

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НОВОСИБИРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ, НГУ)**

Утверждаю:

«_____» _____ 201__ г.

МЕХАНИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Рабочая программа дисциплины

ДИСКРЕТНЫЕ ЗАДАЧИ ТЕОРИИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Направление подготовки

010200 – «Математика и компьютерные науки»

Квалификация (степень)

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Новосибирск – 2014 год

Аннотация программы

Программа дисциплины «Дискретные задачи теории принятия решений» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО с учетом рекомендаций и ПрООП ВПО к структуре и результатам освоения основных образовательных программ бакалавриата по Профессиональному циклу по направлению подготовки 010200 – «Математика и компьютерные науки».

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, контрольные работы, самостоятельная работа студента, и экзамен.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости в форме контрольной работы, контроль в форме выполнения индивидуальных заданий, по результатам которых студент допускается или не допускается к экзамену. Формы рубежного контроля определяются решениями Ученого совета, действующими в течение текущего учебного года.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 академических часа (из них 102 аудиторных), 1 экзамен. Программой дисциплины предусмотрены 68 часов лекционных (36 в 7 семестре и 32 в 8 семестре) и 34 часов практических занятий. Остальное время – различные формы контроля успеваемости и самостоятельная работа студентов.

Авторы:

Алексеева Екатерина Вячеславовна, к.ф.-м.н., доцент

Кочетов Юрий Андреевич, д.ф.-м.н., профессор

Механико-математический факультет

Кафедра Теоретической кибернетики

1. Цели освоения дисциплины (курса)

Дисциплина «Дискретные задачи теории принятия решений» имеет своей целью дать студентам специальную подготовку, которую они смогут эффективно применять при реализации различных проектов, связанных с оптимизацией производственных процессов при стратегическом планировании, управлении запасами, составлении расписаний, размещении пунктов производства и других. Кроме того, развить навыки и умения, которые будут способствовать решению научно-прикладных задач и проведению анализа получаемых решений.

Основной целью курса является ознакомление с базовыми математическими моделями и освоение алгоритмов решения дискретных экстремальных задач, а также знакомство с современными направлениями развития в области компьютерных наук, в частности в области исследования операций. В целом материал курса ориентирован на умение правильно сформулировать оптимизационную задачу, классифицировать её, определить вычислительную сложность задачи и выбрать или разработать наиболее подходящий метод решения, реализовать его в виде алгоритма и программы.

Отличительной особенностью данной дисциплины является сочетание теоретической части, примеров прикладных задач и оригинальных практических заданий, содержащих исследовательскую составляющую, что способствует формированию у студентов научно-исследовательских и научно-изыскательных компетенций, развитию творческого и интеллектуального потенциала.

В настоящее время существует множество пакетов прикладных программ, позволяющих решать стандартные задачи дискретного программирования. Применение этих пакетов возможно и без знания алгоритмов и способов их реализации. Однако знание существа методов позволяет более эффективно использовать разработанные пакеты. А также при возникновении новых нестандартных задач требуется адаптация алгоритмов. На семинарских занятиях студенты будут осваивать некоторые из существующих пакетов, приобретут навыки моделирования сложных производственно-экономических проблем в виде оптимизационных задач в среде современных пакетов типа GAMS и разработают алгоритмы решения средствами таких пакетов.

Цель обучения состоит в усвоении задачи, выработке подхода к решению новой задачи, используя общие методы и схемы, рассматриваемые в процессе обучения.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Дискретные задачи теории принятия решений» входит в

вариативную часть общенаучного цикла М1. Она является дополнением и продолжением курса «Методы оптимизации», который дает базовые знания из непрерывной оптимизации, полезные студентам при изучении дискретных оптимизационных задач в «Теории теории принятия решений». Изучение данной дисциплины базируется на базовых основах знаний бакалавров: математический анализ, линейная алгебра и геометрия, математическая логика, дискретная математика, теория вероятностей. Кроме того, желательно знание английского языка для чтения иностранных научных публикаций по теме дисциплины и обязательно наличие навыков программирования на любом языке. Курс «Дискретные задачи теории принятия решений» является связующим между вышеупомянутыми теоретическими основами и курсами, посвященными искусству программирования и разработке алгоритмов, входящих в профессиональный цикл М2, поскольку с одной стороны показывает, как формализовать прикладную задачу в виде математической модели, а с другой стороны учит, как правильно выполнить алгоритмическую часть при решении задач.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Дисциплина направлена на выработку следующих общекультурных компетенций: ОК-6, ОК-8, ОК-10, ОК-11, ОК-12, ОК-13, ОК-14, ОК-15, ОК-16 и профессиональных компетенций: ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10, ПК-11, ПК-15, ПК-20, ПК-23, ПК-24, ПК-27 выпускника.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

1. *Знать*: элементы теории сложности для анализа NP-трудных задач; основы теории алгоритмов комбинаторной оптимизации и вычислительную сложность; базовые понятия и определения, математические модели классических задач исследования операций численные методы и подходы к их решению; современные подходы к решению актуальных задач в области теории принятия решений;
2. *Уметь*: правильно формулировать прикладную задачу в виде математической модели; выбирать подходящий метод решения и реализовывать его в виде алгоритмов и программ; профессионально работать с готовыми коммерческими программными продуктами для решения дискретных оптимизационных задач (GAMS, CPLEX и др.); оценивать временную сложность алгоритмов;
3. *Владеть*: общими численными методами решения задач дискретной оптимизации; теорией алгоритмов для решения задач размещения, составления

расписаний, календарного планирования, раскроя и упаковки, маршрутизации; теорией игр.

4. Структура и содержание дисциплины «Дискретные задачи теории принятия решений»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов, из них 102 аудиторных.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа	
1	Задачи комбинаторной оптимизации. Алгоритмы и сложность	7	1	2			2	
2	Медианы, порядковые статистики и сбалансированные деревья	7	2	2			2	
3	Динамическое программирование	7	3	2		4	2	
4	Задача о рюкзаке. Задача о ближайшем соседе	7	4,5	4		4	4	
5	Задачи раскроя и упаковки	7	6,7	4			4	
6	Календарное планирование	7	8,9	4		4	4	
7	Задача коммивояжера: приближенные алгоритмы, нижние оценки	7	10,11	4		4	4	
8	Задача о покрытии	7	12	2			2	
9	Дискретные задачи размещения	7	13,14	4			4	
10	Матричные игры. Матричные игры. Игры с (не)нулевой суммой. Биматричные игры. Бескоалиционные игры	7	15,16	4		1	4	
11	Промежуточный контроль	7	17,18	4				
12	Математические модели. Методы построения математических моделей. Лабораторная работа: Построение математических моделей. Знакомство со средой GAMS, пакет CPLEX.	8	1,2	4	1	1	4	Проведение проверочной работы (1 неделя). Разбор задач (2 неделя).
13	Анализ качества математических моделей. Разрыв целочисленности. Наилучшая формулировка. Выпуклая оболочка.	8	3,4	4	1	4	4	Проверка домашнего задания. Проверка

	Целочисленные многогранники. Лабораторная работа: Построение математических моделей. Реализация в GAMS. Анализ получаемых решений.							лабораторных работ.
14	Матроиды. Пересечение матроидов. Лабораторная работа: Разработка приближенного алгоритма решения дискретной оптимизационной задачи.	8	5,6	4	1	1	4	Проверка домашнего задания. Проверка лабораторных работ.
15	Рандомизированные алгоритмы. Задача о максимальной выполнимости. Задача о поиске выпуклой оболочки на плоскости. Дерандомизация алгоритмов	8	7,8	4	1	1	4	Проверка домашнего задания. Контрольная работа (7 неделя).
16	Приближенные алгоритмы решения задач комбинаторной оптимизации, эвристики: поиск с запретами, алгоритм имитации отжига, генетический алгоритм, локальный поиск. Приближенные алгоритмы с оценками.	8	9, 10	4	1	1	4	Проверка самостоятельной лабораторной работы «Разработка приближенного алгоритма решения дискретной оптимизационной задачи».
17	Многокритериальная оптимизация. Эффективные решения, (не) доминируемые решения. Методы решения задач многокритериальной оптимизации.	8	11,12	4	1	1	4	Проверка домашнего задания.
18	Многокритериальная оптимизация для дискретных задач	8	13, 14	4	1	1	4	Проверка домашнего задания.
19	Допуск к экзамену	8	15,16	4				Проверка выполнения домашних и самостоятельных лабораторных работ, удовлетворительно написанных контрольной и проверочной работ.
20	Экзамен в устной форме	8						
11	Итого:			68	14	20	80	

5. Образовательные технологии

Обучение дисциплине состоит из лекционных и практических занятий. На лекционных занятиях предлагается базовый теоретический материал курса, разбираются концептуальные вопросы. Лекции проводятся в интерактивной форме, включают

обсуждение нового и уже изученного материала, ответы на вопросы студентов, дискуссии. Практические занятия разделяются на семинарские занятия и лабораторный практикум. На семинарских занятиях студенты осваивают и закрепляют теоретический материал, решают задачи без использования вычислительных устройств. На практикуме они решают практические задачи с привлечением компьютеров и дополнительных программных средств: например, система GAMS, пакет CPLEX, и другие средства, в которых студенты умеют программировать.

Текущий контроль усвоения учебного материала предусмотрен в виде обсуждений и проверки домашних заданий по пройденным темам, написания контрольной работы, выполнения лабораторных работ.

На первом практическом занятии в 8 семестре студентам предлагается написать проверочную работу. Цель этой работы проверить знания, которые они получили в 7 семестре. Проверочная работа состоит из нескольких задач на построение моделей смешанного целочисленного линейного программирования. Примеры задач содержатся в пособии Е. В. Алексеевой «Построение математических моделей целочисленного линейного программирования. Примеры и задачи» в разделе с упражнениями. Все возникшие вопросы, в результате написания проверочной работы, разрешаются на следующем семинаре. На первом лекционном занятии студентам излагается цель курса, краткий план, требования к прохождению курса, требования для получения положительной оценки на экзамене.

В середине каждого семестра на семинаре проводится контрольная работа. Она состоит из трех-четырёх задач на разные темы из пройденных к этому моменту разделов дисциплины. На следующем семинаре обсуждаются трудности и нерешенные задачи.

В течение 8 семестра каждый студент должен выполнить несколько лабораторных работ. Они делятся на две части. Цель выполнения лабораторных работ первой части – приобретение и закрепление навыков математического моделирования. Студенты должны сформулировать математическую модель для задач небольшой размерности и решить её средствами известных пакетов. Вторая часть заданий направлена на разработку и программирование одного из рассмотренных в курсе алгоритмов (алгоритм имитации отжига, поиск с чередующимися окрестностями, алгоритм локального поиска, генетический алгоритм). Студентам предлагается дискретная задача оптимизации. Они должны разработать, запрограммировать и исследовать поведение алгоритма при различных параметрах, протестировать разработанный алгоритм на известных тестовых примерах из электронных библиотек, провести анализ качества получаемых решений.

Для выполнения этой части студенту необходимы полученные навыки работы с прикладными пакетами для решения оптимизационных задач, приобретенные при выполнении первой части, и умение программировать.

Ответы к лабораторным заданиям второй части находятся в свободном доступе на сайте преподавателей кафедры, в библиотеке по дискретным задачам размещения, таким образом, студенты могут оценить качество получаемых решений. Вторая часть, состоящая из двух лабораторных работ, выполняется студентом самостоятельно и является наиболее важной. На выполнение каждой лабораторной работы отводится несколько недель. Сдача второй части заключается в демонстрации программы, написанной на любом языке программирования, с обращением к одному из пакетов для решения оптимизационных задач. Проверка проводится сравнением результатов работы алгоритма, разработанного студентом с известными рекордными значениями. При наличии замечаний к выполненной работе студенту предоставляется дополнительное время (не более 1 недели) на устранение замечаний, затем работа сдается повторно.

Студенты, посетившие менее 50% семинарских занятий и менее 50% лекционных занятий, не выполнившие лабораторные задания и контрольные работы к экзамену не допускаются.

Своевременная сдача лабораторных работ по курсу является необходимым условием положительной итоговой оценки за весь курс. Окончательная оценка за курс выставляется на основании устного ответа на экзамене. За невыполнение лабораторной работы оценка, полученная за устный ответ на экзамене, понижается на один балл. За пропущенные лекционные занятия студент получает по соответствующей теме дополнительный вопрос в ходе устной беседы на экзамене. Образцы экзаменационных вопросов см. в п. 6.1.

Для усвоения знаний, расширения кругозора по данной дисциплине студентам рекомендуется посещать семинары по близкой тематике, например, «Математическое программирование», «Теория игр», «Дискретные экстремальные задачи», на которых выступают ведущие специалисты и известные профессора в области исследования операций с докладами о последних достижениях, проводимых конференциях и школах-семинарах.

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

Текущий контроль успеваемости:

Первые два тематических раздела материала по дисциплине оснащены набором задач из учебного пособия Е. В. Алексеевой «Построение математических моделей целочисленного линейного программирования. Примеры и задачи» из списка дополнительной литературы. Задания для проверочной работы, домашние задания, лабораторные работы первой части по первым двум разделам содержатся в соответствующем разделе пособия.

Домашние задания по остальным разделам подготовлены авторами курса на основании дополнительных источников из списка литературы. Сложность заданий варьируется от уровня группы и их базовой подготовки, и специализации.

Каждый семинар начинается с проверки домашнего задания и разбора возникших трудностей. Каждое задание в проверочной, контрольной работе оценивается по двухбалльной шкале: «верно», «неверно». Если задание выполнено неверно, то в зависимости от сложности задачи студент получает либо другую равноценную по сложности задачу, либо с учетом замечаний дорабатывает первоначальную.

Лабораторные задания первой части выполняются каждым студентом индивидуально. При выполнении лабораторных заданий второй части студенты могут объединяться в команды, при этом вклад каждого из них должен быть равноценным.

Промежуточный контроль:

Для получения положительной оценки на экзамене студенту необходимо:

1. решить все задания из контрольной и проверочной работ,
2. сдать все лабораторные задания, полученные в течение семестра,
3. регулярно выполнять домашние задания,
4. ответить на вопросы на устном экзамене.

6.1. Вопросы к экзамену:

По разделам 7 семестра

1. Алгоритмы сортировки и их характеристики.
2. Динамическое программирование для распределительной задачи.
3. Медианы и порядковые статистики, их нахождение за линейное время в среднем и худшем случаях.
4. Классическая задача о рюкзаке, теорема об алгоритмах с гарантированной абсолютной точностью.

5. Жадные алгоритмы для классической задачи о рюкзаке, свойства LP-релаксации
6. Приближенные алгоритмы с гарантированной относительной точностью. Модифицированный жадный алгоритм для задачи о рюкзаке и алгоритм с точностью $3/4$.
7. Аппроксимационные схемы, полиномиальные и полностью полиномиальные схемы для задачи о рюкзаке.
8. Задача упаковки в контейнеры. Алгоритмы NF, FF, BF, FFD и их свойства, отрицательный результат об аппроксимируемости.
9. Нижние оценки Martello и Toth.
10. Метод генерации столбцов для задачи упаковки в контейнеры.
11. Задача двумерной упаковки, кодировки решений. Алгоритм имитации отжига.
12. Задача календарного планирования. Критические работы, пути и критическое время проекта.
13. Задачи календарного планирования с переменными длительностями работ. Сведение к линейному программированию.
14. Постановка задачи календарного планирования с ограниченными ресурсами.
15. T -поздние расписания. Алгоритм вычисления T -поздних расписаний.
16. Доказательство оптимальности T^* -позднего расписания. Алгоритм Гимади.
17. Задача коммивояжера. Теорема о погрешности приближенных полиномиальных алгоритмов и алгоритмов локального спуска.
18. Задача коммивояжера с неравенством треугольника. Алгоритм с гарантированной оценкой точности 2 . Доказательство оценки и ее неулучшаемости.
19. Нижние оценки в задаче коммивояжера: примитивная оценка, оценка линейного программирования, оценка задачи о назначениях и минимальные 1-деревья.
20. Алгоритм решения задачи о назначениях.
21. Метод ветвей и границ для задачи коммивояжера.
22. Задачи о покрытии, алгоритм Чватала, оценка его погрешности и экстремальный пример.
23. Задачи размещения. Генетический алгоритм для задачи размещения производства.

24. Модель размещения в условиях конкуренции, «безнадежный» пример.
25. Матричные игры. Определение седловой точки.
26. Теорема Фон-Неймана. Дилемма заключенных.
27. Бескоалиционные игры, равновесие по Нэшу, пример игры без равновесий.

По разделам 8 семестра

28. Классификация математических моделей. Связь моделей ЦЛП и ЛП. Моделирование с помощью булевых переменных. Основные правила моделирования логических отношений. Задача размещения производства. Задача размещения производства с ограничениями на мощности предприятий. Задача о покрытии.
29. Классификация математических моделей. Связь моделей ЦЛП и ЛП. Моделирование с помощью булевых переменных. Основные правила моделирования логических отношений. Моделирование отношения порядка.
30. Классификация математических моделей. Моделирование с помощью булевых переменных. Основные правила моделирования логических отношений. Моделирование выбора минимального элемента. Моделирование взаимоисключающих событий.
31. Классификация математических моделей. Моделирование с помощью булевых переменных. Основные правила моделирования логических отношений. Моделирование взаимоисключающих событий. Задача составления расписания.
32. Недостатки математических моделей. Линеаризация. Задача о клике.
33. Недостатки математических моделей. Линеаризация. Задача размещения с распределенными закупками.
34. Недостатки математических моделей. Линеаризация. Задача о ценообразовании.
35. Недостатки математических моделей. Симметрия.
36. Линейная релаксация. Разрыв целочисленности. Связь оптимальных решений линейной релаксации и целочисленных решений. Теорема о близости решений IP и LR. Задача планирования производства.
37. Многогранники. Правильные неравенства. Представление. Выпуклая оболочка множества. Правильные неравенства для задачи планирования производства.

38. Многогранники. Правильные неравенства. Представление. Выпуклая оболочка множества. Унимодулярная матрица, эквивалентные определения. Транспортная задача.
39. Классификация математических моделей. Анализ качества математических моделей. Способы улучшения качества математических моделей (число ограничений, число переменных, избыточные ограничения).
40. Матроиды. Эквивалентные определения.
41. Матроиды. Параметры матроидов. Теорема об оболочке.
42. Матроиды. Примеры с обоснованием.
43. Матроиды. Пересечение матроидов. Алгоритм решения задачи о пересечении матроидов.
44. Рандомизированные алгоритмы. Алгоритмы Джонсона для задачи MAX-SAT. Дерандомизация.
45. Многокритериальная оптимизация. Эффективные решения. Метод уступок.
46. Многокритериальная оптимизация. Эффективные решения. Линейная свертка.
47. Эвристические алгоритмы.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Е. В. Алексеева Построение математических моделей целочисленного линейного программирования. Примеры и задачи. Учебное пособие. Новосибирский государственный университет. Новосибирск, 2012
2. Е. В. Алексеева, О. А. Кутненко, А. В. Плясунов Численные методы оптимизации. Учебное пособие. Новосибирский государственный университет. Новосибирск, 2008
3. Е. Н. Гончаров А. И. Ерзин В. В. Залюбовский. [Исследование операций. Примеры и задачи.](#) Учебное пособие. Новосибирск: Новосибирский государственный университет, 2005. 78 с.
4. А. И. Ерзин [Введение в исследование операций.](#) Учебное пособие. Новосибирск: Новосибирский государственный университет, 2006. 100 с.
5. Ю.А. Кочетов . Учебное пособие. Часть 4. 2013.
6. М. О. Асанов, В. А. Баранский, В. В. Расин Дискретная математика. Графы, матроиды, алгоритмы. Учебное пособие. 2-е изд., испр. и доп. СПб., «Лань»,

2010

http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=536

7. Э.Х. Гимади, Н.И. Глебов Математические модели и методы принятия решений: учебное пособие. Новосибирск : Новосибирский государственный университет, 2008

б) дополнительная литература:

1. Е.Г. Давыдов. Элементы исследования операций : учебное пособие. Москва : КноРус, 2010
2. А.В. Косточка. Дискретная математика. Учебное пособие. Часть 2. Новосибирск: Новосибирский государственный университет, 1996. 72 с.
3. В.А. Колемаев, Т.М. Гатауллин, Н.И. Заичкин, В.И. Малыхин и др. Математические методы и модели исследования операций : учебник для вузов. Москва : ЮНИТИ-ДАНА, 2008
4. Т. Кормен, Ч. Лейзерсон, Р. Ривест, К. Штайн. Алгоритмы. Построение и анализ. Издание 2-е. М. Издательский дом «Вильямс», 2009
5. В.Л. Береснев. Дискретные задачи размещения и полиномы от булевых переменных. Новосибирск, изд-во Института Математики, 2005
6. К.А. Джафаров, А.А. Федоров. Игровые модели экономических ситуаций. Исследование операций. Учебник. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2009
7. А.В. Пантелеев. Метаэвристические алгоритмы поиска глобального экстремума. М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2009
8. И.Х. Сигал, А.П. Иванова. Введение в прикладное дискретное программирование. Модели и вычислительные алгоритмы: Учебное пособие. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007
9. А.С. Стрекаловский, А.В. Орлов. Биматричные игры и билинейное программирование. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007
10. В.В. Токарев. Многокритериальность. Динамика. Неопределенность. Методы оптимальных решений. Учебное пособие для ВУЗов в 2 томах. Т.2. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010.
11. Ю.А. Кочетов. Вероятностные методы локального поиска для задач дискретной оптимизации. Дискретная математика и приложения. М. 2001, стр. 84–117.

12. А. Схрайвер. Теория линейного и целочисленного программирования. Т.2. М.: Мир, 1991.
13. Х., Пападимитриу, К. Стайглиц. Комбинаторная оптимизация. Алгоритмы и сложность. М. Мир, 1984.
14. М. Гэри, Д. Джонсон. Вычислительные машины и труднорешаемые задачи. М. Мир, 1982.
15. Г. Вагнер Основы исследования операций. Т.1. М.: Мир, 1972
16. Г. Вагнер Основы исследования операций. Т.2. М.: Мир, 1973
17. S. Martello, P. Toth Knapsack Problem Algorithms and Computer Implementations. University of Bologna. John Wiley & Sons 1990.
18. G.L. Nemhauser, L. A. Wolsey. Integer and Combinatorial Optimization. Wiley-Interscience; 1 edition, 1999

в) Интернет-ресурсы:

1. Библиотеки тестовых задач

1. <http://math.nsc.ru/AP/benchmarks/index.html>
2. <http://people.brunel.ac.uk/~mastjjb/jeb/info.html>

2. Задачи упаковки

1. <http://www.euro-online.org/web/ewg/25/esicup-euro-special-interest-group-on-cutting-and-packing>

3. Задача коммивояжера

1. http://www.ing.unlp.edu.ar/cetad/mos/TSPBIB_home.html
2. http://www.ing.unlp.edu.ar/cetad/mos/TSPBIB_home.html
3. <http://www.research.att.com/~dsj/chtsp/>

4. Введение в теорию расписаний

1. http://www.math.nsc.ru/LBRT/k4/seva_Spetskurs.htm

5. Алгоритм муравьиных колоний

1. <http://iridia.ulb.ac.be/~mdorigo/ACO/ACO.html>

6. Метаэвристики

1. <http://www.metaheuristics.net/>

7. Программные средства для решения оптимизационных задач:

1. коммерческие пакеты
 1. www.gams.com
 2. www.aimms.com

3. www.ibm.com/software/websphere/products/optimization
4. <http://www.informatik.uni-koeln.de/abacus/>
5. <http://www.coin-or.org/>
6. <http://www.gurobi.com/html/academic.html>

2. свободный доступ

1. <http://www.gnu.org/software/glpk/glpk.html>
2. http://groups.yahoo.com/group/lp_solve/

8. Открытые вопросы, в том числе совпадают ли классы P и NP ?

1. http://www.claymath.org/millennium/P_vs_NP/

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

- Аудиторный класс
- Компьютерный класс
- Ноутбук, мультимедиа проектор для презентаций, экран
- Программное обеспечение для лекций: Adobe Acrobat Reader, средство просмотра изображений
- Программное обеспечение в компьютерный класс: Adobe Acrobat Reader, средство просмотра изображений, демо-версия GAMS не ниже 23.7
- Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО с учетом рекомендаций и ПрООП ВПО по направлению 010200 – «Математика и компьютерные науки».

Авторы: _____ Алексеева Екатерина Вячеславовна,
к.ф.-м.н., доцент
Кочетов Юрий Андреевич,
д.ф.-м.н., профессор

Рецензент (ы) _____

Программа одобрена на заседании _____
от _____ года, протокол № _____