

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



УТВЕРЖДАЮ

Проректор
по образовательной деятельности КФУ
Проф. Минзарипов Р.Г.

_____ 20__ г.

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

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:

-

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных(ые) единиц(ы) 252 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 раскрытия материалов.	4	1	1	1	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	2	4	0	домашнее задание
3.	Тема 3. Графическое решение двумерных ЗЛП. Принцип динамического программирования на примере решения задачи о ранце.	4	3	2	3	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	4	2	3	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	5	2	3	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	6	4	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	8	0	домашнее задание
8.	Тема 8. Решение симметричной ЗЛП. Метод введения дополнительных переменных.	4	8	2	5	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	контрольная работа 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	3	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	3	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	3	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	1	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	1	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	1	0	домашнее задание
16.	Тема 16. Выпуклое программирование. Задача выпуклого программирования (ЗВП). Формы записи. Условия разрешимости ЗВП. Графическое решение.	4	16	1	1	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	1	1	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	1	1	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	1	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 домашнее задание
21.	Тема 21. Подготовка к экзамену	4		0	0	0	
	Тема . Итоговая форма контроля	4		0	0	0	экзамен
	Итого			36	54	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)):

Основные этапы формирования теории экстремальных задач. Роль и место теории экстремальных задач в системе фундаментальных и прикладных математических дисциплин. Российские и зарубежные учёные, внёсшие большой вклад в развитие теории и методов решения экстремальных задач. Школа оптимизации в Казанском университете. Экономико-математические модели, допускающие оптимизационную постановку: задача объёмного 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.

практическое занятие (1 часа(ов)):

Построение и анализ математических моделей (оптимизационных задач) : задачи объёмного планирования многопродуктового производства, классической матричной транспортной задачи, задачи о диете (о смесях), задачи о ранце (о загрузке судна), задачи о назначениях, задачи одномерного раскроя материалов.

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

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Задача линейного программирования (ЗЛП): определение, формы записи (общая, симметричная, каноническая). Условия разрешимости ЗЛП. Геометрическая интерпретация ЗЛП в случае 2-х переменных.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Перевод конкретных ЗЛП из одной формы в другую. Построение графических интерпретаций множества допустимых решений, линий уровня целевой функции, оптимального решения для ЗЛП с 2-мя переменными.

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

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Графическое решение ЗЛП в случае двух переменных. Целочисленные ЗЛП. Задача о ранце как пример целочисленной ЗЛП. Принцип динамического программирования и его применение к решению задачи о ранце.

практическое занятие (3 часа(ов)):

Построение графической иллюстрации решения ЗЛП в случае двух переменных. Решение целочисленных ЗЛП (задач о ранце с разными типами ограничений) методом динамического программирования.

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 (2 часа(ов)):

Выпуклые множества. Определения выпуклой комбинации двух векторов, отрезка прямой в конечномерном пространстве и выпуклого множества. Операции в классе выпуклых множеств: пересечение, линейная комбинация, замыкание. Выпуклая оболочка множества. Крайние точки выпуклых множеств. Выпуклые конусы. Примеры и геометрические иллюстрации понятий: выпуклая комбинация конечного числа точек, выпуклое множество, выпуклая оболочка множества, пересечение выпуклых множеств, замыкание выпуклого множества, выпуклый конус .

практическое занятие (3 часа(ов)):

Построение (в одно- и двумерном Евклидовом пространстве) геометрических иллюстраций конкретных примеров выпуклой комбинации конечного числа точек , выпуклых множеств, выпуклых оболочек множеств, пересечения выпуклых множеств, замыкания выпуклого множества, выпуклых конусов. Определение выпуклости заданных (аналитически или графически) множеств.

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 понятий: выпуклое многогранное множество (ВММ), выпуклый многогранник. Геометрическая иллюстрация. Примеры. Свойства многогранных множеств. Определение понятий: размерность многогранного множества, грани многогранного множества, ребра и вершины, выпуклые многогранные конусы. Геометрическая иллюстрация. Примеры. Формулировка, доказательство и геометрическая иллюстрация теоремы о представлении ВММ. Определение понятий: выпуклое многогранное множество (ВММ), выпуклый многогранник. Геометрическая иллюстрация. Примеры. Свойства многогранных множеств. Определение понятий: размерность многогранного множества, грани многогранного множества, ребра и вершины, выпуклые многогранные конусы. Геометрическая иллюстрация. Примеры. Формулировка, доказательство и геометрическая иллюстрация теоремы о представлении ВММ.

практическое занятие (3 часа(ов)):

Составление примеров и построение геометрических иллюстраций понятий: выпуклое многогранное множество (ВММ), выпуклый многогранник, размерность многогранного множества, грани многогранного множества, ребра и вершины, выпуклые многогранные конусы.

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 (4 часа(ов)):

Определения понятий: опорные решения системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ), базисы и соответствующие им частные решения СЛАУ, опорные планы и допустимые базисы. Формулировка и доказательство теоремы о связи опорного плана и вершины допустимого многогранного множества. Определение невырожденного и вырожденного опорного плана ЗЛП.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Решение задач на поиск опорных решений СЛАУ. Решение задач, связанных с установлением (или отсутствием) свойства (не)вырожденности опорного плана СЛАУ,

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)):

Концептуальная схема и алгоритм симплексного метода (СМ) решения ЗЛП. Численная реализация СМ. Симплексная таблица. Правила пересчета симплексной таблицы при переходе к новому базису. Признак неразрешимости ЗЛП. Признак оптимальности.

практическое занятие (8 часа(ов)):

Решение конкретных ЗЛП различной размерности с помощью СМ. "Диагностика" случаев неразрешимости ЗЛП.

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

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Решение симметричной ЗЛП. Метод введения дополнительных переменных. Теоретическое обоснование и алгоритм метода дополнительных переменных.

практическое занятие (5 часа(ов)):

Решение конкретных симметричных ЗЛП различной размерности методом дополнительных переменных.

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)):

Метод искусственного базиса (МИБ). Искусственные переменные. Вспомогательная ЗЛП. Связь исходной и вспомогательной ЗЛП. Теоретическое обоснование и алгоритм МИБ. Признак неразрешимости ЗЛП используемый в МИБ. Двухфазный и однофазный варианты МИБ. Теоретическое обоснование и алгоритмы двухфазного и однофазного вариантов МИБ.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Решение конкретных задач различной размерности с ограничениями-равенствами двухфазным и однофазным вариантами МИБ.

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)):

Определения и геометрические иллюстрации основных понятий теории двойственности в линейном программировании: пара взаимосопреженных симметричных ЗЛП, двойственная задача для канонической ЗЛП. Свойства взаимосопреженных симметричных ЗЛП. Формулировка и доказательство теоремы двойственности. Полезные приложения теоремы двойственности.

практическое занятие (3 часа(ов)):

Постановка задач, двойственных к ЗЛП в симметричной и канонической форме. Построение геометрических иллюстраций для анализа свойств пары взаимосопреженных двойственных задач.

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)):

Определение понятия матрицы, обратной к базисной матрице. Обоснование и алгоритм метода обратной матрицы (МОБ). Вывод формул для вычисления двойственных переменных, базисных координат опорного плана, коэффициентов разложения вектора по базису на основе использования матрицы обратной к базисной матрице. Связь МОБ с симплексным методом.

практическое занятие (3 часа(ов)):

Решение ЗЛП различной размерности 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)):

Концептуальные постановки экономико-математических задач, допускающих постановку в виде транспортной модели. Формальная постановка транспортной задачи (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.

практическое занятие (3 часа(ов)):

Построение моделей (в виде ТЗ) для конкретных экономико-математических задач. Численное решение задачи поиска начального опорного плана ТЗ методом северо-западного угла. Сведение незамкнутой ТЗ к замкнутой. Численное решение замкнутых и незамкнутых ТЗ методом потенциалов.

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)):

Определения и геометрическая иллюстрация понятий: выпуклая функция, строго выпуклая функция, вогнутая функция, строго вогнутая функция. Примеры и свойства названных функций. Операции в классе выпуклых функций: линейная комбинация выпуклых функций, функция максимума, суперпозиция выпуклых функций. Геометрические иллюстрации. Критерии выпуклости дифференцируемых функций. Задача безусловной оптимизации.

практическое занятие (1 часа(ов)):

Построение графических иллюстраций выпуклых, строго выпуклых, вогнутых, строго вогнутых функций, суперпозиций выпуклых функций, функции максимума выпуклых функций, операций с выпуклыми функциями, решения задачи безусловной минимизации (строго) выпуклой функции. Установление свойств (строгой) выпуклости (вогнутости) конкретных функций.

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. Покоординатный метод (ПМ) - идея, алгоритм, графическая интерпретация. Варианты ПМ: метод циклического покоординатного спуска, метод случайного покоординатного спуска, метод покоординатного спуска с выбором "быстрой" переменной. Сравнение и геометрическая иллюстрация алгоритмов названных вариантов ПМ.

практическое занятие (1 часа(ов)):

Численная реализация алгоритма ПМ для решения конкретных задач безусловной минимизации дифференцируемой выпуклой функции двух переменных.

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)):

Понятие антиградиента выпуклой функции как направления наискорейшего спуска. Градиентный метод (ГМ). Идея, лежащая в основе метода. Общая схема ГМ. Полношаговый ГМ (метод наискорейшего спуска). Графическая интерпретация полношагового ГМ. Некоторые модификации ГМ.

практическое занятие (1 часа(ов)):

Численная реализация алгоритма полношагового ГМ для решения конкретных задач безусловной минимизации дифференцируемой выпуклой функции двух переменных.

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

лекционное занятие (1 часа(ов)):

Постановка и графическая иллюстрация задачи выпуклого программирования (ЗВП). Формы записи ЗВП. Условия разрешимости ЗВП. Графическое решение ЗВП в одно- и двумерном случае.

практическое занятие (1 часа(ов)):

Численное графическое решение ЗВП в различных конкретных постановках в одно- и двумерных случаях.

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 (1 часа(ов)):

Определение функция Лагранжа ЗВП. Определение и графическая иллюстрация понятия "седловая точка функции Лагранжа ЗВП". Условие Слейтера. Формулировка и доказательство теорем Куна-Таккера в форме о седловой точке функции Лагранжа ЗВП и в дифференциальной форме. Возможности применения теорем Куна-Таккера.

практическое занятие (1 часа(ов)):

Нахождение функции Лагранжа для конкретных ЗВП. Построение и анализ конкретных примеров выполнения и невыполнения условий теорем Куна-Таккера.

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 (1 часа(ов)):

Определение и графическая иллюстрация понятия "проекция точки на множество". Правило нахождения проекции. Вывод явных формул для нахождения проекции точки на множество в некоторых простейших случаях (когда множество представляет собой ортант, шар, сферу, параллелепипед или гиперплоскость в n -мерном Евклидовом пространстве). Случаи отсутствия и неединственности проекции. Концептуальная схема и алгоритм метода проекции градиента (МПГ). Способы нахождения шагового множителя в МПГ. Графическая интерпретация МПГ.

практическое занятие (1 часа(ов)):

Численное решение и графическая иллюстрация конкретных задач нахождения проекции точки на множество. Численное решение и графическая иллюстрация конкретных задач условной минимизации выпуклой функции МПГ.

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 (1 часа(ов)):

Концептуальная схема метода условного градиента (МУГ). Вспомогательная задача и ее свойства. Нахождение условно-релаксационного направления в МУГ. Признак оптимальности. Нахождение шагового множителя в МУГ. Графическая интерпретация МУГ для задачи условной минимизации двумерной выпуклой дифференцируемой функции.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Численное решение и графическая иллюстрация конкретных задач условной минимизации выпуклой дифференцируемой функции с помощью МУГ.

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 графическая интерпретация понятия "функция штрафа". Примеры функций штрафа. Свойства функций штрафа. Штрафной множитель. Концептуальная схема метода штрафных функций (МШФ). Алгоритм МШФ. Вопросы практической реализации МШФ.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Построение и графическая иллюстрация примеров штрафных функций для конкретных задач. Численное решение задач условной минимизации МШФ.

Тема 21. Подготовка к экзамену

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	4	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	6	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	4	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	5	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	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	8	домашнее задание
8.	Тема 8. Решение симметричной ЗЛП. Метод введения дополнительных переменных.	4	8	подготовка домашнего задания	6	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	4	домашнее задание
				подготовка к контрольной работе	4	контрольная работа
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	6	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	4	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	4	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	4	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	2	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	4	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	4	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 домашнего задания	3	домашнее задание
				подготовка к контрольной работе	2	контрольная работа
	Итого				99	

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:

Изучение рассмотренного на лекции материала по теме "История развития, роль и место теории экстремальных задач в системе фундаментальных и прикладных математических дисциплин. Экономико-математические модели". Построение математических моделей 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 раскроя материалов.

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

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

домашнее задание , примерные вопросы:

Изучение рассмотренного на лекции материала по теме: "Линейное программирование. Задача линейного программирования (ЗЛП). Формы записи: общая, симметричная, каноническая ЗЛП. Условия разрешимости ЗЛП. ". Перевод ЗЛП из одной формы в другую.

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

домашнее задание , примерные вопросы:

Изучение рассмотренного на лекции материала по теме: "". Построение графической иллюстрации решение ЗЛП в случае двух переменных. Решение целочисленных ЗЛП (задач о ранце с разными типами ограничений) методом динамического программирования.

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:

Изучение рассмотренного на лекции материала по теме: "Выпуклые множества". Построение примеров. Графическая иллюстрация.

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:

Изучение рассмотренного на лекции материала по теме: "Выпуклые многогранные множества". Построение примеров. Графическая иллюстрация.

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:

Изучение рассмотренного на лекции материала по теме: "Опорные решения системы линейных алгебраических уравнений. 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. " 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.

домашнее задание , примерные вопросы:

Изучение рассмотренного на лекции материала по теме: "Симплексный метод (СМ) решения ЗЛП". Решение конкретных задач ЛП с помощью СМ.

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

домашнее задание , примерные вопросы:

Изучение рассмотренного на лекции материала по теме: "Решение симметричной ЗЛП.". Решение конкретных симметричных задач ЛП с помощью метода дополнительных переменных.

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:

Изучение рассмотренного на лекции материала по теме: "Метод искусственного базиса". Решение конкретных ЗЛП с помощью метода дополнительных переменных.

контрольная работа , примерные вопросы:

Решение конкретных задач ЛП с помощью двухфазного и однофазного вариантов МИБ.

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:

Изучение рассмотренного на лекции материала по теме: "Элементы теории двойственности в линейном программировании. ". Решение примеров.

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:

Изучение рассмотренного на лекции материала по теме: "Метод обратной матрицы (МОБ)".
Решение конкретных задач ЛП с помощью 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.

домашнее задание , примерные вопросы:

Изучение рассмотренного на лекции материала по теме: " Транспортная задача (ТЗ)". Решение конкретных 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.

домашнее задание , примерные вопросы:

Изучение рассмотренного на лекции материала по теме: "Безусловная оптимизация".
Построение графических иллюстраций рассмотренных понятий.

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:

Изучение рассмотренного на лекции материала по теме: "Покоординатный метод (ПМ)".
Решение задач безусловной минимизации гладкой выпуклой функции с помощью ПМ.

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:

Изучение рассмотренного на лекции материала по теме: "Градиентный метод (ГМ)".
Решение задач безусловной минимизации гладкой выпуклой функции с помощью ГМ.

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

домашнее задание , примерные вопросы:

Изучение рассмотренного на лекции материала по теме: "Выпуклое программирование".
Построение графических иллюстраций рассмотренных понятий.

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:

Изучение рассмотренного на лекции материала по теме: "Теоремы Куна-Таккера".
Построение графических иллюстраций рассмотренных понятий.

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:

Изучение рассмотренного на лекции материала по теме: "Метод проекции градиента (МПГ)".
Решение задач ВП с помощью МПГ.

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:

Изучение рассмотренного на лекции материала по теме: "Метод проекции градиента (МПГ)".
Решение задач ВП с помощью МПГ.

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

домашнее задание, примерные вопросы:

Численное решение задач ВП с помощью МШФ.

контрольная работа, примерные вопросы:

Численное решение задач ВП с помощью МШФ.

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.

Вопросы к экзамену приведены в Приложении 1.

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"

<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.znanium.com/bookread.php?book=105355>

7.2. Дополнительная литература:

1. Васильев Ф.П. Методы оптимизации [Текст] / Ф.П. Васильев. - М.: Факториал, 2002. - 823 с.
2. Васильев Ф.П. Линейное программирование [Текст] / Ф.П. Васильев, А.Ю. Иваницкий. - М.: Факториал, 1998. - 176 с.
3. Заботин Я.И. Учебные задания по курсу математические методы в исследовании операций [Текст] / Я.И. Заботин, А.И. Кораблев, М.И. Крейнин. - Казань: изд-во КГУ, 1984. - 48 с.
4. Заботин Я.И. Лекции по линейному программированию [Текст] / Я.И. Заботин. - Казань: изд-во КГУ, 1985. - 98 с.
5. Карманов В.Г. Математическое программирование [Текст] / В.Г. Карманов. - М.: Физматлит, 2004. - 264 с.
6. Мухачева Э.А. Математическое программирование [Текст] / Э.А. Мухачева, Г.Ш. Рубинштейн. - Новосибирск: Наука, 1987. - 272 с.
7. Поляк Б.Т. Введение в оптимизацию [Текст] / Б.Т. Поляк. - М.: Наука, 1983. - 385 с.
8. Сухарев А.Г. Курс методов оптимизации [Текст] / А.Г. Сухарев, А.В. Тимохов, В.В. Федоров. - М.: Физматлит, 2005. - 368 с.
9. Н.Н. Моисеев, Ю.П. Иванилов, Е.М. Столярова / Методы оптимизации // - М., 1978, Наука, - 352С.
10. Б.Т. Поляк / Введение в оптимизацию // - М., 1983, Наука, - 385С.
11. Я.И. Заботин / Лекции по линейному программированию // - Казань, 1985, изд-во КГУ - 98С.
12. С. Гасс / Линейное программирование // - М., 1961, "Физматгиз",
13. С.А. Ашманов / Линейное программирование // - М., 1981, Наука, - 304С.

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.