

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования «Северо-Осетинский государственный университет
имени Коста Левановича Хетагурова»



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Методы оптимальных решений

Направление подготовки 38.03.01 Экономика

Профиль «Экономика»

Квалификация (степень) выпускника - бакалавр

Форма обучения - заочная

Владикавказ 2016 г.

Программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом по направлению подготовки 38.03.01 Экономика, утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 12.11.2015 г., № 1327, учебным планом подготовки бакалавра по направлению подготовки 38.03.01 Экономика, профиль «Экономика», одобренным Ученым советом ФГБОУ ВО «СОГУ», от 03.03.2016 г., протокол № 8.

Составитель: **Дзанагова И.Т.**, доцент кафедры функционального анализа и дифференциальных уравнений/

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры
функционального анализа и дифференциальных
уравнений

(протокол № 6 от 17.02.2016 г.)

Одобрена советом _____ экономического _____ факультета
(протокол № 6 от «29» февраля 2016 г.)

1. Структура, и общая трудоемкость дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы (144 часов).

	Заочная форма обучения
Курс	2
Семестр	-
Лекции	8
Практические (семинарские) занятия	6
Лабораторные занятия	-
Консультации	-
Итого аудиторных занятий	14
Самостоятельная работа	130
Курсовая работа	
Формы контроля	
экзамен	-
Зачет	2 курс
Общее количество часов	144

2. Цели освоения дисциплины:

- сформировать представления об особенностях математического моделирования;
- выработать умение формулировать предмет и цели исследований, определять и формировать реальные свойства экономической среды;
- изучить некоторые виды математических моделей экономических задач;
- сформировать практические навыки решения ряда задач моделирования;
- в процессе изучения курса формирование элементов ранее перечисленных компетенций.

3. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина Б1.Б.10 «Методы оптимальных решений» относится к базовой части основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки **38.01.03 Экономика..**

Для успешного освоения дисциплины необходимы предварительные компетенции:

- способен понимать сущность и значение информации в развитии современного информационного общества, сознавать опасности и угрозы, возникающие в этом процессе, соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны
- владеет основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, имеет навыки работы с компьютером как средством управления информацией, способен работать с информацией в глобальных компьютерных сетях
- способен собрать и проанализировать исходные данные, необходимые для расчета экономических и социально-экономических показателей, характеризующих деятельность хозяйствующих субъектов
- способен на основе типовых методик и действующей нормативно-правовой базы рассчитать экономические и социально-экономические показатели, характеризующие деятельность хозяйствующих субъектов;

- способен выполнять необходимые для составления экономических разделов планов расчеты, обосновывать их и представлять результаты работы в соответствии с принятыми в организации стандартами
- способен принять участие в совершенствовании и разработке учебно-методического обеспечения экономических дисциплин

4 Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

общепрофессиональными компетенциями (ОК):

- способностью осуществлять сбор, анализ и обработку данных, необходимых для решения профессиональных задач (ОПК- 2);
- способностью выбрать инструментальные средства для обработки экономических данных в соответствии с поставленной задачей, проанализировать результаты расчетов и обосновать полученные выводы (ОПК-3);

профессиональными компетенциями (ПК):

- способен собрать и проанализировать исходные данные, необходимые для расчета экономических и социально-экономических показателей, характеризующих деятельность хозяйствующих субъектов (ПК-1);

Взаимосвязь планируемых результатов обучения по дисциплине с формируемыми компетенциями ОПОП

Компетенции		Планируемые результаты обучения, соответствующие формируемым компетенциям ОПОП		
Код	Формулировка	Знать:	Уметь	Владеть:
ОПК-2	способностью осуществлять сбор, анализ и обработку данных, необходимых для решения профессиональных задач сетей;	Знать: <ul style="list-style-type: none"> - возможности современных технических средств сбора, передачи и обработки информации - способы сбора, передачи, обработки и хранения информации; - технологию работы с основными прикладными программами; - способы доступа к основным информационным ресурсам по своей специальности; - программные средства реализации информационных процессов - специфику и виды профессионально значимой информации, источники получения такой информации; - как принимать обоснованные решения по выбору ПК, подготовке и приобретению программных продуктов; 	<ul style="list-style-type: none"> - осуществлять сбор, анализ, систематизацию, оценку и интерпретацию данных, необходимых для моделирования при решении профессиональных задач. - правильно выбирать методы и средства работы с информацией; - пользоваться информационно-поисковыми системами; - пользоваться методами использования информационных технологий в профессиональной деятельности. - вести деловую переписку по электронной почте; - разыскивать необходимую информацию в Internet; - пользоваться полученными теоретическими знаниями в работе; - создавать и вести базы данных; 	<ul style="list-style-type: none"> - методами использования информационных технологий в профессиональной деятельности. - способностью оценивать и содержательно интерпретировать данные, необходимые для решения профессиональных задач - основными понятиями и определениями предмета и его задачами; - понятиями о месте и роли информатизации в профессиональной деятельности; - методами обобщения и анализа информации; - навыками правильно выбирать методы и средства работы с информацией; - навыками распознавать и удалять вирусы из компьютера;

			<ul style="list-style-type: none"> - распознавать и удалять вирусы из компьютера; - правильно выбирать методы и средства работы с информацией; - использовать средства современных информационных и коммуникационных технологий. 	
ОПК-3	способен выбрать инструментальные средства для обработки экономических данных в соответствии с поставленной задачей, проанализировать результаты расчетов и обосновать полученные выводы;	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • методики оценки вариантов выбора оптимальных решений 	<ul style="list-style-type: none"> - Выявлять проблемы экономического характера при анализе конкретных ситуаций; - предлагать способы их решения с учетом критериев социально-экономической эффективности, оценки рисков и возможных социально-экономических последствий - выявлять проблемы экономического характера при анализе конкретных вариантов управленческих решений, предлагать способы их решения - строить и применять стандартные теоретические модели, необходимые для решения профессиональных задач; - анализировать и содержательно интерпретировать 	<ul style="list-style-type: none"> - навыками применения соответствующего математического аппарата и инструментальных средств для обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования - инструментами обоснования предложений по совершенствованию управленческих решений с учетом критериев социально-экономической эффективности, рисков и возможных социально-экономических последствий - методологией моделирования. - методами использования информационных технологий в профессиональной деятельности. - методами обобщения и анализа информации; - оптимальными методами решения задач линейного программирования

			<p>полученные результаты моделирования.</p> <ul style="list-style-type: none"> - использовать, путём адаптации, модели для решения конкретных задач: планирование ресурсов, влияние информационных технологий на результаты работы 	
ПК-1	<p>Способен собрать и проанализировать исходные данные, необходимые для расчета экономических и социально-экономических показателей, характеризующих деятельность хозяйствующих субъектов;</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> – основные экономические показатели, используемые при расчете и подготовке экономического проекта. – методы оптимизации экономических задач – понятия, показатели и их взаимосвязи, используемые для экономико-математического описания задач управления – как формировать систему показателей с учетом взаимосвязей на основе формализованных методов анализа для решения поставленных статистических и оптимизационных задач на различных уровнях управления. 	<ul style="list-style-type: none"> - применять базовый математический аппарат для обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования - анализировать разделы экономического проекта и его составляющие. - создавать и вести базы данных - правильно выбирать методы и средства работы с информацией; - использовать инструментальные средства для обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования, необходимые для решения стандартных профессиональных задач 	<ul style="list-style-type: none"> - навыками постановки экономических задач и сведения экономических к оптимизационным, имитационным и статистическим моделям. - методами ретроспективного анализа и прогнозирования поведения экономических моделей на основе исследования; - Методами оценки адаптированных информационных систем (моделей) для решения конкретных задач - Методикой использования для решения аналитических и исследовательских задач современных технических средств и информационных технологий - Современными методами обработки данных в аналитической и исследовательской работе.

При проведении учебных занятий обеспечивается развитие у обучающихся навыков командной работы, межличностной коммуникации, принятия решений, лидерских качеств (включая при необходимости проведение интерактивных лекций, групповых дискуссий, ролевых игр, тренингов, анализ ситуаций и имитационных моделей, преподавание дисциплин (модулей) в форме курсов, составленных на основе результатов научных исследований, в том числе с учетом региональных особенностей профессиональной деятельности выпускников и потребностей работодателей).

5 Содержание и учебно-методическая карта дисциплины

№	Наименование тем (вопросов), изучаемых по данной дисциплине	Занятия		Самостоятельная работа студентов		Формы контроля	Литература
		лекции	Лабор. занятия	содержание	Часы		
1	<p>РАЗДЕЛ 1. Основы теории принятия решений Тема 1. Общие положения. Классификация экономико-математических методов и моделей. Постановка задач для принятия оптимальных решений. Методология и методы принятия решений. Материальные и идеальные модели; структурные и функциональные модели; другие признаки классификации моделей. Этапы экономико-математического моделирования.</p> <p>РАЗДЕЛ 2. Линейное и целочисленное программирование в управлении: Тема 2. Примеры экономических задач линейного программирования. Постановка задачи линейного программирования (ЗЛП). Задача оптимального производственного планирования, задача о раскрое, транспортная задача. Тема 3 Различные формы модели задачи линейного программирования. Переход от одной формы модели задачи линейного программирования к другой. Общая форма модели. Стандартная форма модели. Каноническая форма модели. Переход к канонической форме модели.</p>	2	2	<p>Условия применимости, преимущества и недостатки метода моделирования задача о смесях Типичные задачи, решаемые при помощи моделирования. Переход от канонической формы модели задачи линейного программирования к стандартной.</p>	40	Краткий доклад по теме, данной на сам. изучение	<p>[1] [2] [3]</p>

	Переход от задачи минимизации целевой функции к задаче максимизации.						
--	--	--	--	--	--	--	--

2	<p>Тема 4. Геометрическая интерпретация и графический метод решения задач линейного программирования с двумя переменными.</p> <p>Выпуклые многогранные множества и множество допустимых решений: крайняя точка (вершина) множества, выпуклость множества решений задачи линейного программирования.</p> <p>Опорное (базисное) решение задачи линейного программирования.</p> <p>Геометрическая интерпретация множества решений линейного неравенства.</p> <p>Геометрическая интерпретация множества решений системы линейных неравенств.</p> <p>Градиент, линии уровня.</p> <p>Геометрическая интерпретация случаев неоднозначности оптимального решения, вырожденности допустимой области решений, неограниченности целевой функции.</p> <p>Тема 5. Двойственность в линейном программировании.</p> <p>Понятие двойственности. Взаимно двойственные задачи. Правила их построения.</p> <p>Экономическая интерпретация двойственных задач и утверждений теории двойственности</p> <p>Тема 6. Теория двойственности и анализ чувствительности</p> <p>Роль теории двойственности при анализе чувствительности.</p> <p>Геометрическая интерпретация.</p> <p>Тема 7. Проблема решения задач линейного программирования.</p> <p>Транспортная задача.</p>	2	2	<p>Вырожденность.</p> <p>Связь между опорными решениями и крайними точками допустимого множества.</p> <p>Приложения анализа чувствительности.</p> <p>Метод Фогеля.</p> <p>Метод ветвей и границ. Примеры.</p>	40	<p>Блиц-опрос на лекции.</p> <p>Краткий доклад по теме, данной на сам. изучение</p>	<p>[1]</p> <p>[2]</p> <p>[3]</p> <p>[4]</p>
---	--	---	---	---	----	---	---

	<p>Транспортная задача. Опорный план. Методы нахождения опорных планов: метод северо-западного угла, метод минимального элемента.</p> <p>Тема 8. Транспортная задача.</p> <p>Метод потенциалов для решения ТЗ</p> <p>Тема 9. Методы целочисленного программирования</p> <p>Задача о назначениях, задача коммивояжера. Метод Гомори.</p>						
3	<p>РАЗДЕЛ 3. Нелинейное программирование.</p> <p>Тема 10. Методы нелинейного программирования.</p> <p>Задачи на условный экстремум. Метод множителей Лагранжа.</p> <p>Выпуклое программирование. Метод штрафов.</p> <p>РАЗДЕЛ 3. Динамическое программирование</p> <p>Тема 11. Методы динамического программирования</p> <p>Задача о рюкзаке. Рекуррентные соотношения Беллмана. Примеры решения задач.</p> <p>РАЗДЕЛ 4. Основы теории игр.</p> <p>Тема 12. Основные понятия теории игр.</p> <p>Игра как математическая модель конфликта. Классификация игр. Примеры бескоалиционных игр..</p> <p>Тема 13. Матричные игры в экономике</p> <p>Нижняя и верхняя цена игры. «Максимин» и «минимакс» как виды выигрышей. Чистые стратегии. Смешанные стратегии.</p> <p>Тема 14. Методы решения матричных игр.</p> <p>Решение матричных игр методом линейного программирования.</p>	2	2	<p>Градиентные методы безусловной оптимизации.</p> <p>Унимодальные функции. Методы поиска. Методы дихотомии и золотого сечения.</p> <p>Примеры решения задач математического программирования методом Беллмана.</p> <p>Антагонистические игры</p> <p>Математическая теория оптимального управления</p> <p>Геометрическое решение матричных игр.</p>	40	<p>Блиц-опрос на лекции.</p> <p>Краткий доклад по теме, данной на сам. изучение</p>	<p>[1]</p> <p>[2]</p> <p>[3]</p> <p>[4]</p>

	Графоаналитический метод решения игр						
--	--------------------------------------	--	--	--	--	--	--

4.	<p>Тема 15. «Игры с природой» в экономике. Кооперативные и некооперативные игры. Оценка риска в «играх с природой». Максимальный критерий Вальда. Критерий пессимизма-оптимизма Гурвица. Кооперативные игры с многими участниками.</p> <p>РАЗДЕЛ 5. Методы сетевого планирования</p> <p>Тема 16. Методы сетевого планирования и управления Назначение и область применения. Сетевая модель и ее основные элементы. Порядок и построения сетевых графиков. Параметры сетевых моделей. Понятие о пути. Критические и подкритические пути, их расчет..</p> <p>РАЗДЕЛ 5. Элементы теории массового обслуживания</p> <p>Тема 17. Элементы теории массового обслуживания Задачи теории массового обслуживания. Классификация систем массового обслуживания. Задачи анализа замкнутых и разомкнутых систем массового обслуживания.</p>	2	2	Критерий минимаксного риска Сэвиджа. Сети Петри Сетевое планирование в условиях неопределенности	10	Блиц-опрос на лекции. Краткий доклад по теме, данной на сам. изучение	[2] [1] [3] [4]
	Итого	8	6		130		

Примечания

- Все виды учебной работы могут проводиться дистанционно на основании локальных нормативных актов.
- В целях реализации индивидуального подхода к обучению студентов, осуществляющих учебный процесс по индивидуальной траектории в рамках индивидуального рабочего плана, изучение данной дисциплины может осуществляться через индивидуальные консультации преподавателя очно, в часы консультаций, по электронной почте, а также с использованием Webex, платформы дистанционного обучения Moodle, личный кабинет студента на сайте СОГУ, других элементов ЭИОС СОГУ.

6 Образовательные технологии

Традиционные лекции и практические (семинарские) занятия в форме с использованием современных интерактивных технологий.

Лекция-диалог – содержание подается через серию вопросов, на которые студент должен отвечать непосредственно в ходе лекции.

Онлайн-семинар – разновидность веб-конференции, проведение онлайн-встреч или презентаций через Интернет в режиме реального времени. Каждый из участников находится у своего компьютера (средства связи), а связь между ними поддерживается через Интернет посредством загружаемого приложения, установленного на компьютере каждого участника (Zoom, Meet, Skype и др.)

Видеоконференция – сеанс видеоконференцсвязи (ВКС) – это технология интерактивного взаимодействия двух и более участников образовательного процесса для обмена информацией в реальном режиме времени.

Технология электронного обучения (реализуется при помощи электронной образовательной среды СОГУ при использовании ресурсов ЭБС, при проведении автоматизированного тестирования и т. д.).

Технология развития критического мышления и проблемного обучения (реализуется при решении учебных задач проблемного характера).

Технология проектной деятельности (реализуется при подготовке студентами проектных работ).

Технология интерактивного обучения (реализуется в форме учебных заданий, предполагающих взаимодействие обучающихся, использование активных форм обратной связи).

Технология электронного обучения (реализуется при помощи электронной образовательной среды СГУ при использовании ресурсов ЭБС, при проведении автоматизированного тестирования и т. д.).

7 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

Самостоятельная работа включает:

- изучение теоретического материала, не рассмотренного на лекциях;
- подготовку к практическим занятиям;
- подготовку к рубежным контрольным работам и к итоговым тестам;
- подготовку сообщений, докладов и творческих рефератов по заданным темам;
- подготовку к зачету.

Выдача задания на самостоятельную работу осуществляется после проведения «входного» контроля студентов приступающих к изучению данной дисциплины на третьей неделе обучения.

При выдаче заданий на самостоятельную работу используется дифференцированный подход к студентам. Перед выполнением студентами самостоятельной внеаудиторной работы преподаватель проводит инструктаж по выполнению задания, который включает: цель задания, его содержание, сроки выполнения, ориентировочный объем работы, основные требования к результатам работы, критерии оценки. В процессе инструктажа преподаватель предупреждает студентов о возможных типичных ошибках, встречающихся при выполнении задания. Инструктаж проводится преподавателем за счет объема времени, отведенного на изучение дисциплины.

Самостоятельная работа осуществляется индивидуально.

Контроль самостоятельной работы организуется в двух формах:

- самоконтроль и самооценка студента (тесты самопроверки);
- контроль со стороны преподавателей (текущий и промежуточный)

Текущий контроль осуществляется на практических занятиях, промежуточный контроль осуществляется на зачете в устной форме.

Критериями оценки результатов самостоятельной работы студента являются:

- уровень освоения студентом учебного материала;
- умения студента использовать теоретические знания при выполнении практических задач;
- сформированность умений;
- обоснованность и четкость изложения ответа;
- оформление материала в соответствии с требованиями.

Список тем для творческих рефератов:

1. Сфера и границы применения экономико-математического моделирования.
2. Межотраслевой баланс и структура цен в экономике.
3. Связь стоимостных и материальных пропорций в экономике.
4. Прикладное значение теории двойственности.
5. Применение экономико-математического моделирования в планировании и прогнозировании.
6. Применение условий Куна-Таккера в теоретическом анализе процессов формирования цен.
7. Использование нелинейного программирования в планировании.
8. Прикладное значение имитационного моделирования.
9. Модели и методы теории массового обслуживания.
10. Применение моделей поиска оптимального пути на сетях при решении задач менеджмента.
11. Анализ циклических процессов в экономике и его применение в долгосрочном планировании.
12. Математическое моделирование поведения потребителя на рынке.
13. Математические модели конкурентной борьбы и их применение.
14. Производственные функции и их применение.

Варианты заданий для самостоятельного решения

Задача №1.

Фирма выпускает три вида изделий. В процессе производства используются три технологические операции. На рис.1. показана технологическая схема производства изделий

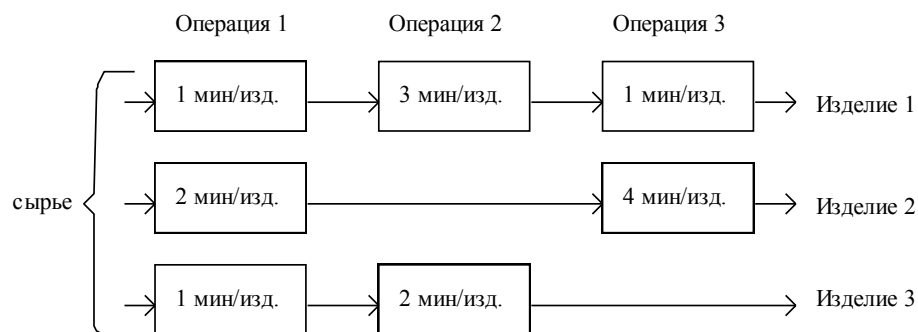


Рис.1. Технологическая схема производства

Фонд рабочего времени ограничен следующими предельными значениями: для первой операции – 430 мин; для второй операции – 460 мин; для третьей операции – 420 мин. Изучение рынка сбыта показало, что ожидаемая прибыль от продажи одного изделия видов 1, 2 и 3 составляет 3, 2 и 5 рублей соответственно.

Постройте математическую модель, позволяющую найти наиболее выгодный суточный объем производства каждого вида продукции?

Задача № 2

При изготовлении изделий I_1 и I_2 используются сталь и цветные металлы, а также токарные и фрезерные станки. По технологическим нормам на производство единицы изделия I_1 требуется 300 и 200 станко-часов соответственно токарного и фрезерного оборудования, а также 10 и 20 кг соответственно стали и цветных металлов. Для производства единицы изделия I_2 требуется 400, 100, 70 и 50 соответствующих единиц тех же ресурсов.

Цех располагает 12400 и 6800 станко-часами соответственно токарного и фрезерного оборудования и 640 и 840 кг соответственно стали и цветных металлов. Прибыль от реализации единицы изделия I_1 составляет 6 руб. и от единицы изделия I_2 – 16 руб.

Постройте математическую модель задачи, используя в качестве показателя эффективности прибыль и учитывая, что время работы фрезерных станков должно быть использовано полностью.

Задача № 3

Для сохранения нормальной жизнедеятельности человек должен в сутки потреблять белков не менее 120 условных единиц (усл. ед.), жиров – не менее 70 и витаминов – не менее 10 усл. ед. Содержание их в каждой единице продуктов P_1 и P_2 равно соответственно (0,2; 0,075; 0) и (0,1; 0,1; 0,1) усл. ед. Стоимость 1 ед. продукта P_1 – 2 руб., P_2 – 3 руб.

Постройте математическую модель задачи, позволяющую так организовать питание, чтобы его стоимость была минимальной, а организм получил необходимое количество питательных веществ.

Задача № 4

В районе лесного массива имеются лесопильный завод и фанерная фабрика. Чтобы получить $2,5 \text{ м}^3$ коммерчески реализуемых комплектов пиломатериалов, необходимо израсходовать $2,5 \text{ м}^3$ еловых и $7,5 \text{ м}^3$ пихтовых лесоматериалов. Для приготовления листов фанеры по 100 м^2 требуется 5 м^3 еловых и 10 м^3 пихтовых лесоматериалов. Лесной массив содержит 80 м^3 еловых и 180 м^3 пихтовых лесоматериалов.

Согласно условиям поставок, в течение планируемого периода необходимо произвести по крайней мере 10 м^3 пиломатериалов и 1200 м^2 фанеры. Доход с 1 м^3 пиломатериалов составляет 160 руб., а со 100 м^2 фанеры – 600 руб.

Постройте математическую модель для нахождения плана производства, максимизирующего доход.

Примечание. При построении модели следует учесть тот факт, что пиломатериалы могут быть реализованы только в виде неделимого комплекта размером $2,5 \text{ м}^3$, а фанера – в виде неделимых листов по 100 м^2 .

Задача № 5

С вокзала можно отправлять ежедневно курьерские и скорые поезда. Вместимость вагонов и наличный парк вагонов на станции указаны в табл.1.

Таблица 1

Исходные данные задачи5

Характеристики парка вагонов	Тип вагона				
	Багажный	Почтовый	Плацкартный	Купейный	Мягкий
Число вагонов в поезде, шт.:					
курьерском	1	–	5	6	3
скором	1	1	8	4	1
Вместимость вагонов, чел.	–	–	58	40	32
Наличный парк вагонов, шт.	12	8	81	70	27

Постройте математическую модель задачи, на основании которой можно найти такое соотношение между числом курьерских и скорых поездов, чтобы число ежедневно отправляемых пассажиров достигло максимума.

Подробнее содержание самостоятельной работы студента отражено в табл. 5 и пункте 8.

8. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Типовые задания оценочных средств

Занятия по дисциплине «Методы оптимальных решений» представлены следующими видами работы: лекции, практические занятия, самостоятельная работа студентов.

8.1. Методические указания по подготовке к лекционным занятиям

Фонд текущего контроля на лекционных занятиях включает блиц опрос и письменную работу.

Лекционные занятия призваны познакомить студентов с основными понятиями дисциплины и сориентировать в специальной литературе по курсу.

Целью лекционных занятий для студентов, приступающих к изучению курса, является знакомство с ключевыми теоретическими вопросами.

Основные задачи:

- 1) выработка умения самостоятельно и осмысленно подходить к изучаемому материалу;
- 2) формирование общекультурных компетенций курса.

Тематический план лекционного курса.

Тема 1. Общие положения. Классификация экономико-математических методов и моделей.

Постановка задач для принятия оптимальных решений.

Методология и методы принятия решений. Материальные и идеальные модели; структурные и функциональные модели; другие признаки классификации моделей. Этапы экономико-математического моделирования.

Тема 2. Примеры экономических задач линейного программирования.

Постановка задачи линейного программирования (ЗЛП). Задача оптимального производственного планирования, задача о раскрое, транспортная задача.

Тема 3 Различные формы модели задачи линейного программирования. Переход от одной формы модели задачи линейного программирования к другой.

Общая форма модели. Стандартная форма модели. Каноническая форма модели. Переход к канонической форме модели. Переход от задачи минимизации целевой функции к задаче максимизации.

Тема 4. Геометрическая интерпретация и графический метод решения задач линейного программирования с двумя переменными.

Выпуклые многогранные множества и множество допустимых решений: крайняя точка (вершина) множества, выпуклость множества решений задачи линейного программирования.

Опорное (базисное) решение задачи линейного программирования. Геометрическая интерпретация множества решений линейного неравенства. Геометрическая интерпретация множества решений системы линейных неравенств. Градиент, линии уровня.

Геометрическая интерпретация случаев неоднозначности оптимального решения, вырожденности допустимой области решений, неограниченности целевой функции.

Тема 5. Двойственность в линейном программировании.

Понятие двойственности. Взаимно двойственные задачи. Правила их построения.

Экономическая интерпретация двойственных задач и утверждений теории двойственности

Геометрическая интерпретация.

Тема 6. Теория двойственности и анализ чувствительности

Роль теории двойственности при анализе чувствительности.

Тема 7. Проблема решения задач линейного программирования. Транспортная задача.

Транспортная задача. Опорный план.

Методы нахождения опорных планов: метод северо-западного угла, метод минимального элемента.

Тема 8. Транспортная задача.

Метод потенциалов для решения ТЗ

Тема 9. Методы целочисленного программирования

Задача о назначениях, задача коммивояжера. Метод Гомори.

Тема 10. Методы нелинейного программирования.

Задачи на условный экстремум. Метод множителей Лагранжа.

Выпуклое программирование. Метод штрафов.

Тема 11. Методы динамического программирования

Задача о рюкзаке. Рекуррентные соотношения Беллмана. Примеры решения задач.

Тема 12. Основные понятия теории игр.

Игра как математическая модель конфликта. Классификация игр. Примеры бескоалиционных игр.

Тема 13. Матричные игры в экономике

Нижняя и верхняя цена игры. «Максимин» и «минимакс» как виды выигрышей. Чистые стратегии. Смешанные стратегии.

Тема 14. Методы решения матричных игр.

Решение матричных игр методом линейного программирования.
Графоаналитический метод решения игр.

Тема 15. «Игры с природой» в экономике. Кооперативные и некооперативные игры.

Оценка риска в «играх с природой». Максиминный критерий Вальда. Критерий пессимизма-оптимизма Гурвица.

Кооперативные игры с многими участниками.

Тема 16. Методы сетевого планирования и управления

Назначение и область применения. Сетевая модель и ее основные элементы. Порядок и построения сетевых графиков.

Параметры сетевых моделей. Понятие о пути. Критические и подкритические пути, их расчет.

Тема 17. Элементы теории массового обслуживания

Задачи теории массового обслуживания. Классификация систем массового обслуживания.

Задачи анализа замкнутых и разомкнутых систем массового обслуживания.

Методика решения задач.

1. Построение моделей одноиндексных задач ЛП

Задача № 1.01

Фабрика производит два вида красок: первый – для наружных, а второй – для внутренних работ. Для производства красок используются два ингредиента: А и В. Максимально возможные суточные запасы этих ингредиентов составляют 6 и 8 т соответственно. Известны расходы А и В на 1 т соответствующих красок (табл. 1.1). Изучение рынка сбыта показало, что суточный спрос на краску 2-го вида никогда не превышает спроса на краску 1-го вида более, чем на 1 т. Кроме того, установлено, что спрос на краску 2-го вида никогда не превышает 2 т в сутки. Оптовые цены одной тонны красок равны: 3 тыс. руб. для краски 1-го вида; 2 тыс. руб. для краски 2-го вида.

Необходимо построить математическую модель, позволяющую установить, какое количество краски каждого вида надо производить, чтобы доход от реализации продукции был максимальным.

Таблица 1.1

Параметры задачи о производстве красок

Ингредиенты	Расход ингредиентов, т ингр./т краски		Запас, т ингр./сутки
	Краска 1-го вида	Краска 2-го вида	
А	1	2	6
В	2	1	8

Решение

Прежде чем построить математическую модель задачи, т.е. записать ее с помощью математических символов, необходимо четко разобраться с экономической ситуацией, описанной в условии. Для этого необходимо с точки зрения *экономики*, а не математики, ответить на следующие вопросы:

- 1) Что является *исковыми величинами* задачи?
- 2) Какова *цель* решения? Какой *параметр* задачи служит критерием эффективности (оптимальности) решения, например, прибыль, себестоимость, время и т.д. В каком *направлении* должно изменяться значение этого параметра (к max или к min) для достижения наилучших результатов?
- 3) Какие *условия* в отношении искомых величин и ресурсов задачи должны быть выполнены? Эти условия устанавливают, как должны соотноситься друг с другом различные параметры задачи, например, количество ресурса, затраченного при производстве, и его запас на складе; количество выпускаемой продукции и емкость склада, где она будет храниться; количество выпускаемой продукции и рыночный спрос на эту продукцию и т.д.

Только после экономического ответа на все эти вопросы можно приступать к записи этих ответов в *математическом* виде, т.е. к записи математической модели.

1) Искомые величины являются *переменными* задачи, которые как правило обозначаются малыми латинскими буквами с индексами, например, однотипные переменные удобно представлять в виде $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$.

2) Цель решения записывается в виде *целевой функции*, обозначаемой, например, $L(X)$. Математическая формула ЦФ $L(X)$ отражает способ расчета значений параметра – критерия эффективности задачи.

3) Условия, налагаемые на переменные и ресурсы задачи, записываются в виде системы равенств или неравенств, т.е. *ограничений*. Левые и правые части ограничений отражают способ получения (расчет или численные значения из условия задачи) значений тех параметров задачи, на которые были наложены соответствующие условия.

В процессе записи математической модели необходимо указывать единицы измерения переменных задачи, целевой функции и всех ограничений.

Построим модель задачи №1.01, используя описанную методику.

Переменные задачи

В задаче №1.01 требуется установить, сколько краски каждого вида надо производить. Поэтому искомыми величинами, а значит, и переменными задачи являются *суточные объемы производства* каждого вида красок:

x_1 – суточный объем производства краски 1-го вида, [т краски/сутки];

x_2 – суточный объем производства краски 2-го вида, [т краски/сутки].

Целевая функция

В условии задачи №1.01 сформулирована цель – добиться максимального дохода от реализации продукции. Т.е. критерием эффективности служит параметр *суточного дохода*, который должен стремиться к *максимуму*. Чтобы рассчитать величину суточного дохода от продажи красок обоих видов, необходимо знать объемы производства красок, т.е. x_1 и x_2 т краски в сутки, а также оптовые цены на краски 1-го и 2-го видов – согласно условию, соответственно 3 и 2 тыс.руб. за 1 т краски. Таким образом, доход от продажи суточного объема производства краски 1-го вида равен $3x_1$ тыс.руб. в сутки, а от продажи краски 2-го вида – $2x_2$ тыс.руб. в сутки. Поэтому запишем ЦФ в виде суммы дохода от продажи красок 1-го и 2-го видов (при допущении независимости объемов сбыта каждой из красок)

$$L(X) = 3x_1 + 2x_2 \rightarrow \max [\text{тыс.руб./сутки}],$$

$$\left[\frac{\text{тыс.руб.}}{\text{т краски}} \cdot \frac{\text{т краски}}{\text{сутки}} = \frac{\text{тыс.руб.}}{\text{сутки}} \right].$$

Ограничения

Возможные объемы производства красок x_1 и x_2 ограничиваются следующими условиями:

- количество ингредиентов А и В, израсходованное в течение суток на производство красок обоих видов, не может превышать суточного запаса этих ингредиентов на складе;
- согласно результатам изучения рыночного спроса суточный объем производства краски 2-го вида может превышать объем производства краски 1-го вида, но не более, чем на 1 т краски;
- объем производства краски 2-го вида не должен превышать 2 т в сутки, что также следует из результатов изучения рынков сбыта;
- объемы производства красок не могут быть отрицательными.

Таким образом, все ограничения задачи №1.01 делятся на 3 группы, обусловленные:

- 1) расходом ингредиентов;
- 2) рыночным спросом на краску;
- 3) неотрицательностью объемов производства.

Ограничения **по расходу** любого из ингредиентов имеют следующую **содержательную** форму записи

$$\left(\begin{array}{l} \text{Расход конкретного ингредиента а} \\ \text{на производство обоих видов краски} \end{array} \right) \leq \left(\begin{array}{l} \text{Максимально возможный} \\ \text{запас данного ингредиента а} \end{array} \right).$$

Запишем эти ограничения в **математической** форме.

Левая часть ограничения – это формула расчета суточного расхода конкретного ингредиента на производство красок. Так из условия известен расход ингредиента А на производство 1 т краски 1-го вида (1 т ингр. А) и 1 т краски 2-го вида (2 т ингр. А) (см. табл.1.1). Тогда на производство x_1 т краски 1-го вида и x_2 т краски 2-го вида потребуется $1x_1 + 2x_2$ т ингр. А.

Правая часть ограничения – это величина суточного запаса ингредиента на складе, например, 6 т ингредиента А в сутки (см. табл.1.1). Таким образом, ограничение по расходу А имеет вид

$$1x_1 + 2x_2 \leq 6 \quad \left[\frac{\text{т ингр.А}}{\text{т краски}} \cdot \frac{\text{т краски}}{\text{сутки}} \right] \leq \left[\frac{\text{т ингр.А}}{\text{сутки}} \right].$$

Аналогична математическая запись ограничения по расходу В

$$2x_1 + 1x_2 \leq 8 \quad \left[\frac{\text{т ингр.В}}{\text{т краски}} \cdot \frac{\text{т краски}}{\text{сутки}} \right] \leq \left[\frac{\text{т ингр.В}}{\text{сутки}} \right].$$

Примечание 1.1. Следует всегда проверять размерность левой и правой части каждого из ограничений, поскольку их несовпадение свидетельствует о принципиальной ошибке при составлении ограничений.

Ограничение по суточному **объему производства** краски 1-го вида по сравнению с объемом производства краски 2-го вида имеет

содержательную форму

$$\left(\begin{array}{l} \text{Превышение объема производства краски 2-го вида} \\ \text{над объемом производства краски 1-го вида} \end{array} \right) \leq \left(1 \frac{\text{т краски}}{\text{сутки}} \right)$$

и **математическую** форму

$$x_2 - x_1 \leq 1 \left\lfloor \frac{\text{т краски}}{\text{сутки}} \right\rfloor \leq \left\lfloor \frac{\text{т краски}}{\text{сутки}} \right\rfloor.$$

Ограничение по суточному **объему производства** краски 1-го вида имеет **содержательную** форму

$$(\text{Спрос на краску 1-го вида}) \leq \left(2 \frac{\text{т краски}}{\text{сутки}} \right)$$

и **математическую** форму

$$x_1 \leq 2 \left\lfloor \frac{\text{т краски}}{\text{сутки}} \right\rfloor \leq \left\lfloor \frac{\text{т краски}}{\text{сутки}} \right\rfloor.$$

Неотрицательность объемов производства задается как

$$\begin{aligned} x_1 &\geq 0, \\ x_2 &\geq 0 \end{aligned}$$

Таким образом, **математическая модель** этой задачи имеет вид

$$\begin{aligned} L(X) &= 3x_1 + 2x_2 \rightarrow \max \text{ [руб./сутки]} \\ \begin{cases} x_1 + 2x_2 \leq 6 \text{ [т ингр. А/сутки]}, \\ 2x_1 + x_2 \leq 8 \text{ [т ингр. В/сутки]}, \\ -x_1 + x_2 \leq 1 \text{ [т краски/сутки]}, \\ x_2 \leq 2 \text{ [т краски/сутки]}, \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0 \text{ [т краски/сутки]}. \end{cases} \end{aligned}$$

2. Графический метод решения одноиндексных задач

Методика решения задач ЛП графическим методом

I. В ограничениях задачи (1.1) замените знаки неравенств на знаки точных равенств и постройте соответствующие прямые.

II. Найдите и заштрихуйте полуплоскости, разрешенные каждым из ограничений-неравенств задачи (1.1). Для этого подставьте в конкретное неравенство координаты какой-либо точки [например, (0;0)], и проверьте истинность полученного неравенства.

Если неравенство истинное, **то** надо заштриховать полуплоскость, содержащую данную точку, **иначе** (неравенство ложное) надо заштриховать полуплоскость, не содержащую данную точку.

Поскольку x_1 и x_2 должны быть неотрицательными, то их допустимые значения всегда будут находиться выше оси x_1 и правее оси x_2 , т.е. в I-м квадранте.

Ограничения-равенства разрешают только те точки, которые лежат на соответствующей прямой, поэтому выделите на графике такие прямые.

III. Определите ОДР как часть плоскости, принадлежащую одновременно всем разрешенным областям, и выделите ее. При отсутствии ОДР задача **не имеет решений**, о чем сделайте соответствующий вывод.

IV. Если ОДР – не пустое множество, то постройте целевую прямую, т.е. любую из линий уровня $c_1x_1 + c_2x_2 = L$, где L – произвольное число, например, кратное c_1 и c_2 , т.е. удобное для проведения расчетов. Способ построения аналогичен построению прямых ограничений.

V. Постройте вектор $\vec{C} = (c_1, c_2)$, который начинается в точке (0;0), заканчивается в точке (c_1, c_2) . Если целевая прямая и вектор \vec{C} построены верно, то они будут **перпендикулярны**.

VI. При поиске \max ЦФ передвигайте целевую прямую **в направлении** вектора \vec{C} , при поиске \min ЦФ – **против направления** вектора \vec{C} . **Последняя** по ходу движения вершина ОДР будет точкой \max или \min ЦФ. Если такой точки (точек) не существует, то

сделайте вывод о **неограниченности ЦФ на множестве планов** сверху (при поиске max) или снизу (при поиске min).

VII. Определите координаты точки max (min) ЦФ $X^* = (x_1^*; x_2^*)$ и вычислите значение ЦФ $L(X^*)$. Для вычисления координат оптимальной точки X^* решите систему уравнений прямых, на пересечении которых находится X^* .

Задача №2.01

Найдем оптимальное решение задачи №1.01 о красках, математическая модель которой имеет вид

$$L(X) = 3x_1 + 2x_2 \rightarrow \max$$

$$\begin{cases} x_1 + 2x_2 \leq 6, & (1) \\ 2x_1 + x_2 \leq 8, & (2) \\ -x_1 + x_2 \leq 1, & (3) \\ x_2 \leq 2, & (4) \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0. \end{cases}$$

Построим прямые ограничений, для чего вычислим координаты точек пересечения этих прямых с осями координат (рис.2.2).

$$\begin{cases} x_1 + 2x_2 = 6, & (1) \\ 2x_1 + x_2 = 8, & (2) \\ -x_1 + x_2 = 1, & (3) \\ x_2 = 2. & (4) \end{cases}$$

$$(1) - \begin{cases} x_1 = 0, \\ x_2 = 3, \end{cases} \quad (2) - \begin{cases} x_1 = 0, \\ x_2 = 8, \end{cases} \quad (3) - \begin{cases} x_1 = -1, \\ x_2 = 1, \end{cases} \quad (4) - \begin{cases} x_1 = -1, \\ x_2 = 0. \end{cases}$$

Прямая (4) проходит через точку $x_2 = 2$ параллельно оси x_1 .

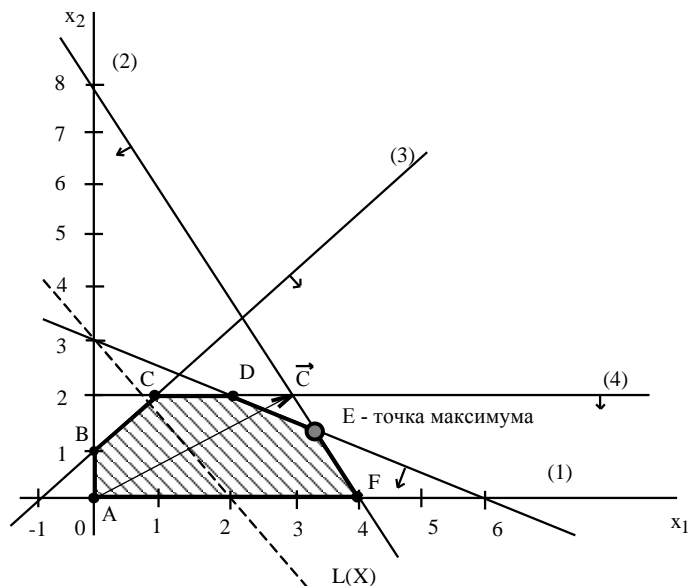


Рис.2.2. Графическое решение задачи №2.01

Определим ОДР. Например, подставим точку $(0;0)$ в исходное ограничение (3), получим $0 \leq 1$, что является истинным неравенством, поэтому стрелкой (или штрихованием) обозначим полуплоскость, **содержащую** точку $(0;0)$, т.е. расположенную правее и ниже прямой (3). Аналогично определим допустимые полуплоскости для остальных ограничений и укажем их стрелками у соответствующих прямых ограничений (см. рис.2.2). Общей областью, разрешенной всеми ограничениями, т.е. ОДР является многоугольник ABCDEF.

Целевую прямую можно построить по уравнению

$$3x_1 + 2x_2 = 6,$$

$$\begin{cases} x_1 = 0, \\ x_2 = 3, \end{cases} \begin{cases} x_1 = 2, \\ x_2 = 0. \end{cases}$$

Строим вектор \vec{C} из точки (0;0) в точку (3;2). Точка Е – это последняя вершина многоугольника допустимых решений ABCDEF, через которую проходит целевая прямая, двигаясь **по направлению** вектора \vec{C} . Поэтому Е – это точка максимума ЦФ. Определим координаты точки Е из системы уравнений прямых ограничений (1) и (2)

$$\begin{cases} x_1 + 2x_2 = 6, & (1) \\ 2x_1 + x_2 = 8, & (2) \end{cases} \quad x_1 = \frac{10}{3} = 3\frac{1}{3}, \quad x_2 = \frac{4}{3} = 1\frac{1}{3},$$

$$E\left(3\frac{1}{3}; 1\frac{1}{3}\right) \text{ [т/сутки]}.$$

Максимальное значение ЦФ равно $L(E) = 3 \cdot \frac{10}{3} + 2 \cdot \frac{4}{3} = 12\frac{2}{3}$ [тыс. руб./сутки]. Таким образом, наилучшим режимом работы фирмы является ежесуточное производство краски 1-го вида в объеме $3\frac{1}{3}$ т и краски 2-го вида в объеме $1\frac{1}{3}$ т. Доход от продажи красок составит $12\frac{2}{3}$ тыс. руб. в сутки.

Критерии формирования оценок

Курс читается в течение семестра по два часа в неделю и проводятся практические занятия в объеме два часа в неделю.

Практические занятия предназначены для освоения и закрепления теоретического материала, изложенного на лекциях. Практические занятия направлены на приобретение навыка решения конкретных задач, расчетов на основе имеющихся теоретических и фактических знаний.

Критерии оценки:

0-1 б. за активную работу на практическом занятии; максимальное количество баллов за данный вид работы – 5 б.

8.2. Методические рекомендации по выполнению контрольных работ по дисциплине «Методы оптимальных решений»

Основные темы курса подразумевают выполнение контрольных работ и тестов.

Необходимым условием допуска студента к зачету является выполнение всех контрольных работ, каждая из которых оценивается отдельно.

Примерные задания для контрольных работ

1. Предприятие производит мебель трёх видов и продаёт её в четырёх регионах.

Матрица $B = \begin{pmatrix} 2 & 5 & 1 & 2 \\ 1 & 8 & 3 & 4 \\ 2 & 4 & 1 & 3 \end{pmatrix}$ задаёт цену реализации единицы мебели i-го типа в j-м

регионе. Определить выручку предприятия в каждом регионе, если реализация

мебели за месяц задана матрицей $A = \begin{pmatrix} 200 \\ 80 \\ 100 \end{pmatrix}$.

2. Для сохранения нормальной жизнедеятельности человек должен в сутки потреблять белков не менее 120 условных единиц (усл. ед.), жиров – не менее 70 и витаминов – не менее 10 усл. ед. Содержание их в каждой единице продуктов Π_1 и Π_2 равно соответственно (0,2; 0,075; 0) и (0,1; 0,1; 0,1) усл. ед. Стоимость 1 ед. продукта Π_1 – 2 руб., Π_2 – 3 руб.

Постройте математическую модель задачи, позволяющую так организовать питание, чтобы его стоимость была минимальной, а организм получил необходимое количество питательных веществ.

3. Решить задачу линейного программирования графическим способом.

$$L(X) = x_1 + 2x_2 \rightarrow \max$$

$$\begin{cases} -x_1 + 3x_2 \geq 10, \\ x_1 + x_2 \leq 6, \\ x_1 + 4x_2 \geq 3, \\ -x_1 + 4x_2 \leq 2, \\ x_1, x_2 \geq 0. \end{cases}$$

4. По указанным ниже данным о ресурсах, потребностях и матрицы коэффициентов затрат найти опорный план методом северо-западного угла, методом минимального элемента или методом Фогеля и решить транспортную задачу методом потенциалов:

5.

Потребители Поставщики	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	запасы
A ₁	6	3	7	10	6	4
A ₂	3	7	6	9	3	6
A ₃	3	4	2	3	1	10
A ₄	3	1	5	4	4	10
потребление	7	7	7	7	2	

6. Найти оптимальное решение игры:

7	2	5	5
2	2	3	4
5	3	4	4
3	2	1	6

7. Определите алгебраическим методом оптимальное решение следующей игры 2x2:

	B ₁	B ₂
A ₁	5	2
A ₂	-1	3

8. Решить следующую матричную игру:

8	1	7
3	0	7

Результат зачёта	Требования к знаниям (дописать оценку в соответствии с компетенциями)
<i>зачтено</i>	студент твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.
<i>не зачтено</i>	студент не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы.

9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) основная литература:

1. Балдин, К.В. «Математическое программирование» / К.В. Балдин, Н. Брызгалов, А.В. Рукосуев; под общ. ред. К.В. Балдина. – 2-е изд. – Москва: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2016. – 218 с.
<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=453243>
2. Балдин, К.В. «Математические методы и модели в экономике» / К.В. Балдин, В.Н. Башлыков, А.В. Рокосуев; ред. К.В. Балдин. – 2-е изд., стер. – Москва: Издательство «Флинта», 2017. – 328 с
<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=103331>
3. Соловьев В. И. Методы оптимальных решений: Учебное пособие. М.: Финансовый университет, 2012. 364 с.
<http://visoloviev.ru/booksmath/MOS.pdf>
4. Аксентьев, В.А. Методы оптимальных решений: сборник задач / В.А. Аксентьев. – Изд. 3-е, стер. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2017. – 445 с.
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=480958>

б) дополнительная литература

1. Денисова, С.Т. Методы оптимальных решений: практикум / С.Т. Денисова, Р.М. Безбородникова, Т.А. Зеленина ; Кафедра математических методов и моделей в экономике. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2015. – 197 с.
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=364820>
2. Аксентьев, В.А. Методы оптимальных решений : практикум : [16+] / В.А. Аксентьев ; Тюменский государственный университет. – Тюмень : Тюменский государственный университет, 2012. – 444 с
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=571442>
3. Семенихина, О.Н. «Методы оптимизации. Линейные и нелинейные методы и модели в экономике» / О.Н. Семенихина, И.Н. Мастяева. – Москва: Евразийский открытый институт, 2011. – 422 с.
<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=90388>

в) Интернет-ресурсы

Обеспечен доступ к современным профессиональным базам данных, информационным справочным и поисковым системам Научной библиотеки СОГУ:

- Электронная библиотека диссертаций и авторефератов РГБ (ЭБД РГБ)
Требуется регистрация в библиотеке СОГУ

- **ЭБС «Университетская библиотека ONLINE»**
Требуется регистрация в библиотеке СОГУ
- **ЭБС «Научная электронная библиотека eLibrary.ru»**
Самостоятельная регистрация на сайте
- **ЭБС «Консультант студента» Студенческая электронная библиотека по медицинскому и фармацевтическому образованию, а также по естественным и точным наукам в целом**
Требуется регистрация в библиотеке СОГУ
- **ЭБС «Юрайт» — образовательная среда, включающая виртуальный читальный зал учебников и учебных пособий от авторов из ведущих вузов России по всем направлениям и специальностям**
Требуется регистрация в библиотеке СОГУ

Рекомендуемые интернет-адреса:

1. <https://economics.hse.ru/mooc>
Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»
Факультет экономических наук.
2. <https://www.econ.msu.ru>
Сайт экономического факультета МГУ.

10. Материально-техническое оснащение дисциплины:

- Стандарт высшего профессионального образования по дисциплине «Методы оптимальных решений».
- Примерная программа высшего профессионального образования на базовом уровне по дисциплине «Методы оптимальных решений»
- Авторские программы по курсу «Методы оптимальных решений».
- Учебники для ВУЗов.
- Справочные пособия (энциклопедии, словари и т.п.), необходимые для подготовки докладов, сообщений, рефератов и творческих работ.
- Мультимедийный компьютер с пакетом прикладных программ (текстовых, табличных, графических и презентационных).
- Средства телекоммуникации. Включают: электронная почта, локальная сеть, выход в Интернет,
- В распоряжении кафедры имеются: компьютерный класс, доступ к сети Интернет (во время самостоятельной работы), оргтехника, электронная база данных библиотеки СОГУ, лекционные аудитории; кабинет, оснащенный интерактивной доской, проектором.

Лицензионное программное обеспечение СОГУ

№ п/п	Наименование	№ договора (лицензия)
1.	Windows 8.1 Professional	№ 4100072800 Maicrasoft Products (MPSA) от 04.2016г
2.	Windows 8 Enterprise	№ 4100072800 Maicrasoft Products (MPSA) от 04.2016г
3.	Windows 8 Professional	№ 4100072800 Maicrasoft Products (MPSA) от 04.2016г
4.	Windows 7 Enterprise	№ 4100072800 Maicrasoft Products (MPSA) от 04.2016г
5.	Windows 7 Professional	№ 4100072800 Maicrasoft Products (MPSA) от 04.2016г
6.	Office Standard 2016	№ 4100072800 Maicrasoft Products (MPSA) от 04.2016г
7.	Office Standard 2013	№ 4100072800 Maicrasoft Products (MPSA) от 04.2016г
8.	Office Standard 2010	№ 4100072800 Maicrasoft Products (MPSA) от 04.2016г
9.	Программа для ЭВМ «Банк вопросов для контроля знаний»	Разработка СОГУ Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2015611829 от 06.02.2015(бессрочно)

11. Лист обновления/актуализации

2. Программа актуализирована.

Внесенные изменения рассмотрены и утверждены на заседании кафедры функционального анализа и дифференциальных уравнений от 19.03.2017 г., протокол № 4 одобрены на заседании совета факультета экономики и управления от «30» марта 2017 г., протокол № 7.

