизации, выбирать метод решения задач нелинейной оптимизации, знать основные свойства таких методов.

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

### **Тема 1. Задачи оптимизации как модели принятия решений.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Решение задач по изучаемой теме. Построение математических моделей (раскрой, задачи размещения, задачи о диете и пр.) как задач оптимизации.

### **Тема 2. Линейное программирование.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Решение задач по изучаемой теме. Решение задачи линейного программирования: геометрическая интерпретация, симплексный метод, транспортная задача.

### **Тема 3. Транспортная задача.**

контрольная работа , примерные вопросы:

Контрольная работа по темам: Задачи линейного программирования и транспортная задача. Примеры вариантов: 1.Найти решение пары двойственных задач линейного программирования в двумерном пространстве прямых переменных графическим способом. 2.Найти решение транспортной задачи методом потенциалов.

### **Тема 4. Элементы выпуклого анализа.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Решение задач по изучаемой теме. Исследование функций и множеств на выпуклость.

### **Тема 5. Методы минимизации функций без ограничений.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Решение задач по изучаемой теме. Решение задач нелинейного программирования градиентным методом и методом Ньютона.

## **Тема 6. Элементы теории нелинейной оптимизации.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Решение задач по изучаемой теме. Решение задач нелинейной оптимизации с помощью условий оптимальности и утверждений теории двойственности.

## **Тема 7. Методы минимизации функций на простых множествах.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Решение задач по изучаемой теме. Решение задач нелинейной оптимизации методами проекции градиента и условного градиента, а также методом штрафных функций.

## **Тема 8. Методы минимизации функций при нелинейных ограничениях.**

контрольная работа , примерные вопросы:

Контрольная работа по темам: Выпуклый анализ, методы нелинейной оптимизации. Примеры вариантов. 1. Решить задачу квадратичного программирования методом условного градиента. 2. Исследовать функцию на выпуклость.

## **Итоговая форма контроля**

экзамен

Примерные вопросы к экзамену:

Примеры тестовых вопросов

На следующие вопросы должен быть дан утвердительный или отрицательный ответ вместе с обоснованием.

1. Решение задачи линейного программирования находится в угловой точке допустимого множества.
2. Оптимальные значения целевых функций пары двойственных задач линейного программирования совпадают.
3. Транспортная задача является задачей линейного программирования.
4. Метод потенциалов является вариантом симплекс-метода.
5. Локальный и глобальный минимумы выпуклой функции на выпуклом множестве совпадают.

Типовой пример домашнего задания

Изучить литературу по задачам линейного программирования.

Найти решение задач в двумерном пространстве графическим способом, указать параметры изменения целевой функции, не меняющие оптимального значения.

Вопросы к экзамену

1. Примеры задач оптимизации. Задачи оптимизации как модели принятия решений.
2. Графическое представление задачи линейного программирования и ее свойства.
3. Элементы теории двойственности.
4. Симплекс-метод для задач линейного программирования.
5. Методы поиска начального допустимого базиса.
6. Метод симплексных таблиц.
7. Транспортная задача в матричной постановке и ее свойства.
8. Метод потенциалов.
9. Выпуклые и замкнутые множества. Проекции и их свойства.
10. Выпуклые функции. Дифференциальные условия выпуклости. Условие оптимальности в задаче минимизации выпуклой функции.
11. Градиентный метод и его свойства.
12. Метод Ньютона и его свойства.
13. Методы минимизации функций без вычисления производных.

14. Существование и единственность решений в задаче нелинейной оптимизации.

Строгая и сильная выпуклость функций.

15. Дифференциальные и общие критерии различных классов выпуклости.

16. Условия оптимальности в задаче нелинейной оптимизации.

17. Приложение условий оптимальности к теории двойственности.

18. Метод проекции градиента.

19. Метод условного градиента.

20. Методы двойственности. Метод симплексного поиска.

21. Методы штрафных функций.

Дополнительные контрольные вопросы для экзамена

Темы:

1. Задачи оптимизации как модели принятия решений.

1.1 Постановки задач оптимизации, укажите основные элементы.

1.2 Формализация схемы принятия решений, укажите основные элементы.

1.3 Эквивалентность критериев и преобразование целевых функций.

2. Линейное программирование.

2.1 Постановка задачи линейного программирования, укажите основные элементы.

2.2 Постановка задачи линейного программирования, укажите основные свойства функций.

2.3 Графическое представление задачи линейного программирования, построить на примере, где  $n=2$ .

2.4 Графическое представление задачи линейного программирования, укажите основные свойства решения.

2.5 Графическое представление задачи линейного программирования, укажите идею конечного метода решения.

2.6 Графическое представление задачи линейного программирования, найдите решение для примера, где  $n=2$ , случай единственности.

2.7 Графическое представление задачи линейного программирования, найдите решение для примера, где  $n=2$ , случай множества решений.

2.8 Построить графическое представление двойственной задачи линейного программирования для примера, где  $m=2$ .

2.9 Общая постановка пары двойственных задач линейного программирования.

2.10 Эквивалентные преобразования задач линейного программирования

2.11 Свойства двойственных задач линейного программирования, лемма двойственности.

2.12 Свойства двойственных задач линейного программирования, обоснование следствий леммы двойственности.

2.13 Теоремы двойственности для задач линейного программирования.

2.14 Поиск решения пары двойственных задач линейного программирования на основе графического представления и теорем двойственности.

2.15 Симплекс-метод, опишите базис и опорные точки.

2.16 Симплекс-метод, опишите итерацию.

2.17 Симплекс-метод, укажите основные свойства.

2.18 Симплекс-метод, укажите способы реализации.

2.19 Симплекс-метод, укажите способы поиска начального базиса.

3. Транспортная задача.

3.1 Постановка транспортной задачи, укажите основные элементы.

3.2 Постановка транспортной задачи при нарушении баланса, укажите способы приведения к обычному виду.

- 3.3 Постановка транспортной задачи, укажите основные свойства.
- 3.4 Метод потенциалов, укажите способы поиска начального плана.
- 3.5 Метод потенциалов, опишите итерацию.
- 3.6 Метод потенциалов, укажите основные свойства.
- 4. Элементы выпуклого анализа.
  - 4.1 Выпуклые и замкнутые множества, примеры.
  - 4.2 Замкнутые множества, примеры.
  - 4.3 Определение проекции, укажите свойства.
  - 4.4 Выпуклые функции, примеры.
  - 4.5 Выпуклые функции, укажите дифференциальные критерии проверки.
- 5. Методы минимизации функций без ограничений.
  - 5.1 Выпуклые функции, необходимое и достаточное условие минимума.
  - 5.2 Градиентный метод, опишите итерацию.
  - 5.3 Градиентный метод, сходимость и скорость сходимости.
  - 5.4 Градиентный метод, выбор длины шага.
  - 5.5 Метод Ньютона, опишите итерацию.
  - 5.6 Метод Ньютона, сходимость и скорость сходимости.
  - 5.7 Градиентный метод и метод Ньютона, сравнение.
  - 5.8 Методы координатного поиска, опишите итерацию.
  - 5.9 Метод симплексного поиска, опишите итерацию.
- 6. Элементы теории нелинейной оптимизации.
  - 6.1 Задача нелинейной оптимизации, укажите условия существования решений.
  - 6.2 Задача нелинейной оптимизации, укажите условия единственности решения.
  - 6.3 Строго выпуклые функции, примеры.
  - 6.4 Строго выпуклые функции, укажите дифференциальные критерии проверки.
  - 6.5 Сильно выпуклые функции, примеры.
  - 6.6 Сильно выпуклые функции, укажите дифференциальные критерии проверки.
  - 6.7 Выпуклые функции, укажите критерии проверки выпуклости композиции.
  - 6.8 Задача нелинейной оптимизации, укажите общие необходимые и достаточные условия оптимальности.
  - 6.9 Задача нелинейной оптимизации, укажите необходимые и достаточные условия оптимальности для разных типов ограничений.
  - 6.10 Задача нелинейной оптимизации, укажите необходимые и достаточные условия оптимальности в виде седловой точки.
  - 6.11 Задача выпуклой оптимизации, укажите способ определения двойственных задач.
  - 6.12 Задача выпуклой оптимизации, укажите связь двойственных задач и задачи о седловой точке.
- 7. Методы минимизации функций на простых множествах.
  - 7.1 Метод проекции градиента, опишите итерацию.
  - 7.2 Метод проекции градиента, сходимость и скорость сходимости.
  - 7.3 Метод проекции градиента, выбор длины шага.
  - 7.4 Метод проекции градиента, укажите примеры реализации.
  - 7.5 Метод условного градиента, опишите итерацию.
  - 7.4 Метод условного градиента, укажите примеры реализации.
- 8. Методы минимизации функций при нелинейных ограничениях.



- 8.1 Методы двойственности, опишите итерации.
- 8.2 Метод симплексного поиска, опишите итерацию.
- 8.3 Методы штрафных функций, опишите итерацию.
- 8.4 Методы штрафных функций, укажите свойства сходимости.

#### Примеры экзаменационных билетов

- 1.1 Симплекс-метод для задач линейного программирования.
- 1.2 Проверить выпуклость или вогнутость функции при  $n=3$  на основе дифференциальных критериев.
- 2.1 Выпуклые и замкнутые множества. Проекция и их свойства.
- 2.2 Решить задачу линейного программирования при  $n=2$  на основе графического представления.
- 3.1 Метод Ньютона и его свойства.
- 3.2 Решить транспортную задачу при  $m=3$ ,  $n=4$  методом потенциалов.

### 7.1. Основная литература:

- 1.Кашина О.А. Методы оптимизации. Часть I. Элементы теории экстремальных задач [Текст] / О.А. Кашина, А.И. Кораблев: - Казань: изд-во КГУ, 2008. - 84 с.
- 2.Кашина, О. А.. Методы оптимизации: учебное пособие / О. А. Кашина, А. И. Кораблев; Казан. гос. ун-т, Фак. вычисл. математики и кибернетики. ?Казань: Изд-во Казан. гос. ун-та, 2008. ?; 21.
- Ч. 2: Численные методы решения экстремальных задач. ?2011. ?143 с. ?Библиогр.: с. 138-143 (39 назв.), 150 . ?
- 3. Измаилов А.Ф., Солодов М.В. Численные методы оптимизации. - М.: Физматлит, 2008. - 320с. URL: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=2184](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2184)
- 4. Струченков В. И. Прикладные задачи оптимизации. Модели, методы, алгоритмы: Практическое пособие / Струченков В.И. - М.:СОЛОН-Пр., 2016. - 314 с. URL: <http://znanium.com/bookread2.php?book=905033>
- 5. Сухарев А.Г., Тимохов А.В., Федоров В.В. Курс методов оптимизации. - М.: Физматлит, 2011. - 384с. URL: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=2330](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2330)
- 6. Сдвижков О. А. Практикум по методам оптимизации: Практикум / Сдвижков О.А. - М.:Вузовский учебник, НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 231 с. URL: <http://znanium.com/bookread2.php?book=459517>

### 7.2. Дополнительная литература:

- 1. Васильев Ф.П. Методы оптимизации. Кн.1 - М.: МЦНМО, 2011. - 620 с. ЭБС 'Лань': <http://e.lanbook.com/view/book/9304/>
- 2. Васильев Ф.П. Методы оптимизации. Кн.2 - М.: МЦНМО, 2011. - 433 с. ЭБС 'Лань': <http://e.lanbook.com/view/book/9305/>
- 3.Аттетков А. В. Методы оптимизации: Учебное пособие / А.В. Аттетков, В.С. Зарубин, А.Н. Канатников. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ Инфра-М, 2013. - 270 с. ЭБС 'Знаниум': <http://znanium.com/bookread2.php?book=350985>

### 7.3. Интернет-ресурсы:

Портал web-сервисов для математиков - <http://mathelp.spb.ru>

Портал математических интернет-ресурсов - <http://www.math.ru/>

Портал математических интернет-ресурсов - <http://www.allmath.com/>

Сайт с материалами по естественно-научным дисциплинам - <http://en.edu.ru/>

Сайт с учебными материалами по математическим дисциплинам - <http://www.exponenta.ru/>

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

Освоение дисциплины "Методы оптимизации и исследование операций" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. 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, УМК, 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 профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

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.

Лекции и лабораторные занятия по дисциплине проводятся в аудитории, оснащенной доской и мелом(маркером).

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 02.03.02 "Фундаментальная информатика и информационные технологии" и профилю подготовки Системный анализ и информационные технологии .

Автор(ы):

Коннов И.В. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Андрианова А.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.