

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. Таюрский Д.А.

_____ 20__ г.

Программа дисциплины
Дискретная оптимизация Б3.В.10

Направление подготовки: 080500.62 - Бизнес-информатика

Профиль подготовки: не предусмотрено

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Автор(ы):

Шульгина О.Н.

Рецензент(ы):

Лернер Э.Ю.

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
2018

Содержание

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

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. (доцент) Шульгина О.Н. кафедра анализа данных и исследования операций отделение фундаментальной информатики и информационных технологий , Oksana.Shulgina@kpfu.ru

1. Цели освоения дисциплины

Целью курса по выбору ("Дискретная оптимизация") является изучение моделей, постановок и методов решения задач дискретной оптимизации. Изучаются вопросы сложности и алгоритмы решения известных дискретных задач.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б3.В.10 Профессиональный" основной образовательной программы 080500.62 Бизнес-информатика и относится к вариативной части. Осваивается на 3 курсе, 6 семестр.

Дисциплина изучается на 3 курсе, в 6 семестре. Данная дисциплина опирается на дисциплины "Исследование операций", "Дискретная математика", "Методы оптимизации".

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ок-12	способность работать с информацией в глобальных компьютерных сетях;
ок-14	способность использовать в научной и познавательной деятельности, а также в социальной сфере профессиональные навыки работы с информационными и компьютерными технологиями;
пк-4	способность в составе научно-исследовательского и производственного коллектива решать задачи профессиональной деятельности;
пк-7	способность собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным, профессиональным, социальным и этическим проблемам;

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

классические постановки и методы решения задач дискретной оптимизации, и уметь реализовать эти методы на ЭВМ;

2. должен уметь:

разрабатывать математические модели практических задач дискретной оптимизации и иметь представления о их сложности;

оценивать трудоемкость алгоритмов решения;

реализовать методы решения задач теории расписаний на ЭВМ.

3. должен владеть:

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

4. должен демонстрировать способность и готовность:

оценить сложность практической задачи, применить известные методы решения, реализовать их на ЭВМ

4. должен демонстрировать способность и готовность:

оценить сложность практической задачи, применить известные методы решения, реализовать их на ЭВМ

4. должен демонстрировать способность и готовность:

оценить сложность практической задачи, применить известные методы решения, реализовать их на ЭВМ

4. должен демонстрировать способность и готовность:

оценить сложность практической задачи, применить известные методы решения, реализовать их на ЭВМ

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

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

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен в 6 семестре.

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

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

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

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

4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Введение. Предмет с/к "Дискретная оптимизация".	6	1	2	2	0	

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. Кратчайшие пути.	6	2	2	2	0	
3.	Тема 3. Остовы минимального веса.	6	3	2	2	0	
4.	Тема 4. Задача о наибольшем паросочетании в двудольном графе.	6	4	2	2	0	
5.	Тема 5. Насыщенные (ненасыщенные) ребра и вершины.	6	5	2	2	0	
6.	Тема 6. Наименьшее вершинное покрытие в двудольном графе.	6	6-7	4	4	0	
7.	Тема 7. Взвешенная задача построения наибольшего паросочетания.	6	8-9	4	4	0	
8.	Тема 8. Решение сбалансированной задачи построения наибольшего паросочетания минимального веса в полном двудольном графе с отрицательными весами ребер.	6	10-11	4	4	0	
9.	Тема 9. Решение несбалансированной задачи построения наибольшего паросочетания минимального веса в двудольном полном графе.	6	12-13	4	4	0	
10.	Тема 10. Потoki в сетях.	6	14-15	4	4	0	
11.	Тема 11. Потoki в сетях. Задача транспортного типа о спросе и предложении.	6	16-17	4	4	0	
12.	Тема 12. Общие методы решения задач дискретной оптимизации.	6	18	2	2	0	
	Тема . Итоговая форма контроля	6		0	0	0	Экзамен

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
Итого				36	36	0	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Введение. Предмет с/к "Дискретная оптимизация".

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Предмет "Дискретная оптимизация" и его связь с дисциплинами "Методы оптимизации", "Исследование операций" и др. Постановки задач, приводящие к требованиям целочисленности (задача о ранце, задача о назначениях, транспортная задача, задача коммивояжера и др.). Общая постановка задачи дискретного программирования. Геометрический смысл. Элементы теории сложности. Примеры NP- полных задач.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Практическое установление связи дисциплины "Дискретная оптимизация" с дисциплинами "Методы оптимизации", "Исследование операций" и др. Рассмотрение задач, приводящих к требованиям целочисленности: -задача о ранце, задача о назначениях, транспортная задача, задача коммивояжера и др. Рассмотрение общей постановки задачи дискретного программирования. Изучение элементов теории сложности. Разбор примеров NP- полных задач.

Тема 2. Кратчайшие пути.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Постановка задачи построения кратчайшего пути. Трудоемкость решения задачи. Алгоритм Дейкстры для отыскания кратчайшего пути и его обоснование. Условия применимости алгоритма. Алгоритм Флойда для отыскания кратчайших путей и его обоснование. Условия применимости алгоритма.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Практическая постановка задачи построения кратчайшего пути и оценка трудоемкости решения задачи. Решение задачи отыскания кратчайшего пути при помощи алгоритма Дейкстры и алгоритма Флойда. Практическое выяснение обоснований и условий применимости каждого алгоритма.

Тема 3. Остовы минимального веса.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Остовы минимального веса. Теорема об эквивалентных определениях дерева с обоснованием и ее следствия. Понятие остова. Постановка задачи построения остова минимального веса. Трудоемкость решения задачи. Алгоритмы построения остовов минимального веса и их обоснования.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Практическая постановка и решение задачи построения остова минимального веса при помощи разных алгоритмов. Практическое сравнение и обоснование этих алгоритмов. Оценка трудоемкости решения задачи.

Тема 4. Задача о наибольшем паросочетании в двудольном графе.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Постановка задачи построения наибольшего паросочетания. Постановка задачи в терминах математического программирования. Теорема о необходимых и достаточных условиях наибольшего паросочетания и обоснование. Определение чередующейся и увеличивающей цепи.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Практическое выполнение постановки задачи построения наибольшего паросочетания в двудольном графе. Рассмотрение постановки задачи в терминах математического программирования. Практическое определение чередующейся и увеличивающей цепи.

Тема 5. Насыщенные (ненасыщенные) ребра и вершины.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Насыщенные (ненасыщенные) ребра и вершины. Определение двудольного графа. Теорема о необходимых и достаточных условиях существования увеличивающей цепи в двудольном графе Алгоритм построения наибольшего паросочетания в двудольном графе и его обоснование .

практическое занятие (2 часа(ов)):

Изучение на практическом занятии двудольного графа, его насыщенных (ненасыщенных) ребер и вершин. Разбор алгоритма построения наибольшего паросочетания в двудольном графе и обоснование этого алгоритма.

Тема 6. Наименьшее вершинное покрытие в двудольном графе.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Определение наименьшего вершинного покрытия в двудольном графе. Алгоритм построения наименьшего вершинного покрытия в двудольном графе и его обоснование.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Изучение наименьшего вершинного покрытия в двудольном графе. Решение задачи построения наименьшего вершинного покрытия в двудольном графе с обоснованием алгоритма решения задачи.

Тема 7. Взвешенная задача построения наибольшего паросочетания.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Взвешенная задача построения наибольшего паросочетания. Постановка задачи построения наибольшего паросочетания минимального веса в двудольном графе. Свойства задачи . Постановка задачи в терминах математического программирования. Алгоритм построения наибольшего паросочетания минимального веса в двудольном графе и его обоснование. Условия, при которых применим алгоритм.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Практическое решение взвешенной задачи построения наибольшего паросочетания минимального веса в двудольном графе: постановка задачи, свойства задачи и разбор алгоритма решения задачи.

Тема 8. Решение сбалансированной задачи построения наибольшего паросочетания минимального веса в полном двудольном графе с отрицательными весами ребер.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Решение сбалансированной задачи построения наибольшего паросочетания минимального веса в полном двудольном графе с отрицательными весами ребер. Решение задачи построения наибольшего паросочетания минимального веса в случае неполного графа, построение соответствующего исходному полному графа.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Практическое решение сбалансированной задачи построения наибольшего паросочетания минимального веса в полном двудольном графе с отрицательными весами ребер в случае полного графа и в случае неполного графа, построение соответствующего исходному полному графа.

Тема 9. Решение несбалансированной задачи построения наибольшего паросочетания минимального веса в двудольном полном графе.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Решение несбалансированной задачи построения наибольшего паросочетания минимального веса в двудольном полном графе. Построение соответствующего сбалансированного графа. Общая схема решения несбалансированной задачи построения наибольшего паросочетания минимального веса в неполном двудольном графе с отрицательными весами ребер.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Практическое решение несбалансированной задачи построения наибольшего паросочетания минимального веса в двудольном полном графе и построение соответствующего сбалансированного графа. Решение несбалансированной задачи построения наибольшего паросочетания минимального веса в неполном двудольном графе с отрицательными весами ребер.

Тема 10. Потоки в сетях.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Потоки в сетях. Определение потока в сети. Разрезы сети. Теорема о максимальном потоке и минимальном разрезе. Метод расстановки пометок для построения максимального потока в сети. Потоки в неориентированных и смешанных сетях. Потоки в сетях с пропускной способностью узлов. Решение прикладных задач с помощью максимальных потоков в сетях.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Изучение потока в сети, разрывов сети. Рассмотрение метода расстановки расстановки пометок для построения максимального потока в сети. Обзор потоков в неориентированных и смешанных сетях, в в сетях с пропускной способностью узлов. Практическое решение задач с помощью максимальных потоков в сетях.

Тема 11. Потоки в сетях. Задача транспортного типа о спросе и предложении.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Потоки в сетях. Задача транспортного типа о спросе и предложении. Симметричная задача о спросе и предложении. Задача о допустимой циркуляции в сети. Задача о назначениях и ее сведение к задаче о максимальном потоке. Задача на узкие места (о назначении).

практическое занятие (4 часа(ов)):

Решение задачи транспортного типа о спросе и предложении. Решение симметричной задачи о спросе и предложении. Решение задачи о допустимой циркуляции в сети. Решение задачи о назначениях и ее сведение к задаче о максимальном потоке. Решение задачи на узкие места (о назначении).

Тема 12. Общие методы решения задач дискретной оптимизации.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Общие методы решения задач дискретной оптимизации. Метод ветвей и границ. Метод динамического программирования для решения задач.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Обзор общих методов решения задач дискретной оптимизации. Решение задач дискретной оптимизации методом ветвей и границ и методом динамического программирования.

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. Предмет с/к "Дискретная оптимизация".	6	1	домашняя работа	6	устно
2.	Тема 2. Кратчайшие пути.	6	2	домашняя работа	6	устно
3.	Тема 3. Осто́вы минимального веса.	6	3	домашняя работа	6	устно
4.	Тема 4. Задача о наибольшем паросочетании в двудольном графе.	6	4	контрольная работа	6	письменно

№	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
5.	Тема 5. Насыщенные (ненасыщенные) ребра и вершины.	6	5	домашняя работа	6	устно
6.	Тема 6. Наименьшее вершинное покрытие в двудольном графе.	6	6-7	домашняя работа	6	устно
7.	Тема 7. Взвешенная задача построения наибольшего паросочетания.	6	8-9	домашняя работа	6	устно
8.	Тема 8. Решение сбалансированной задачи построения наибольшего паросочетания минимального веса в полном двудольном графе с отрицательными весами ребер.	6	10-11	домашняя работа	3	устно
9.	Тема 9. Решение несбалансированной задачи построения наибольшего паросочетания минимального веса в двудольном полном графе.	6	12-13	контрольная работа	6	письменно
10.	Тема 10. Потoki в сетях.	6	14-15	домашняя работа	3	устно
	Итого				54	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Аудиторные занятия со студентами по данной дисциплине проводятся в форме практических занятий, причем часть из них проходит в интерактивной форме, с демонстрацией материала. Кроме того, предусмотрена самостоятельная работа студентов.

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

Тема 1. Введение. Предмет с/к "Дискретная оптимизация".

устно, примерные вопросы:

Изучение лекционного материала по теме "Введение в предмет "Дискретная оптимизация".

Тема 2. Кратчайшие пути.

устно, примерные вопросы:

Изучение лекционного материала по теме "Кратчайшие пути". Разбор решения задачи построения кратчайшего пути и алгоритма Дейкстры и алгоритма Флойда для отыскания кратчайшего пути.

Тема 3. Осто́вы минимального веса.

устно , примерные вопросы:

Изучение лекционного материала по теме "Осто́вы минимального веса". Разбор решения задачи построения остова минимального веса при помощи разных алгоритмов.

Тема 4. Задача о наибольшем паросочетании в двудольном графе.

письменно , примерные вопросы:

Подготовка к контрольной работе (выполнению индивидуальных заданий) по пройденным темам (примерные варианты контрольных работ приведены в разделе "Прочее").

Тема 5. Насыщенные (ненасыщенные) ребра и вершины.

устно , примерные вопросы:

Изучение лекционного материала по теме "Насыщенные (ненасыщенные) ребра и вершины". Разбор алгоритма построения наибольшего паросочетания в двудольном графе.

Тема 6. Наименьшее вершинное покрытие в двудольном графе.

устно , примерные вопросы:

Изучение лекционного материала по теме "Наименьшее вершинное покрытие в двудольном графе". Разбор решения задачи построения наименьшего вершинного покрытия в двудольном графе.

Тема 7. Взвешенная задача построения наибольшего паросочетания.

устно , примерные вопросы:

Изучение лекционного материала по теме "Взвешенная задача построения наибольшего паросочетания". Разбор решения взвешенной задачи построения наибольшего паросочетания минимального веса в двудольном графе.

Тема 8. Решение сбалансированной задачи построения наибольшего паросочетания минимального веса в полном двудольном графе с отрицательными весами ребер.

устно , примерные вопросы:

Изучение лекционного материала по теме "Решение сбалансированной задачи построения наибольшего паросочетания минимального веса в полном двудольном графе с отрицательными весами ребер". Разбор решения сбалансированной задачи построения наибольшего паросочетания минимального веса в полном двудольном графе с отрицательными весами ребер в случае полного графа и в случае неполного графа.

Тема 9. Решение несбалансированной задачи построения наибольшего паросочетания минимального веса в двудольном полном графе.

письменно , примерные вопросы:

Подготовка к контрольной работе (выполнению индивидуальных заданий) по пройденным темам (примерные варианты контрольных работ приведены в разделе "Прочее").

Тема 10. Потоки в сетях.

устно , примерные вопросы:

Изучение лекционного материала по теме "Потоки в сетях".

Тема 11. Потоки в сетях. Задача транспортного типа о спросе и предложении.

Тема 12. Общие методы решения задач дискретной оптимизации.

Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к экзамену:

По данной дисциплине предусмотрено проведение экзамена и контрольных работ.

Примерные вопросы для экзамена.

1. Определение пути, кратчайшего пути.

Постановка задачи построения кратчайшего пути.

Трудоемкость решения задачи.

2. Алгоритм Дейкстры для отыскания кратчайшего пути и его обоснование.

Условия применимости алгоритма.

3. Алгоритм Флойда для отыскания кратчайших путей и его обоснование.

Условия применимости алгоритма.

4. Определение дерева. Теорема об эквивалентных определениях дерева с обоснованием и ее следствия.

5. Понятие остова. Постановка задачи построения остова минимального веса. Трудоемкость решения задачи. Алгоритмы построения остовов минимального веса и их обоснования.

6. Определение паросочетания. Постановка задачи построения наибольшего паросочетания. Постановка задачи в терминах математического программирования. Теорема о необходимых и достаточных условиях

наибольшего паросочетания и обоснование.

7. Определение чередующейся и увеличивающей цепи. Насыщенные (ненасыщенные) ребра и вершины.

8. Определение двудольного графа. Построение на основе двудольного графа и его паросочетания ориентированного графа. Теорема о необходимых и достаточных условиях существования увеличивающей цепи в двудольном графе.

9. Алгоритм построения наибольшего паросочетания в двудольном графе и его обоснование.

10. Определение множеств, образующих покрытие.

11. Определение покрытия. Алгоритм построения наименьшего вершинного покрытия в двудольном графе и его обоснование.

12. Постановка задачи построения наибольшего паросочетания минимального веса в двудольном графе. Свойства задачи. Постановка задачи в терминах математического программирования. Алгоритм построения наибольшего паросочетания минимального веса в двудольном графе и его обоснование.

Условия, при которых применим алгоритм.

13. Решение сбалансированной задачи построения наибольшего паросочетания минимального веса в полном двудольном графе с отрицательными весами ребер.

14. Решение задачи построения наибольшего паросочетания минимального веса в случае неполного графа, построение соответствующего исходному полному графу.

15. Решение несбалансированной задачи построения наибольшего паросочетания минимального веса в двудольном полном графе. Построение соответствующего сбалансированного графа.

16. Общая схема решения несбалансированной задачи построения наибольшего паросочетания минимального веса в неполном двудольном графе с отрицательными весами ребер.

17. Определение потока в сети. Постановка задачи построения максимального потока. Лемма о пропускной способности разреза, разделяющего вершины s , t с обоснованием. Теорема о максимальном потоке и минимальном разрезе с обоснованием.

18. Метод расстановки пометок для построения целочисленного потока в ориентированной сети.

19. Решение задачи построения максимального потока в сети с пропускными способностями узлов. Постановка задачи и алгоритм решения с обоснованием.

Построение расширенной сети. Лемма о соответствии величины потока в исходной и расширенной сети.

20. Построение максимального потока в неориентированных и смешанных сетях. Постановка задачи и решение.

21. Решение задачи о наибольшем паросочетании сведением к задаче о построении максимального потока.

22. Решение задачи о спросе и предложении сведением к задаче о построении максимального потока.

23. Метод ветвей и границ с обоснованием.

24. Принцип оптимальности Беллмана. Схема метода динамического программирования.

Примерные варианты контрольных работ по текущему контролю успеваемости.

1. Алгоритм построения наибольшего паросочетания минимального веса в двудольном графе и его обоснование.

2. Лемма о пропускной способности разреза, разделяющего вершины s , t .

3. Определение разреза, пропускной способности разреза. Показать на примере.

1. Метод расстановки пометок для построения целочисленного потока в ориентированной сети с обоснованием.

2. Решение задачи построения наибольшего паросочетания минимального веса в случае неполного

графа, построение соответствующего исходному графу полного графа. Показать на примере.

3. Определение минимального разреза.

1. Метод ветвей и границ с обоснованием.

2. Общая схема решения несбалансированной задачи построения наибольшего паросочетания минимального веса в неполном двудольном графе с отрицательными весами ребер.

3. Определение потока в сети. Привести пример.

7.1. Основная литература:

1. Теория графов в задачах и упражнениях: более 200 задач с подробными решениями / В. А. Емеличев, И. Э. Зверович, О. И. Мельников [и др.]. - Москва: URSS: ЛИБРОКОМ, 2013]. - 415 с.

2. Методы оптимизации: Учебное пособие / А.В. Аттетков, В.С. Зарубин, А.Н. Канатников. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ Инфра-М, 2013. - 270 с.: ил.; 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). (переплет) ISBN 978-5-369-01037-2, 700 экз.

<http://www.znaniyum.com/bookread.php?book=350985>

3. Дискретная математика: графы и автоматы [Текст : электронный ресурс] : учебное пособие / Ю.А. Альпин, С.Н. Ильин ; Казан. гос. ун-т. - Электронные данные (1 файл: 0,9 Мб) .? (Казань : Научная библиотека Казанского федерального университета, 2014) .? Загл. с экрана .? Режим доступа: открытый.

Оригинал копии: Дискретная математика: графы и автоматы : учеб. пособие / Ю.А. Альпин, С.Н. Ильин ; Казан. гос. ун-т. - Казань : [Казан. гос. ун-т], 2007. - 77, [1] с. : ил. ; 21.

<URL:<http://libweb.kpfu.ru/ebooks/publicat/0-761515.pdf>>.

4. Ашманов С.А. Тимохов А.В. Теория оптимизации в задачах и упражнениях. - Санкт-Петербург: Лань, 2012. - 448с.

http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=3799

5. Задачи по дискретной математике для контрольных и самостоятельных работ. О.-д. функции. Теория кодирования. Графы [Текст: электронный ресурс] : учебный практикум / Казан. гос. ун-т ; сост.: А. В. Васильев, д.ф.-м.н., проф. Н. К. Замов, к.ф.-м.н., доц. П. В. Пшеничный .? Электронные данные (1 файл: 0,23 Мб) .? (Казань : Казанский государственный университет, 2009) .? Загл. с экрана .? Режим доступа: открытый .?

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань" , доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

практические занятия проводятся в аудитории, оснащенной доской и мелом (маркером).

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

Автор(ы):

Шульгина О.Н. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

Лернер Э.Ю. _____

"__" _____ 201__ г.