

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



подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины
Методы оптимизации Б3.В.3

Направление подготовки: 080500.62 - Бизнес-информатика

Профиль подготовки: не предусмотрено

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Автор(ы):

Кашина О.А. , Кораблев А.И.

Рецензент(ы):

Заботин И.Я. , Миссаров М.Д.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Миссаров М. Д.

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 93814

Казань

2014

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) руководитель центра Кашина О.А. центр дистанционного обучения Департамент развития образовательных ресурсов , olga.kashina@mail.ru ; доцент, к.н. (доцент) Кораблев А.И. кафедра анализа данных и исследования операций отделение фундаментальной информатики и информационных технологий , Anatol.Korablev@kpfu.ru

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины (модуля) "Методы оптимизации" являются изучение теоретических основ оптимизации и понимание ее места в системе фундаментальных и прикладных математических дисциплин, знакомство с экономико-математическими моделями, а также развитие навыков самостоятельного решения проблем теории и методов решения экстремальных задач.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б3.В.3 Профессиональный" основной образовательной программы 080500.62 Бизнес-информатика и относится к вариативной части. Осваивается на 2 курсе, 4 семестр.

Дисциплина "Методы оптимизации" изучается на втором году обучения. Она основана на ряде курсов, изученных студентами по программе бакалавриата направления "Бизнес-информатика", включая "Математический анализ", "Линейная алгебра", "Макроэкономика" и "Микроэкономика".

В результате освоения дисциплины "Методы оптимизации" студенты смогут применить полученные теоретические и практические знания к решению различных прикладных проблем как при построении и обосновании различных методов оптимизации, так и при построении моделей математической экономики.

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-19 (профессиональные компетенции)	использовать основные методы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности для теоретического и экспериментального исследования
ПК-20 (профессиональные компетенции)	использовать соответствующий математический аппарат и инструментальные средства для обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

роль и место оптимизации в системе фундаментальных и прикладных математических дисциплин, теорию материал основных разделов выпуклого анализа, основные понятия и положения, лежащие в основе данной математической дисциплины.

2. должен уметь:

применять основные результаты теории и методов оптимизации к решению различных прикладных проблем как при построении и обосновании различных методов оптимизации, так и при построении моделей математической экономики.

3. должен владеть:

основным математическим аппаратом решения оптимизационных задач.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

- * формулировать экономические задачи в виде оптимизацион-ных математических моделей;
- * теоретически обосновывать применение математических ме-тодов решения оптимизационных задач;
- * ориентироваться в программном обеспечении, используемом для анализа и решения задач оптимизации, иметь навыки использо-вания пакетов аналитических вычислений;
- * осуществлять концептуальный анализ получаемых результатов, де-лать практические выводы.

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных(ые) единиц(ы) 216 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен в 4 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. Введение. История развития, роль и место теории экстремальных задач в системе фундаментальных и прикладных математических дисциплин. Экономико-математические модели: задача объемного планирования многопродуктового производства, классическая матричная транспортная задача, задача о диете (о смесях), задача о ранце (о загрузке судна), задача о назначениях, задача одномерного раскроя материалов.	4	1	1	2	0	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. Задача линейного программирования (ЗЛП). Формы записи: общая, симметричная, каноническая ЗЛП. Условия разрешимости ЗЛП.	4	2	1	2	0	домашнее задание
3.	Тема 3. Графическое решение двумерных ЗЛП. Принцип динамического программирования на примере решения задачи о ранце.	4	3	2	2	0	домашнее задание
4.	Тема 4. Выпуклые множества (ВМ). Определения выпуклой комбинации двух векторов, отрезка прямой в конечномерном пространстве и выпуклого множества. Примеры. Операции в классе выпуклых множеств: пересечение, линейная комбинация, замыкание. Выпуклая оболочка множества. Крайние точки ВМ. Выпуклые конусы.	4	3	1	2	0	домашнее задание
5.	Тема 5. Выпуклые многогранные множества (ВММ). Определение. Выпуклый многогранник. Свойства многогранных множеств. Размерность многогранного множества. Грани многогранного множества. Ребра и вершины. Выпуклые многогранные конусы. Теорема о представлении ВММ.	4	4	2	2	0	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	
6.	Тема 6. Опорные решения системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ). Базисы и соответствующие им частные решения СЛАУ. Опорные планы и допустимые базисы. Теорема о связи опорного плана и вершины допустимого многогранного множества. Невырожденные и вырожденные опорные планы.	4	5,6	2	4	0	домашнее задание
7.	Тема 7. Симплексный метод (СМ) решения ЗЛП. Симплексная таблица. Правила пересчета симплексной таблицы при переходе к новому базису. Признак неразрешимости ЗЛП. Признак оптимальности. Алгоритм СМ.	4	7	2	4	0	контрольная работа домашнее задание
8.	Тема 8. Решение симметричной ЗЛП. Метод введения дополнительных переменных.	4	8	2	6	0	домашнее задание
9.	Тема 9. Метод искусственного базиса (МИБ). Искусственные переменные. Вспомогательная ЗЛП. Связь исходной и вспомогательной ЗЛП. Признак неразрешимости ЗЛП используемый в МИБ. Двухфазный и однофазный варианты МИБ.	4	9,10	2	4	0	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	
10.	Тема 10. Элементы теории двойственности в линейном программировании. Пара взаимосопряженных симметричных ЗЛП. Двойственная задача для канонической ЗЛП. Свойства взаимосопряженных симметричных ЗЛП. Теорема двойственности.	4	11	2	4	0	домашнее задание
11.	Тема 11. Метод обратной матрицы (МОБ). Матрица обратная к базисной матрице. Формулы вычисления двойственных переменных, базисных координат опорного плана, коэффициентов разложения вектора по базису основанные на использовании матрицы обратной к базисной матрице. Алгоритм МОБ. Связь МОБ с симплексным методом.	4	12	2	2	0	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	
12.	Тема 12. Транспортная задача (ТЗ). Замкнутая транспортная модель. Свойства ТЗ. Разрешимость ТЗ. Метод "северо-западного угла" для нахождения начального опорного плана перевозок. Двойственная задача к ТЗ. Нахождение потенциалов соответствующих данному базису. Метод потенциалов. Метод минимальной цены для нахождения начального опорного плана перевозок. Решение незамкнутых ТЗ. Введение фиктивных пунктов отправления (назначения). Фиктивные переменные.	4	13	2	4	0	домашнее задание
13.	Тема 13. Безусловная оптимизация. Выпуклые функции. Определения выпуклой, строго выпуклой, вогнутой и строго вогнутой функций. Примеры. Операции в классе выпуклых функций: линейная комбинация выпуклых функций, функция максимума, суперпозиция выпуклых функций. Критерии выпуклости дифференцируемых функций. Условия экстремума.	4	14	2	4	0	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	
14.	Тема 14. Покоординатный метод (ПМ). Методы последовательных приближений. Общая схема ПМ. Графическая интерпретация ПМ. Циклический покоординатный спуск. Случайный покоординатный спуск. Покоординатный спуск с выбором "быстрой" переменной.	4	15	2	2	0	домашнее задание
15.	Тема 15. Градиентный метод (ГМ). Антиградиент - направление наискорейшего спуска. Общая схема граГМ. Полношаговый ГМ (метод наискорейшего спуска). Графическая интерпретация полношагового ГМ. Некоторые модификации ГМ.	4	15	2	2	0	домашнее задание
16.	Тема 16. Выпуклое программирование. Задача выпуклого программирования (ЗВП). Формы записи. Условия разрешимости ЗВП. Графическое решение.	4	16	2	2	0	домашнее задание
17.	Тема 17. Теоремы Куна-Таккера. Функция Лагранжа ЗВП. Седловая точка функции Лагранжа. Условие Слейтера. Теорема Куна-Таккера в форме о седловой точке функции Лагранжа ЗВП. Теорема Куна-Таккера в дифференциальной форме.	4	16	2	2	0	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	
18.	Тема 18. Метод проекции градиента (МПГ). Проекция точки на множество. Правило нахождения проекции. Общая схема МПГ. Способы нахождения шагового множителя в МПГ. Графическая интерпретация МПГ.	4	17	2	2	0	домашнее задание
19.	Тема 19. Метод условного градиента (МУГ). Вспомогательная задача и ее свойства. Нахождение условно-релаксационного направления. При-знак оптимальности. Нахождение шагового множителя. Общая схема МУГ. Графическая интерпретация МУГ.	4	17	2	2	0	домашнее задание
20.	Тема 20. Метод штрафных функций (МШФ). Определение и свойства функций штрафа. Примеры функций штрафа. Штрафной множитель. Алгоритм МШФ.	4	18	1	2	0	контрольная работа
21.	Тема 21. Подготовка к экзамену	4		0	2	0	
	Тема . Итоговая форма контроля	4		0	0	0	экзамен
	Итого			36	58	0	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Введение. История развития, роль и место теории экстремальных задач в системе фундаментальных и прикладных математических дисциплин.

Экономико-математические модели: задача объемного планирования многопродуктового производства, классическая матричная транспортная задача, задача о диете (о смесях), задача о ранце (о загрузке судна), задача о назначениях, задача одномерного раскрытия материалов.

лекционное занятие (1 часа(ов)):

Экономико-математические модели: задача объемного планирования многопродуктового производства, классическая матричная транспортная задача, задача о диете (о смесях), задача о ранце (о загрузке судна), задача о назначениях, задача одномерного раскрытия материалов. Построение математических моделей конкретных задач из перечисленных классов.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Концептуальная и математическая формулировка задачи объемного планирования многопродуктового производства, классической матричной транспортной задачи, задачи о диете (о смесях), задачи о ранце (о загрузке судна), задачи о назначениях, задачи одномерного раскрытия материалов. Построение и анализ математических моделей конкретных задач из перечисленных классов.

Тема 2. Линейное программирование. Задача линейного программирования (ЗЛП). Формы записи: общая, симметричная, каноническая ЗЛП. Условия разрешимости ЗЛП.

лекционное занятие (1 часа(ов)):

Задача линейного программирования (ЗЛП). Формы записи: общая, симметричная, каноническая ЗЛП. Условия разрешимости ЗЛП.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Формулировка ЗЛП, преобразование ЗЛП из одной формы записи в другую.

Тема 3. Графическое решение двумерных ЗЛП. Принцип динамического программирования на примере решения задачи о ранце.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Построение допустимого множества, линий уровня, множества оптимальных решений. Графическая интерпретация случаев существования и несуществования решений.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Графическое решение ЗЛП на плоскости.

Тема 4. Выпуклые множества (ВМ). Определения выпуклой комбинации двух векторов, отрезка прямой в конечномерном пространстве и выпуклого множества. Примеры. Операции в классе выпуклых множеств: пересечение, линейная комбинация, замыкание. Выпуклая оболочка множества. Крайние точки ВМ. Выпуклые конусы.

лекционное занятие (1 часа(ов)):

Определения выпуклой комбинации двух векторов, отрезка прямой в конечномерном пространстве и выпуклого множества. Примеры. Операции в классе выпуклых множеств: пересечение, линейная комбинация, замыкание. Выпуклая оболочка множества. Крайние точки ВМ. Выпуклые конусы.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Установление наличия (или отсутствия) выпуклости множеств. Геометрическая иллюстрация полученных результатов.

Тема 5. Выпуклые многогранные множества (ВММ). Определение. Выпуклый многогранник. Свойства многогранных множеств. Размерность многогранного множества. Грани многогранного множества. Ребра и вершины. Выпуклые многогранные конусы. Теорема о представлении ВММ.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Определение ВММ. Выпуклый многогранник. Свойства многогранных множеств. Размерность многогранного множества. Грани многогранного множества. Ребра и вершины. Выпуклые многогранные конусы. Теорема о представлении ВММ.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Установление наличия (или отсутствия) выпуклости многогранных множеств. Геометрическая иллюстрация полученных результатов.

Тема 6. Опорные решения системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ). Базисы и соответствующие им частные решения СЛАУ. Опорные планы и допустимые базисы. Теорема о связи опорного плана и вершины допустимого многогранного множества. невырожденные и вырожденные опорные планы.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Базисы и соответствующие им частные решения СЛАУ. Опорные планы и допустимые базисы. Теорема о связи опорного плана и вершины допустимого многогранного множества. Невырожденные и вырожденные опорные планы.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Способы нахождения базисов и соответствующих им опорных решений ЗЛП. Решение примеров.

Тема 7. Симплексный метод (СМ) решения ЗЛП. Симплексная таблица. Правила пересчета симплексной таблицы при переходе к новому базису. Признак неразрешимости ЗЛП. Признак оптимальности. Алгоритм СМ.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Симплексная таблица. Правила пересчета симплексной таблицы при переходе к новому базису. Признак неразрешимости ЗЛП. Признак оптимальности. Алгоритм СМ.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Решение ЗЛП с помощью СМ.

Тема 8. Решение симметричной ЗЛП. Метод введения дополнительных переменных.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Решение симметричной ЗЛП с помощью метода дополнительных переменных. Свойства полученного решения.

практическое занятие (6 часа(ов)):

Решение практических примеров.

Тема 9. Метод искусственного базиса (МИБ). Искусственные переменные. Вспомогательная ЗЛП. Связь исходной и вспомогательной ЗЛП. Признак неразрешимости ЗЛП используемый в МИБ. Двухфазный и однофазный варианты МИБ.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Искусственные переменные. Вспомогательная ЗЛП. Связь исходной и вспомогательной ЗЛП. Признак неразрешимости ЗЛП используемый в МИБ. Двухфазный и однофазный варианты МИБ.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Решение практических примеров.

Тема 10. Элементы теории двойственности в линейном программировании. Пара взаимосопреженных симметричных ЗЛП. Двойственная задача для канонической ЗЛП. Свойства взаимосопреженных симметричных ЗЛП. Теорема двойственности.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Пара взаимосопреженных симметричных ЗЛП. Двойственная задача для канонической ЗЛП. Свойства взаимосопреженных симметричных ЗЛП. Теорема двойственности.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Формулировка двойственных задач при симметричной и канонической форме исходных задач. Геометрическая иллюстрация свойств взаимосопреженных симметричных ЗЛП.

Тема 11. Метод обратной матрицы (МОБ). Матрица обратная к базисной матрице. Формулы вычисления двойственных переменных, базисных координат опорного плана, коэффициентов разложения вектора по базису основанные на использовании матрицы обратной к базисной матрице. Алгоритм МОБ. Связь МОБ с симплексным методом.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Матрица обратная к базисной матрице. Формулы вычисления двойственных переменных, базисных координат опорного плана, коэффициентов разложения вектора по базису основанные на использовании матрицы обратной к базисной матрице. Алгоритм МОБ. Связь МОБ с симплексным методом.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Практическое применение МОБ.

Тема 12. Транспортная задача (ТЗ). Замкнутая транспортная модель. Свойства ТЗ. Разрешимость ТЗ. Метод "северо-западного угла" для нахождения начального опорного плана перевозок. Двойственная задача к ТЗ. Нахождение потенциалов соответствующих данному базису. Метод потенциалов. Метод минимальной цены для нахождения начального опорного плана перевозок. Решение незамкнутых ТЗ. Введение фиктивных пунктов отправления (назначения). Фиктивные переменные.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Замкнутая транспортная модель. Свойства ТЗ. Разрешимость ТЗ. Метод "северо-западного угла" для нахождения начального опорного плана перевозок. Двойственная задача к ТЗ. Нахождение потенциалов соответствующих данному базису. Метод потенциалов. Метод минимальной цены для нахождения начального опорного плана перевозок. Решение незамкнутых ТЗ. Введение фиктивных пунктов отправления (назначения). Фиктивные переменные.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Численное решение ТЗ.

Тема 13. Безусловная оптимизация. Выпуклые функции. Определения выпуклой, строго выпуклой, вогнутой и строго вогнутой функций. Примеры. Операции в классе выпуклых функций: линейная комбинация выпуклых функций, функция максимума, суперпозиция выпуклых функций. Критерии выпуклости дифференцируемых функций. Условия экстремума.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Выпуклые функции. Определения выпуклой, строго выпуклой, вогнутой и строго вогнутой функций. Примеры. Операции в классе выпуклых функций: линейная комбинация выпуклых функций, функция максимума, суперпозиция выпуклых функций. Критерии выпуклости дифференцируемых функций. Условия экстремума.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Установление свойств выпуклости функций. Проверка критериев оптимальности для конкретных задач. Геометрическая иллюстрация (для двумерных случаев).

Тема 14. Покоординатный метод (ПМ). Методы последовательных приближений. Общая схема ПМ. Графическая интерпретация ПМ. Циклический покоординатный спуск. Случайный покоординатный спуск. Покоординатный спуск с выбором "быстрой" переменной.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Методы последовательных приближений. Общая схема ПМ. Графическая интерпретация ПМ. Циклический покоординатный спуск. Случайный покоординатный спуск. Покоординатный спуск с выбором "быстрой" переменной.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Построение нескольких точек итерационной последовательности с помощью ПМ. Геометрическая иллюстрация.

Тема 15. Градиентный метод (ГМ). Антиградиент - направление наискорейшего спуска. Общая схема граГМ. Полношаговый ГМ (метод наискорейшего спуска). Графическая интерпретация полношагового ГМ. Некоторые модификации ГМ.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Антиградиент - направление наискорейшего спуска. Общая схема граГМ. Полношаговый ГМ (метод наискорейшего спуска). Графическая интерпретация полношагового ГМ. Некоторые модификации ГМ.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Построение нескольких точек итерационной последовательности с помощью ГМ с различными способами выбора итерационного шага. Геометрическая иллюстрация.

Тема 16. Выпуклое программирование. Задача выпуклого программирования (ЗВП). Формы записи. Условия разрешимости ЗВП. Графическое решение.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Задача выпуклого программирования (ЗВП). Формы записи. Условия разрешимости ЗВП. Графическое решение.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Выполнение практических заданий.

Тема 17. Теоремы Куна-Таккера. Функция Лагранжа ЗВП. Седловая точка функции Лагранжа. Условие Слейтера. Теорема Куна-Таккера в форме о седловой точке функции Лагранжа ЗВП. Теорема Куна-Таккера в дифференциальной форме.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Функция Лагранжа ЗВП. Седловая точка функции Лагранжа. Условие Слейтера. Теорема Куна-Таккера в форме о седловой точке функции Лагранжа ЗВП. Теорема Куна-Таккера в дифференциальной форме.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Проверка условий Теорем Куна-Таккера. Геометрическая иллюстрация.

Тема 18. Метод проекции градиента (МПГ). Проекция точки на множество. Правило нахождения проекции. Общая схема МПГ. Способы нахождения шагового множителя в МПГ. Графическая интерпретация МПГ.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Проекция точки на множество. Правило нахождения проекции. Общая схема МПГ. Способы нахождения шагового множителя в МПГ. Графическая интерпретация МПГ.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Построение нескольких точек итерационной последовательности с помощью МПГ. Геометрическая иллюстрация.

Тема 19. Метод условного градиента (МУГ). Вспомогательная задача и ее свойства. Нахождение условно-релаксационного направления. При-знак оптимальности. Нахождение шагового множителя. Общая схема МУГ. Графическая интерпретация МУГ.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Вспомогательная задача и ее свойства. Нахождение условно-релаксационного направления. При-знак оптимальности. Нахождение шагового множителя. Общая схема МУГ. Графическая интерпретация МУГ.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Построение нескольких точек итерационной последовательности с помощью МУГ. Геометрическая иллюстрация.

Тема 20. Метод штрафных функций (МШФ). Определение и свойства функций штрафа. Примеры функций штрафа. Штрафной множитель. Алгоритм МШФ.

лекционное занятие (1 часа(ов)):

Определение и свойства функций штрафа. Примеры функций штрафа. Штрафной множитель. Алгоритм МШФ.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Построение штрафных функций для конкретных задач. Построение нескольких точек итерационной последовательности с помощью МШФ.

Тема 21. Подготовка к экзамену

практическое занятие (2 часа(ов)):

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. Введение. История развития, роль и место теории экстремальных задач в системе фундаментальных и прикладных математических дисциплин. Экономико-математические модели: задача объемного планирования многопродуктового производства, классическая матричная транспортная задача, задача о диете (о смесях), задача о ранце (о загрузке судна), задача о назначениях, задача одномерного раскроя материалов.	4	1	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
2.	Тема 2. Линейное программирование. Задача линейного программирования (ЗЛП). Формы записи: общая, симметричная, каноническая ЗЛП. Условия разрешимости ЗЛП.	4	2	подготовка домашнего задания	4	домашнее задание
3.	Тема 3. Графическое решение двумерных ЗЛП. Принцип динамического программирования на примере решения задачи о ранце.	4	3	подготовка домашнего задания	4	домашнее задание

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
4.	Тема 4. Выпуклые множества (ВМ). Определения выпуклой комбинации двух векторов, отрезка прямой в конечномерном пространстве и выпуклого множества. Примеры. Операции в классе выпуклых множеств: пересечение, линейная комбинация, замыкание. Выпуклая оболочка множества. Крайние точки ВМ. Выпуклые конусы.	4	3	подготовка домашнего задания	4	домашнее задание
5.	Тема 5. Выпуклые многогранные множества (ВММ). Определение. Выпуклый многогранник. Свойства многогранных множеств. Размерность многогранного множества. Грани многогранного множества. Ребра и вершины. Выпуклые многогранные конусы. Теорема о представлении ВММ.	4	4	подготовка домашнего задания	4	домашнее задание
6.	Тема 6. Опорные решения системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ). Базисы и соответствующие им частные решения СЛАУ. Опорные планы и допустимые базисы. Теорема о связи опорного плана и вершины допустимого многогранного множества. Невырожденные и вырожденные опорные планы.	4	5,6	подготовка домашнего задания	8	домашнее задание

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
7.	Тема 7. Симплексный метод (СМ) решения ЗЛП. Симплексная таблица. Правила пересчета симплексной таблицы при переходе к новому базису. Признак неразрешимости ЗЛП. Признак оптимальности. Алгоритм СМ.	4	7	подготовка домашнего задания	4	домашнее задание
				подготовка к контрольной работе	8	контрольная работа
8.	Тема 8. Решение симметричной ЗЛП. Метод введения дополнительных переменных.	4	8	подготовка домашнего задания	8	домашнее задание
9.	Тема 9. Метод искусственного базиса (МИБ). Искусственные переменные. Вспомогательная ЗЛП. Связь исходной и вспомогательной ЗЛП. Признак неразрешимости ЗЛП используемый в МИБ. Двухфазный и однофазный варианты МИБ.	4	9,10	подготовка домашнего задания	6	домашнее задание
10.	Тема 10. Элементы теории двойственности в линейном программировании. Пара взаимосопряженных симметричных ЗЛП. Двойственная задача для канонической ЗЛП. Свойства взаимосопряженных симметричных ЗЛП. Теорема двойственности.	4	11	подготовка домашнего задания	6	домашнее задание

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
11.	Тема 11. Метод обратной матрицы (МОБ). Матрица обратная к базисной матрице. Формулы вычисления двойственных переменных, базисных координат опорного плана, коэффициентов разложения вектора по базису основанные на использовании матрицы обратной к базисной матрице. Алгоритм МОБ. Связь МОБ с симплексным методом.	4	12	подготовка домашнего задания	4	домашнее задание
12.	Тема 12. Транспортная задача (ТЗ). Замкнутая транспортная модель. Свойства ТЗ. Разрешимость ТЗ. Метод "северо-западного угла" для нахождения начального опорного плана перевозок. Двойственная задача к ТЗ. Нахождение потенциалов соответствующих данному базису. Метод потенциалов. Метод минимальной цены для нахождения начального опорного плана перевозок. Решение незамкнутых ТЗ. Введение фиктивных пунктов отправления (назначения). Фиктивные переменные.	4	13	подготовка домашнего задания	4	домашнее задание

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
13.	Тема 13. Безусловная оптимизация. Выпуклые функции. Определения выпуклой, строго выпуклой, вогнутой и строго вогнутой функций. Примеры. Операции в классе выпуклых функций: линейная комбинация выпуклых функций, функция максимума, суперпозиция выпуклых функций. Критерии выпуклости дифференцируемых функций. Условия экстремума.	4	14	подготовка домашнего задания	4	домашнее задание
14.	Тема 14. Покоординатный метод (ПМ). Методы последовательных приближений. Общая схема ПМ. Графическая интерпретация ПМ. Циклический покоординатный спуск. Случайный покоординатный спуск. Покоординатный спуск с выбором "быстрой" переменной.	4	15	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
15.	Тема 15. Градиентный метод (ГМ). Антиградиент - направление наискорейшего спуска. Общая схема граГМ. Полношаговый ГМ (метод наискорейшего спуска). Графическая интерпретация полношагового ГМ. Некоторые модификации ГМ.	4	15	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
16.	Тема 16. Выпуклое программирование. Задача выпуклого программирования (ЗВП). Формы записи. Условия разрешимости ЗВП. Графическое решение.	4	16	подготовка домашнего задания	3	домашнее задание
17.	Тема 17. Теоремы Куна-Таккера. Функция Лагранжа ЗВП. Седловая точка функции Лагранжа. Условие Слейтера. Теорема Куна-Таккера в форме о седловой точке функции Лагранжа ЗВП. Теорема Куна-Таккера в дифференциальной форме.	4	16	подготовка домашнего задания	3	домашнее задание
18.	Тема 18. Метод проекции градиента (МПГ). Проекция точки на множество. Правило нахождения проекции. Общая схема МПГ. Способы нахождения шагового множителя в МПГ. Графическая интерпретация МПГ.	4	17	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
19.	Тема 19. Метод условного градиента (МУГ). Вспомогательная задача и ее свойства. Нахождение условно-релаксационного направления. При-знак оптимальности. Нахождение шагового множителя. Общая схема МУГ. Графическая интерпретация МУГ.	4	17	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
20.	Тема 20. Метод штрафных функций (МШФ). Определение и свойства функций штрафа. Примеры функций штрафа. Штрафной множитель. Алгоритм МШФ.	4	18	подготовка к контрольной работе	2	контрольная работа
	Итого				86	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

В соответствии с требованиями ФГОС удельный вес занятий, проводимых в активных и интерактивных формах, составляет не менее 40% аудиторных занятий. В процессе изучения дисциплины "Методы оптимизации" студенты используют анимированные иллюстрации (выполненные средствами Wolfram Research Mathematica и Macromedia Flash), а также интерактивные обучающие системы, разработанные в поддержку изучения разделов "Симплексный метод" (система выполнена как веб-приложение с JavaScript-сценариями) и "Градиентные методы" (веб-приложение с встроенным Flash-объектом), опубликованные в разделе "Обучающие системы" сайта кафедры экономической кибернетики КФУ (<http://kek.ksu.ru>). Рекомендуется проводить лекционные занятия в классе, где рабочее место преподавателя оборудовано компьютером с доступом к Интернет, а также имеется мультимедийный проектор и экран. Практические занятия рекомендуется проводить в компьютерных классах с использованием пакета Wolfram Research Mathematica.

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

Тема 1. Введение. История развития, роль и место теории экстремальных задач в системе фундаментальных и прикладных математических дисциплин.

Экономико-математические модели: задача объемного планирования многопродуктового производства, классическая матричная транспортная задача, задача о диете (о смесях), задача о ранце (о загрузке судна), задача о назначениях, задача одномерного раскроя материалов.

домашнее задание , примерные вопросы:

-подготовка к семинарским и практическим занятиям -доработка заданий, выполняемых на практических занятиях

Тема 2. Линейное программирование. Задача линейного программирования (ЗЛП).

Формы записи: общая, симметричная, каноническая ЗЛП. Условия разрешимости ЗЛП.

домашнее задание , примерные вопросы:

-подготовка к семинарским и практическим занятиям -доработка заданий, выполняемых на практических занятиях

Тема 3. Графическое решение двумерных ЗЛП. Принцип динамического программирования на примере решения задачи о ранце.

домашнее задание , примерные вопросы:

-подготовка к семинарским и практическим занятиям -доработка заданий, выполняемых на практических занятиях

Тема 4. Выпуклые множества (ВМ). Определения выпуклой комбинации двух векторов, отрезка прямой в конечномерном пространстве и выпуклого множества. Примеры. Операции в классе выпуклых множеств: пересечение, линейная комбинация, замыкание. Выпуклая оболочка множества. Крайние точки ВМ. Выпуклые конусы.

домашнее задание , примерные вопросы:

-подготовка к семинарским и практическим занятиям -доработка заданий, выполняемых на практических занятиях

Тема 5. Выпуклые многогранные множества (ВММ). Определение. Выпуклый многогранник. Свойства многогранных множеств. Размерность многогранного множества. Грани многогранного множества. Ребра и вершины. Выпуклые многогранные конусы. Теорема о представлении ВММ.

домашнее задание , примерные вопросы:

-подготовка к семинарским и практическим занятиям -доработка заданий, выполняемых на практических занятиях

Тема 6. Опорные решения системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ). Базисы и соответствующие им частные решения СЛАУ. Опорные планы и допустимые базисы. Теорема о связи опорного плана и вершины допустимого многогранного множества. невырожденные и вырожденные опорные планы.

домашнее задание , примерные вопросы:

-подготовка к семинарским и практическим занятиям -доработка заданий, выполняемых на практических занятиях

Тема 7. Симплексный метод (СМ) решения ЗЛП. Симплексная таблица. Правила пересчета симплексной таблицы при переходе к новому базису. Признак неразрешимости ЗЛП. Признак оптимальности. Алгоритм СМ.

домашнее задание , примерные вопросы:

-подготовка к семинарским и практическим занятиям -доработка заданий, выполняемых на практических занятиях

контрольная работа , примерные вопросы:

-подготовка к контрольной работе

Тема 8. Решение симметричной ЗЛП. Метод введения дополни-тельных переменных.

домашнее задание , примерные вопросы:

-подготовка к семинарским и практическим занятиям -доработка заданий, выполняемых на практических занятиях

Тема 9. Метод искусственного базиса (МИБ). Искусственные переменные. Вспомогательная ЗЛП. Связь исходной и вспомогательной ЗЛП. Признак неразрешимости ЗЛП используемый в МИБ. Двухфазный и однофазный варианты МИБ.

домашнее задание , примерные вопросы:

-подготовка к семинарским и практическим занятиям -доработка заданий, выполняемых на практических занятиях

Тема 10. Элементы теории двойственности в линейном программировании. Пара взаимосопреженных симметричных ЗЛП. Двойственная задача для канонической ЗЛП. Свойства взаимосопреженных симметричных ЗЛП. Теорема двойственности.

домашнее задание , примерные вопросы:

-подготовка к семинарским и практическим занятиям -доработка заданий, выполняемых на практических занятиях

Тема 11. Метод обратной матрицы (МОБ). Матрица обратная к базисной матрице. Формулы вычисления двойственных переменных, базисных координат опорного плана, коэффициентов разложения вектора по базису основанные на использовании матрицы обратной к базисной матрице. Алгоритм МОБ. Связь МОБ с симплексным методом.

домашнее задание , примерные вопросы:

-подготовка к семинарским и практическим занятиям -доработка заданий, выполняемых на практических занятиях

Тема 12. Транспортная задача (ТЗ). Замкнутая транспортная модель. Свойства ТЗ. Разрешимость ТЗ. Метод "северо-западного угла" для нахождения начального опорного плана перевозок. Двойственная задача к ТЗ. Нахождение потенциалов соответствующих данному базису. Метод потенциалов. Метод минимальной цены для нахождения начального опорного плана перевозок. Решение незамкнутых ТЗ. Введение фиктивных пунктов отправления (назначения). Фиктивные переменные.

домашнее задание , примерные вопросы:

-подготовка к семинарским и практическим занятиям -доработка заданий, выполняемых на практических занятиях

Тема 13. Безусловная оптимизация. Выпуклые функции. Определения выпуклой, строго выпуклой, вогнутой и строго вогнутой функций. Примеры. Операции в классе выпуклых функций: линейная комбинация выпуклых функций, функция максимума, суперпозиция выпуклых функций. Критерии выпуклости дифференцируемых функций. Условия экстремума.

домашнее задание , примерные вопросы:

-подготовка к семинарским и практическим занятиям -доработка заданий, выполняемых на практических занятиях

Тема 14. Покоординатный метод (ПМ). Методы последовательных приближений. Общая схема ПМ. Графическая интерпретация ПМ. Циклический покоординатный спуск. Случайный покоординатный спуск. Покоординатный спуск с выбором "быстрой" переменной.

домашнее задание , примерные вопросы:

-подготовка к семинарским и практическим занятиям -доработка заданий, выполняемых на практических занятиях

Тема 15. Градиентный метод (ГМ). Антиградиент - направление наискорейшего спуска. Общая схема граГМ. Полношаговый ГМ (метод наискорейшего спуска). Графическая интерпретация полношагового ГМ. Некоторые модификации ГМ.

домашнее задание , примерные вопросы:

-подготовка к семинарским и практическим занятиям -доработка заданий, выполняемых на практических занятиях

Тема 16. Выпуклое программирование. Задача выпуклого программирования (ЗВП). Формы записи. Условия разрешимости ЗВП. Графическое решение.

домашнее задание , примерные вопросы:

-подготовка к семинарским и практическим занятиям -доработка заданий, выполняемых на практических занятиях

Тема 17. Теоремы Куна-Таккера. Функция Лагранжа ЗВП. Седловая точка функции Лагранжа. Условие Слейтера. Теорема Куна-Таккера в форме о седловой точке функции Лагранжа ЗВП. Теорема Куна-Таккера в дифференциальной форме.

домашнее задание , примерные вопросы:

-подготовка к семинарским и практическим занятиям -доработка заданий, выполняемых на практических занятиях

Тема 18. Метод проекции градиента (МПГ). Проекция точки на множество. Правило нахождения проекции. Общая схема МПГ. Способы нахождения шагового множителя в МПГ. Графическая интерпретация МПГ.

домашнее задание , примерные вопросы:

-подготовка к семинарским и практическим занятиям -доработка заданий, выполняемых на практических занятиях

Тема 19. Метод условного градиента (МУГ). Вспомогательная задача и ее свойства. Нахождение условно-релаксационного направления. При-знак оптимальности. Нахождение шагового множителя. Общая схема МУГ. Графическая интерпретация МУГ.

домашнее задание , примерные вопросы:

-подготовка к семинарским и практическим занятиям -доработка заданий, выполняемых на практических занятиях

Тема 20. Метод штрафных функций (МШФ). Определение и свойства функций штрафа. Примеры функций штрафа. Штрафной множитель. Алгоритм МШФ.

контрольная работа , примерные вопросы:

-подготовка к контрольной работе

Тема 21. Подготовка к экзамену

Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к экзамену:

В процессе изучения дисциплины "Методы оптимизации" студенты самостоятельно работают с литературой и электронными материалами, размещёнными в разделе "Обучающие системы" сайта кафедры экономической кибернетики КФУ (<http://kek.ksu.ru>), выполняют домашние задания. Форма проведения занятий предусматривает разные формы активности студентов (ответы с места на вопросы преподавателя, ответы у доски, самостоятельное решение задач и демонстрация у доски, формулировка вопросов, поиск ошибок в рассуждениях отвечающих студентов, подготовка демонстрационных файлов (например, в пакете Mathematica, PowerPoint и пр.). Преподаватель ведёт текущий учёт и контроль всех форм учебной активности студентов и учитывает результаты текущей работы (наряду с оценками за контрольные работы и экзаменационными оценками) при выставлении итоговых оценок по предмету.

Билеты к экзамену.

Билет 1

1. Теоремы о связи седловой точки функции Лагранжа с решением задачи нелинейного программирования.
2. Критерий оптимальности опорных решений задачи линейного программирования.

Билет 2

1. Выпуклые множества. Определение и теоремы о пересечении и линейной комбинации выпуклых множеств.
2. Метод обратной матрицы.

Билет 3

1. Выпуклые множества. Определение и теоремы о замыкании и внутренности выпуклых множеств.
2. Двухфазный метод искусственного базиса.

Билет 4

1. Выпуклые функции. Основные определения. Примеры. Операции над выпуклыми функциями.
2. Метод последовательного улучшения плана (предварительные результаты, теоремы 1 и 2).

Билет 5

1. Теорема о градиентном неравенстве для выпуклых функций.
2. Метод Ньютона и его модификации.

Билет 6

1. Конусы релаксационных направлений.
2. Опорные решения задач линейного программирования и их свойства, критерий оптимальности опорных решений.

Билет 7

1. Теорема о локальном условном минимуме выпуклой функции.

2. Симплексный метод.

Билет 8

1. Условие экстремума первого порядка для выпуклой функции на выпуклом множестве.

2. Градиентные методы безусловной минимизации. Общая теорема о сходимости полношагового градиентного метода.

Билет 9

1. Проекция точки на множество.

2. Однофазный метод искусственного базиса.

Билет 10

1. Опорные векторы и опорные гиперплоскости. Теорема существования строго опорного вектора.

2. Градиентные методы безусловной минимизации. Теорема о сходимости полношагового градиентного метода для выпуклых функций.

Билет 11

1. Опорные векторы и опорные гиперплоскости. Теорема существования опорного вектора.

2. Метод последовательного улучшения плана (предварительные результаты, теоремы 3 и 4).

Билет 12

1. Теорема Куна-Таккера в форме о седловой точке функции Лагранжа.

2. Метод последовательного улучшения плана (общая схема), теорема о конечности метода.

Билет 1

1. Теорема Куна-Таккера в дифференциальной форме.

2. Метод покоординатного спуска и его модификации.

Билет 14

1. Задача линейного программирования. Основное свойство задачи линейного программирования.

2. Градиентные методы безусловной минимизации. Теорема о сходимости полношагового градиентного метода для выпуклых функций.

Билет 15

1. Двойственная задача линейного программирования. Три теоремы о свойствах взаимосопреженных задач линейного программирования.

2. Градиентные методы безусловной минимизации. Общая теорема о сходимости полношагового градиентного метода.

Билет 16

1. Теорема двойственности.

2. Градиентные методы безусловной минимизации. Общая теорема о сходимости полношагового градиентного метода.

Билет 17

1. Опорные решения задачи линейного программирования (определения и теорема 1).

2. Конусы возможных направлений.

Билет 18

1. Критерий оптимальности опорных решений задачи линейного программирования.

2. Теорема о вариационном неравенстве для выпуклых функций.

Билет 20

1. Метод последовательного улучшения плана (предварительные результаты, теорема 1).
2. Метод Ньютона и его модификации.

Билет 21

1. Критерий условного экстремума выпуклой функции в терминах конусов условно релаксационных направлений.
2. Метод обратной матрицы.

Билет 22

1. Условие экстремума первого порядка для выпуклой функции на выпуклом множестве.
2. Метод последовательного уточнения оценок (предварительные результаты, теоремы 1 и 2).

Билет 23

1. Теорема Куна-Таккера в дифференциальной форме.
2. Метод последовательного уточнения оценок (предварительные результаты, теоремы 2 и 3).

Билет 24

1. Метод последовательного уточнения оценок (общая схема, теорема о конечности метода).
2. Теорема Куна-Таккера в форме о седловой точке функции Лагранжа.

Билет 25

1. Двойственный симплексный метод.
2. Недифференцируемая оптимизация.

Билет 26

1. Метод проекции градиента. Теорема о выборе шагового множителя.
2. Метод штрафных функций.

Билет 27

1. Метод последовательного уточнения оценок (общая схема, теорема о конечности метода).
2. Метод проекции градиента. Теорема о сходимости.

Билет 28

1. Теорема Куна-Таккера в дифференциальной форме.
2. Метод условного градиента.

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. Часть II. Численные методы решения экстремальных задач [Текст] / О.А. Кашина, А.И. Кораблев: - Казань: http://kek.ksu.ru/EOS/MO/L2_12/exe, 2009.
3. Кашина О.А., Кораблев А.И. Электронный курс "Методы оптимизации" ?, 2013- <http://zilant.kpfu.ru/course/view.php?id=17260>
4. 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. <http://znanium.com/bookread.php?book=350985>
5. Есипов Б.А. Методы исследования операций. - Санкт-Петербург: Лань, 2013. - 304с http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=10250

6. Прикладные задачи исследования операций: Учеб. пособие / М.Ю. Афанасьев, К.А. Багриновский, В.М. Матюшок; Российский университет дружбы народов. - М.: ИНФРА-М, 2006. - 352 с.

<http://www.znaniium.com/bookread.php?book=105355>

7.2. Дополнительная литература:

1. Практикум по методам оптимизации / О.А. Сдвижков. - М.: Вузовский учебник: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 200 с.: 60x90 1/16 + (Доп. мат. znaniium.com). (переплет) ISBN 978-5-9558-0372-2, 500 экз.

<http://znaniium.com/bookread.php?book=459517>

2. Пантелеев, А. В. Методы оптимизации. Практический курс: учебное пособие с мультимедиа сопровождением [Электронный ресурс] / А. В. Пантелеев, Т. А. Летова. - М.: Логос, 2011. - 424 с: <http://znaniium.com/bookread.php?book=469213>

3. Лесин В. В. Основы методов оптимизации. - 3-е изд., испр.- СПб.: Лань, 2011. - 352 с.

http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=1552

7.3. Интернет-ресурсы:

World-Wide-Web for Operations Research and Management Science -

<http://www.moshe-online.com/worms/>

Вавилов В.А., Змеев О.А., Змеева Е.Е. Исследование операций (электронное пособие) -

<http://fmi.asf.ru/Library/Book/OperReserch/INDEX.html>

Задачи по исследованию операций -

<http://allmath.ru/appliedmath/operations/problems-tgru/zadachi.htm>

Сайт рабочей группы ?Модели равновесия в сложных системах - http://emics.ksu.ru/Link_r.phtml

Электронный образовательный ресурс по дисциплине - <http://kek.ksu.ru/EOS/MO/ASP/links.asp>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

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

Лекции и практические занятия по дисциплине проводятся в аудитории, оснащенной доской и мелом(маркером). Предусмотрены занятия, проходящие в компьютерных классах, оборудованных мультимедийным оборудованием.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 080500.62 "Бизнес-информатика" и профилю подготовки не предусмотрено .

Автор(ы):

Кашина О.А. _____

Кораблев А.И. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

Заботин И.Я. _____

Миссаров М.Д. _____

"__" _____ 201__ г.