

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт вычислительной математики и информационных технологий



» 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):**

Ан드리анова А.А.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Латыпов Р. Х.

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

Учебно-методическая комиссия Института вычислительной математики и информационных технологий:

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

Регистрационный № 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.

Регистрационный номер 945318 Страница 5 из 19.	6	2	0	2	Письменное	
					 ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ <small>Информационно-аналитическая система КНУ</small>	

## 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. Проекции 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 задач 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. Примложение 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.
  - 7.6 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. Проекции 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://mathhelp.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):

Андреанова А.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" 201 \_\_ г.