

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА
И ГОСУДАРСТВЕННОЙ СЛУЖБЫ
ПРИ ПРЕЗИДЕНТЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ»**

Институт государственной службы и управления
Кафедра теории и практики государственного контроля

УТВЕРЖДЕНА
решением кафедры теории
и практики государственного контроля
Протокол от «6» сентября 2016 г. № 1

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДВ.4.1 Исследование операций

(индекс, наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)

38.03.01 Экономика

(код, наименование направления подготовки)

Финансовый контроль и государственный аудит

(направленность (профиль))

бакалавр

(квалификация)

очная

(форма обучения)

Год набора - 2017

Москва, 2016 г.

Автор–составитель:

кандидат технических наук, доцент Серов В.А.

Заведующий кафедрой теории и практики государственного контроля, доктор
экономических наук Горегляд В.П.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	4
2. Объем и место дисциплины в структуре образовательной программы.....	4
3. Содержание и структура дисциплины	5
4. Материалы текущего контроля успеваемости обучающихся и фонд оценочных средств промежуточной аттестации по дисциплине.....	6
5. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	23
6. Учебная литература и ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.....	25
6.1. Основная литература.....	25
6.2. Дополнительная литература.....	25
6.3. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы.....	26
6.4. Нормативные правовые документы.....	26
6.5. Интернет-ресурсы.....	26
6.6. Иные источники.....	27
7. Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы	28

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения программы

1.1. Дисциплина Б1.В.ДВ.4.1 Исследование операций обеспечивает овладение следующими компетенциями с учетом этапа:

Код компетенции	Наименование компетенции	Код этапа освоения компетенции	Наименование этапа освоения компетенции
ПК-8	способностью использовать для решения аналитических и исследовательских задач современные технические средства и информационные технологии	ПК – 8.2	способен использовать для решения аналитических и исследовательских задач современные технические средства и информационные технологии

1.2. В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы:

ОТФ/ТФ	Код этапа освоения компетенции	Результаты обучения
Проведение внутренней аудиторской проверки и (или) выполнение консультационного проекта в составе группы. Выполнение аудиторского задания и оказание прочих услуг, связанных с аудиторской деятельностью	ПК-8.2	на уровне знаний: основы экономических знаний для применения исследования операций; типы задач, решаемых с помощью методов исследования операций; принципы отбора информации для экономических задач с применением методов исследования операций и информационных технологий
		на уровне умений: использовать экономические знания при оценке результатов, полученных методами исследований операций; решать задачи предметной области, строить математические модели реальных процессов и ситуаций, используя информационные технологии
		на уровне навыков: понятийным аппаратом и терминологией методов исследования операций; навыками работы с основными инструментальными средствами (техническими и программными), используемыми при решении экономических задач

2. Объем и место дисциплины в структуре ОП ВО

Объем дисциплины

Общая трудоемкость Б1.В.ДВ.4.1 «Исследование операций» составляет 2 зачетные единицы. Количество академических часов, выделенных на контактную работу с преподавателем, составляет 36 часов: лекционные занятия – 18, практические занятия – 18 часов. Самостоятельная работа составляет 36 часов.

Место дисциплины в структуре ОП ВО

Дисциплина Б1.В.ДВ.4.1 «Исследование операций» изучается в 7 семестре.

Освоение дисциплины «Исследование операций» опирается на знания, полученные обучающимися в процессе изучения следующих дисциплин: Б1.В.ОД.3 «Линейная

алгебра» (1 семестр); Б1.Б.9 «Математический анализ» (1,2,3 семестры); Б1.Б.10 «Теория вероятностей» (2 семестр); Б1.Б.12 «Методы оптимизации» (4 семестр); Б1.Б.13 «Теория игр» (5 семестр).

В свою очередь, дисциплина «Исследование операций» является опорой для изучения следующих дисциплин: Б1.В.ДВ.5.1 «Общая теория систем»/Б1.В.ДВ.5.2 «Моделирование экономических процессов» (8 семестр).

Форма промежуточной аттестации в соответствии с учебным планом – зачет (7 семестр).

3. Содержание и структура дисциплины

Очная форма обучения

№ п/п	Наименование тем (разделов)	Объем дисциплины, час.						Форма текущего контроля успеваемости *, промежуточной аттестации**
		Всего	Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий				СР	
			Л	ЛР	ПЗ	КСР		
Тема 1	Введение в исследование операций. Классификация методов исследования операций.	10	2		2		6	О
Тема 2	Специальные задачи линейного программирования. Задача целочисленного программирования. Транспортные модели.	16	4		4		8	О, Т, З, КР
Тема 3	Динамическое программирование.	14	4		4		6	О, Т, З, КР
Тема 4	Сетевые модели. Модели сетевого планирования.	14	4		4		6	О, Т, З
Тема 5	Модели управления запасами.	8	2		2		4	О, Т, З
Тема 6	Многокритериальные модели исследования операций.	10	2		2		6	О, З
Промежуточная аттестация								За
Всего:		72	18		18		36	

Примечание:

* - формы текущего контроля успеваемости: опрос (О), тестирование (Т), контрольная работа (КР), задачи (З)

** - формы промежуточной аттестации: зачет (За).

Содержание дисциплины

Тема 1. Введение в исследование операций. Классификация методов исследования операций.

Понятие операции. Цель и задачи исследования операций. Примеры задач исследования операций. Место дисциплины исследования операций среди смежных дисциплин.

Введение в классическую теорию исследования операций. Основные понятия и определения: виды критериев и их свойства, оптимальное решение.

Классификация методов исследования операций. Типовые постановки задач, их геометрическая интерпретация и методы решения.

Тема 2. Специальные задачи линейного программирования. Задача целочисленного программирования. Транспортные модели.

Транспортная задача. Постановка задачи транспортной задачи. Необходимое и достаточное условия ее разрешимости. Основные способы построения первоначального опорного плана – методы северо-западного угла (диагональный метод), наименьшей стоимости (минимального элемента), двойного предпочтения, аппроксимации Фогеля. Потенциалы и их экономический смысл. Метод потенциалов для решения транспортной задачи. Транспортные задачи с нарушенным балансом производства и потребления.

Целочисленное линейное программирование. Постановка задачи. Примеры задач целочисленного программирования. Методы решения задач целочисленного программирования – первый и второй методы Гомори (методы отсечения), ветвей и границ. Постановка задачи о коммивояжере и ее решение методом ветвей и границ. Задача об оптимальном назначении.

Тема 3. Динамическое программирование.

Общая постановка задачи динамического программирования. Геометрическая и экономическая интерпретация задачи динамического программирования.

Принцип оптимальности и уравнения Беллмана. Общая схема метода динамического программирования. Задача об оптимальном распределении ресурсов между отраслями. Задача о замене оборудования.

Тема 4. Сетевые модели. Модели сетевого планирования.

Модели сетевого планирования и управления. Основные элементы сетевой модели. Порядок и правила построения сетевых графиков. Упорядочение и оптимизация сетевого графика.

Задача поиска кратчайшего пути. Задача о максимальном потоке.

Тема 5. Модели управления запасами.

Модели управления запасами. Статические детерминированные модели. Управление запасами при случайном спросе и предложении.

Тема 6. Многокритериальные модели исследования операций.

Происхождение и постановка задачи многокритериальной оптимизации. Множество достижимых критериальных векторов. Доминирование и оптимальность по Парето. Эффективные решения и паретова граница.

Основные методы решения многокритериальных задач. Свертка критериев с весовыми коэффициентами. Метод обобщенного критерия. Метод идеальной точки.

4. Материалы текущего контроля успеваемости обучающихся и фонд оценочных средств промежуточной аттестации по дисциплине

4.1. Формы и методы текущего контроля успеваемости обучающихся и промежуточной аттестации

4.1.1. В ходе реализации дисциплины Б1.В.ДВ.4.1 «Исследование операций» используются следующие методы текущего контроля успеваемости обучающихся:

Тема (раздел)		Формы (методы) текущего контроля успеваемости
Тема 1	Введение в исследование операций. Классификация методов исследования операций.	Опрос
Тема 2	Специальные задачи линейного программирования. Задача целочисленного программирования. Транспортные модели.	Опрос, тестирование, задачи, контрольная работа

Тема 3	Динамическое программирование.	Опрос, тестирование, задачи, контрольная работа
Тема 4	Сетевые модели. Модели сетевого планирования.	Опрос, тестирование, задачи
Тема 5	Модели управления запасами.	Опрос, тестирование, задачи
Тема 6	Многокритериальные модели исследования операций.	Опрос, задачи

4.1.2. Промежуточная аттестация проводится в устной форме (зачет).

4.2. Материалы текущего контроля успеваемости.

Преподаватель оценивает уровень подготовленности обучающихся к занятию по следующим показателям:

- устные ответы на вопросы преподавателя по теме занятия,
- решение практических задач,
- выполнение контрольных работ.

Оценка знаний, умений, навыков проводится на основе балльно-рейтинговой системы 70% из 100% (70 баллов из 100) - вклад по результатам посещаемости занятий, активности на занятиях, решение практических задач на семинарских занятиях, ответов на вопросы преподавателя в ходе занятия, по результатам выполнения домашних контрольных работ.

**Вопросы для подготовки к опросам, тестированию,
семинарским занятиям по темам:**

Тема 1. Введение в исследование операций. Классификация методов исследования операций.

Семинар № 1. Введение в исследование операций. Классификация методов исследования операций.

Цель и задачи исследования операций. Примеры задач исследования операций. Основные понятия и определения: задача оптимизации, виды критериев и их свойства, оптимальное решение. Постановка задачи оптимизации. Типы оптимальных решений.

Графическое решение. Этапы исследования операций. Классификация методов исследования операций. Типовые постановки задач, их геометрическая интерпретация и методы решения.

Тема 2. «Специальные задачи линейного программирования. Задача целочисленного программирования. Транспортные модели»

Семинар № 1. Задача целочисленного программирования.

Целочисленное линейное программирование. Постановка задачи. Методы решения задач целочисленного программирования – первый и второй методы Гомори (методы отсечения), ветвей и границ. Постановка задачи о коммивояжере и ее решение методом ветвей и границ. Задача об оптимальном назначении.

Задача 1. Найдите графическим методом и методом Гомори оптимальное целочисленное решение задачи линейного программирования, если она задана следующей математической моделью

$$L(x) = 3x_1 + x_2 \rightarrow \max,$$

$$\begin{cases} 2x_1 + 3x_2 \leq 6, \\ 2x_1 - 3x_2 \leq 3, \\ x_{1,2} \in Z^+. \end{cases}$$

Задача 2. Решить задачу методом Гомори

$$\begin{aligned} \max Z &= x_1 + 2x_2, \\ \begin{cases} 5x_1 + 7x_2 \leq 21, \\ -x_1 + 3x_2 \leq 8, \\ x_1, x_2 \geq 0, \text{ целые.} \end{cases} \end{aligned}$$

Задача 3. Найти оптимальное решение задачи целочисленного линейного программирования

$$Z = 11x_1 + 5x_2 + 4x_3 \rightarrow \max,$$

$$\begin{cases} 3x_1 + 2x_2 + 8x_3 \leq 11, \\ 2x_1 + x_3 \leq 5, \\ 3x_1 + 3x_2 + x_3 \leq 13, \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, x_3 \geq 0. \end{cases}$$

x_1, x_2, x_3 – целые числа.

Задача 4. Коммивояжер (бродячий торговец) должен выйти из первого города, посетить по разу в неизвестном порядке города 2,3,4...n и вернуться в первый город. Расстояния между всеми городами известны. В каком порядке следует обходить города, чтобы замкнутый путь коммивояжера был кратчайшим? В терминах теории графов: найти гамильтонов цикл в графе минимальной длины.

Семинар № 2. Транспортные модели.

Транспортная задача. Основные способы построения первоначального опорного плана – методы северо-западного угла (диагональный метод), наименьшей стоимости (минимального элемента), двойного предпочтения, аппроксимации Фогеля. Потенциалы и их экономический смысл. Метод потенциалов для решения транспортной задачи. Транспортные задачи с нарушенным балансом производства и потребления.

Задача 1. Решить транспортную задачу закрытого типа

	А	В	С	Д	Е	Ф
1	Транспортная задача закрытого типа					
2	Матрица тарифов					
3	Потребители					
4		склад 1	склад 2	склад 3	склад 4	Запасы груза
5	Поставщики					
6	завод 1	5	8	3	7	400
7	завод 2	8	9	8	5	500
8	завод 3	4	3	7	6	300
9	потребность складов	450	250	200	300	
10						

Задача 2. Решить транспортную задачу открытого типа.

В резерве трех железнодорожных станций **А, В, С** находится соответственно **60, 80 и 70 вагонов**. Составить оптимальный план перегона этих вагонов к четырем пунктам погрузки зерна, если пункту № 1 требуется 40, № 2 – 60, № 3 – 80 и № 4 – 60 вагонов. Следует учесть, что в пунктах № 2 и № 3 нет условий для длительного хранения зерна, а поэтому его необходимо вывезти из этих пунктов полностью. Стоимость перегона одного вагона со станции А в указанные пункты 110, 120, 150 и 140 руб., со станции В – 140, 130, 120 и 110 руб., со станции С – 150, 120, 140 и 160 руб.

1. Поясните экономическое содержание переменных, целевой функции и ограничений в модели линейного программирования.
2. В чём особенность математической постановки задачи целочисленного программирования?
3. Поясните принцип ветвления в методе ветвей и границ.
4. Как формируется последовательность подзадач в методе ветвей и границ?
5. Перечислите и поясните основные шаги метода ветвей и границ.
6. Сформулируйте транспортную задачу.
7. Что является целевой функцией в транспортной задаче?
8. В чем состоят ограничения транспортной задачи?
9. Что называется планом транспортной задачи?
10. Какой план называется оптимальным планом транспортной задачи?
11. Какая модель транспортной задачи называется закрытой?
12. Какая модель транспортной задачи называется открытой?
13. Сформулируйте условие баланса транспортной задачи
14. Опишите содержание таблицы, применяемой для решения транспортной задачи.
15. Какой план транспортной задачи называется опорным?
16. Какой план транспортной задачи называется вырожденным?

Тесты (образец)

1. Какое из следующих утверждений истинно?
 А) существуют задачи целочисленного линейного программирования, не имеющие допустимых решений даже в тех случаях, когда множество допустимых решений соответствующей линейной задачи не пусто
 В) не существует задач целочисленного линейного программирования, не имеющих допустимых решений в случаях, когда множество допустимых решений соответствующей линейной задачи не пусто
 - a) А – нет, В – да.
 - b) А – да, В – нет.
 - c) А – нет, В – нет.
 - d) А – да, В – да.
2. Какое из следующих утверждений истинно?
 В методах прямого поиска при поиске экстремума целевой функции
 А) используются значения целевой функции и ее производной
 В) используются только значения целевой функции
 - a) А – нет, В – да.
 - b) А – нет, В – нет.
 - c) А – да, В – нет.
 - d) А – да, В – да.
3. Какое из следующих утверждений истинно?
 Задача математического программирования, в которой переменные могут принимать любые целочисленные значения называется
 А) задачей целочисленного программирования,
 В) задачей Булевого программирования
 - a) А – да, В – нет.
 - b) А – нет, В – да.
 - c) А – нет, В – нет.
 - d) А – да, В – да.
4. Какое из следующих утверждений истинно?
 Задача о коммивояжере относится к задачам
 А) дискретного программирования

В) целочисленного программирования

- a) А – нет, В – нет.
- b) А – да, В – нет.
- c) А – нет, В – да.
- d) А – да, В – да.

5. Какое из следующих утверждений истинно?

Компоненты матрицы Гессе представляют собой значения

А) первых частных производных целевой функции

В) целевой функции в граничных точках

- a) А – да, В – нет.
- b) А – нет, В – нет.
- c) А – нет, В – да.
- d) А – да, В – да.

Тема 3. Динамическое программирование.

Семинар № 1. Геометрическая и экономическая интерпретация задачи динамического программирования. Принцип оптимальности и уравнения Беллмана.

Задача 1. Для двух предприятий выделено α единиц средств. Как распределить все средства в течение 4 лет, чтобы доход был наибольшим, если известно, что доход от x единиц средств, вложенных в первое предприятие, равен $f_1(x)$, а доход от y единиц средств, вложенных во второе предприятие, равен $f_2(y)$. Остаток средств к концу года составляет $g_1(x)$ для первого предприятия и $g_2(y)$ для второго предприятия. Задачу решить методом динамического программирования.

α	f_1	g_1	f_2	g_2
1000	$3x$	$0,1x$	$2y$	$0,5y$

Задача 2. Планируется распределение начальной суммы X_0 млн. р. Между четырьмя предприятиями некоторого объединения. Средства выделяются только в размерах кратных $\alpha = 80$ млн. р. Функции прироста продукции от вложенных средств на каждом предприятии заданы таблично. Требуется так распределить вложения между предприятиями, чтобы общий прирост продукции (в млн. р.) был максимальным. Решить задачу на основе функционального уравнения Беллмана.

X_0	Вкладываемые средства X	Функции прироста продукции на предприятии			
		$f_1(x)$	$f_2(x)$	$f_3(x)$	$f_4(x)$
400	0	10	15	13	14
	80	13	20	17	16
	160	16	22	21	23
	240	21	25	26	25
	320	25	30	28	27
	400	25	32	30	32

Семинар № 2. Задача об оптимальном распределении ресурсов между отраслями.

Задача 1. Инвестор выделяет средства в размере 5 тыс. ден. ед., которые должны быть распределены между тремя предприятиями. Требуется, используя принцип оптимальности Беллмана, построить план распределения инвестиций между

предприятиями, обеспечивающий наибольшую общую прибыль, если каждое предприятие при инвестировании в него средств x тыс. ден. ед. приносит прибыль $p_i(x)$ тыс. ден. ед. ($i=1, 2$ и 3) по следующим данным (см. таблицу).

Инвестирование средств (тыс. ден. ед.)	Прибыль (тыс. ден. ед.)		
x	$p_1(x)$	$p_2(x)$	$p_3(x)$
1	3,22	3,33	4,27
2	3,57	4,87	7,64
3	4,12	5,26	10,25
4	4	7,34	15,93
5	4,85	9,49	16,12

Задача 2. Планируется деятельность двух отраслей производства на n лет. Начальные ресурсы s_0 . Средства x , вложенные в I отрасль в начале года, дают в конце года прибыль $f_1(x)$ и возвращаются в размере $q_1(x)$; аналогично для II отрасли функция прибыли равна $f_2(x)$, а возврата – $q_2(x)$. В конце года все возвращенные средства заново перераспределяются между I и II отраслями, новые средства не поступают, прибыль в производство не вкладывается. (Последние условия определяют вид уравнений состояний; если поступают новые средства или часть прибыли вкладывается в производство, это можно легко учесть, так как алгоритм метода ДП не изменяется).

Требуется распределить имеющиеся средства s_0 между двумя отраслями производства на n лет так, чтобы суммарная прибыль от обеих отраслей за n лет оказалась максимальной.

Необходимо:

- построить модель ДП для задачи и вычислительную схему;
- решить задачу при условии, что $s_0=100$ ед., $n=3$, $f_1(x)=2x$, $q_1(x)=0,8x$, $f_2(x)=5x$, $q_2(x)=0,3x$.

- Для решения каких задач применим метод динамического программирования?
- Приведите примеры задач, которые могут решаться методом ДП
- Дайте математическую постановку задачи, решаемой методом ДП. Поясните содержательный смысл всех входящих в нее элементов.
- Что называется стратегией управления?
- Чем характеризуется состояние динамической системы в любой момент времени t ?
- От чего зависит состояние системы в произвольный момент времени t ?
- В чем состоит сущность принципа поэтапного построения оптимального управления?
- Сформулируйте принципы оптимальности.
- В какой последовательности выполняется процедуры ДП? Построение условно-оптимального управления?
- Запишите и поясните содержание всех элементов функциональных уравнений Беллмана.
- В чем суть метода функциональных уравнений Беллмана?
- Сформулируйте понятие выпуклой и вогнутой функций.
- Сформулируйте достаточное условие выпуклости функции.
- Какие свойства имеют выпуклые функции?
- Сформулируйте выпуклую задачу нелинейного программирования.

Тесты (образец)

- Какую особенность имеет динамическое программирование как многошаговый метод оптимизации управления:

- a) отсутствие последствий;
 - b) наличие обратной связи;
 - c) управление зависит от бесконечного числа переменных.
2. Вычислительная схема метода динамического программирования :
- a) зависит от способов задания функций;
 - b) зависит от способов задания ограничений;
 - c) связана с принципом оптимальности Беллмана.
3. Какую задачу можно решить методом динамического программирования
- a) транспортную задачу;
 - b) задачу о замене оборудования;
 - c) принятия решения в конфликтной ситуации.
4. Процесс нахождения решений в задачах динамического программирования является
- d) знакопеременным;
 - e) асимптотическим;
 - f) расходящимся;
 - g) многоэтапным.

Тема 4. Сетевые модели. Модели сетевого планирования.

Семинар № 1. Модели сетевого планирования и управления.

Модели сетевого планирования и управления. Основные элементы сетевой модели. Порядок и правила построения сетевых графиков. Упорядочение и оптимизация сетевого графика.

Задача 1. Постройте сетевую модель программы опроса общественного мнения, которая включает разработку (А; 1 день) и распечатку анкет (В; 0,5 дня), прием на работу (С; 2 дня) и обучение (D; 2 дня) персонала, выбор опрашиваемых лиц (Е; 2 дня), рассылку им анкет (F; 1 день) и анализ полученных данных (G; 5 дней).

Задача 2. Постройте сетевую модель, включающую работы А, В, С, ..., L, которая отображает следующее упорядочение работ:

- 1) А, В и С – исходные операции проекта;
- 2) А и В предшествуют D;
- 3) В предшествует Е, F и H;
- 4) F и С предшествуют G;
- 5) Е и H предшествуют I и J;
- 6) С, D, F и J предшествуют K;
- 7) K предшествует L.

Задача № 3. Постройте сетевую модель переноса участка воздушной высоковольтной линии, используя упорядочение работ из таблицы

<i>Содержание работы</i>	<i>Непосредственно предшествующие работы</i>	<i>Длительность, ед. времени</i>
А – оценка состава и содержания работ	–	1
В – осведомление потребителей электроэнергии о временном отключении системы	А	0,5
С – составление заявки на материалы и оборудование	А	1
D – обследование района проведения работ	А	0,5
Е – доставка опор и материалов	С, D	3
F – распределение опор по точкам монтажа	Е	3,5

G – увязка точек монтажа	D	0,5
H – разметка точек монтажа	G	0,5
I – рытье ям под опоры	H	3
J – монтаж опор	F, I	4
K – защита старых проводов	F, I	1
L – протяжка новых проводов	J, K	2
M – монтаж арматуры	L	2
N – выверка провиса новых проводов	L	2
O – подстрижка деревьев	D	2
P – обесточивание и переключение линий	B, M, N, O	0,1
Q – включение и фазировка новой линии	P	0,5
R – уборка строительного мусора	Q	1
S – снятие старых проводов	Q	1
T – демонтаж старых опор	S	2
U – доставка неиспользованных материалов на склад	I	2

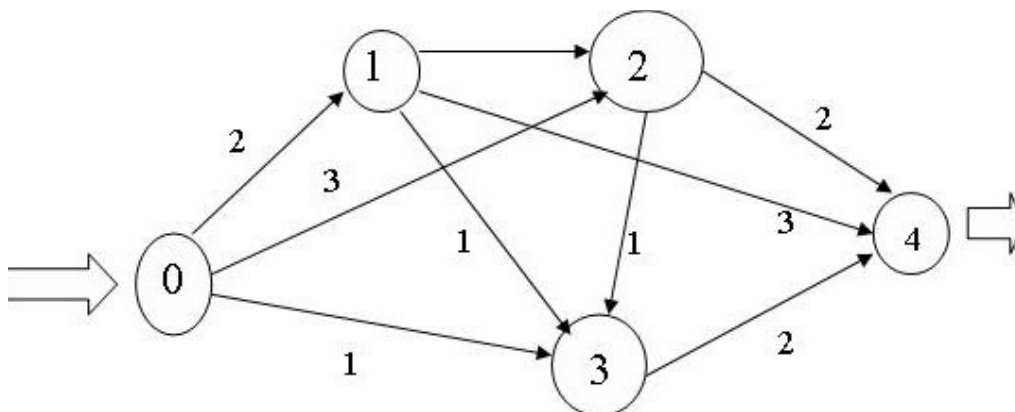
Семинар № 2. Задача поиска кратчайшего пути. Задача о максимальном потоке.

Задача 1. Определить длину кратчайшего маршрута (L). Расстояния между шестью городами представлены в таблице.

Город	1	2	3	4	5	6
1		6	4	12	14	22
2	6		3	8	7	20
3	4	3		10	11	18
4	12	8	10		9	16
5	14	7	11	9		10
6	22	20	18	16	10	

Задача 2. Как (т. е. по каким маршрутам) послать максимально возможное количество грузов из начального пункта в конечный пункт, если пропускная способность путей между пунктами ограничена?

Для решения этой задачи каждой дуге ориентированного графа, соответствующего транспортной системе, должно быть сопоставлено число – пропускная способность этой дуги (см. рис.).



1. Что такое сетевое планирование и управление? Какова область применения СПУ?
2. По каким признакам классифицируется система СПУ?
3. Что понимается под работой в сетевом графике?
4. Что означает «событие» в сетевом графике?
5. Перечислите правила построения сетевых графиков.
6. Что такое «критический путь»?
7. Что понимается под оптимизацией сетевого графика?
8. Назовите достоинства и недостатки СПУ?
9. Способы оптимизации сетевого графика. В чем состоит эффективность применения СПУ?
10. Какие задачи организационного управления приводят к задаче нахождения минимального остова графа?
11. Перечислите и поясните основные шаги алгоритма Прима поиска минимального остова графа.
12. Перечислите и поясните основные шаги алгоритма поиска максимального пути в графе.

Тесты (образец)

1. Главными элементами сетевой модели являются:
 - а) игровые ситуации и стратегии;
 - б) состояния и допустимые управления;
 - в) события и работы.
2. В сетевой модели не должно быть:
 - а) контуров и петель;
 - б) собственных векторов;
 - в) седловых точек.
3. Критическим путем в сетевом графике называется:
 - а) самый короткий путь;
 - б) самый длинный путь;
 - в) замкнутый путь.
4. Математической основой методов сетевого планирования является:
 - а) аналитическая геометрия;
 - б) теория электрических цепей;
 - в) теория графов.
5. Оптимизация сетевого графика методом время-стоимость позволяет:
 - а) сократить стоимость реализации проекта;
 - б) сократить время реализации проекта;
 - в) найти зависимость стоимости проекта от времени его реализации.

Тема 5. Модели управления запасами.

Семинар № 1. Управление запасами при случайном спросе и предложении.

Задача 1. Лампы на улицах заменяются с интенсивностью 100 штук в день (λ). Администрация заказывает эти лампы через равные промежутки времени. Стоимость заказа одной партии (c_1) – 90 д.е. Стоимость хранения ламп на складе (c_2) – 0,02 д.е. в день. Будем рассматривать общий период заказа Θ равным 30 дням. 1) Определите оптимальный объем заказа: n^* . 2) Определите затраты при оптимальном объеме заказа: $C(n^*)$ 3) Округлите объем заказа n до целого значения. 4) Оцените изменение затрат при округлении n по формуле Тейлора: ΔC . 5) Найдите точное значение изменения затрат при округлении n : ΔC 6) Найдите промежуток времени между поставками для округленного значения n : $T(\text{округл})$.

1. В чем заключается идея метода статистических испытаний?
2. Когда следует применять метод статистических испытаний?
3. Из каких шагов состоит вычислительная процедура метода статистических испытаний?
4. Поясните применение метода статистических испытаний на примере определения надежности схемы.
5. Чем достигается статистическая точность метода статистических испытаний?
6. Как зависит точность результата, полученного на основе метода статистических испытаний, от числа проведенных испытаний?
7. В чем заключаются основные достоинства и недостатки метода статистических испытаний?

Тесты (образец)

1. Объект, заменяющий реальный процесс, предмет или явление и созданный для понимания закономерностей объективной действительности называют
 - a) Объектом.
 - b) Моделью.
 - c) Заменителем.
 - d) Все вышеперечисленные варианты.
2. Моделирование – это
 - a) Процесс создания моделей.
 - b) Формальное описание процессов и явлений.
 - c) Метод познания, состоящий в создании и исследовании моделей.
 - d) Наблюдение моделей.
3. Может ли, один и тот же объект иметь множество моделей?
 - a) Иногда может.
 - b) Да.
 - c) Нет.
 - d) Нет правильного ответа.
4. Модели по фактору времени подразделяются на
 - a) Стохастические и динамические.
 - b) Статические и динамические.
 - c) Статические и детерминированные.
 - d) Нет правильного ответа.
5. Модели, описывающие состояние системы в определенный момент времени, называются
 - a) Динамическими.
 - b) Статическими.
 - c) Предметными.
 - d) Нет правильного ответа.
6. С помощью стохастических (вероятностных) моделей можно описать
 - a) Движение тела с учетом ветра.
 - b) Движение тела без учета ветра.
 - c) Расчеты по известным формулам.
 - d) Нет правильного ответа.

Тема 6. Многокритериальные модели исследования операций.

Семинар № 1. «Многокритериальные модели исследования операций.

Основные методы решения многокритериальных задач. Свертка критериев с весовыми коэффициентами. Метод обобщенного критерия. Метод идеальной точки.

Задача 1. Найти решение, используя методы решения многокритериальных задач

$$\begin{cases} f_1(x) = 3x_1 - x_2 \rightarrow \max \\ f_2(x) = x_2 \rightarrow \max \\ x_1 \leq 2 \\ x_2 \leq 4 \\ 2x_1 + x_2 \leq 6 \\ x_j \geq 0 \end{cases}$$

Задача 2.

Найти значения переменных методом идеальной точки, при которых функции

$$L1 = 2x_1 + x_2 + 1 \rightarrow \max$$

$$L2 = x_1 - x_2 + 5 \rightarrow \max$$

при ограничениях:

$$x_1 + 2x_2 \leq 8,$$

$$0 \leq x_1 \leq 6,$$

$$0 \leq x_2 \leq 3.$$

1. Какие шкалы используются для измерения значений показателей – критериев при принятии управленческих решений?
2. В каких целях используются номинальная шкала?
3. Каковы особенности измерения в ранговой шкале?
4. Какие требования предъявляются к системе показателей, являющихся критериями при принятии управленческого решения?
5. Какие существуют методы многокритериального выбора?
6. Каковы особенности процедуры свёртки критериев?
7. Каков алгоритм выбора решения при использовании лексикографического метода?
8. В каких случаях целесообразно нахождение множества Парето?

КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ

Контрольное домашнее задание выполняется студентами по индивидуальным вариантам, которые они получают у преподавателя, и предоставляется к определённому сроку. По данной дисциплине предусмотрено выполнение двух контрольных работ по темам 2 и 3..

Преподаватель на первом практическом занятии распределяет варианты между студентами. По данной дисциплине регламентированы сроки сдачи контрольной домашней работы и ее защиты:

- срок сдачи работы – 15 неделя семестра;
- срок защиты работы – 16 неделя семестра.

Допускается предварительная защита работы по частям.

Контрольные работы по теме «Специальные задачи линейного программирования. Задача целочисленного программирования. Транспортные модели»

Сделать постановку и решить транспортные задачи закрытого типа

Вариант 1.

	Потребители				
Поставщики	1	2	3	4	Запасы

1	3	5	7	11	100
2	1	4	6	3	130
3	5	8	12	7	170
Потребности	150	120	80	50	

Вариант 2.

	Потребители				
Поставщики	1	2	3	4	Запасы
1	10	9	6	0	600
2	12	13	8	0	400
3	5	7	11	0	500
Потребности	450	360	440	250	

Вариант 3.

	Потребители						
Поставщики	1	2	3	4	5	6	Запасы
1	3	7	6	1	4	9	28
2	8	2	6	10	7	3	30
3	4	9	10	3	5	5	40
4	2	4	7	8	3	1	35
Потребности	18	10	20	37	10	38	

Вариант 4.

	Потребители				
Поставщики	1	2	3	4	Запасы
1	1	1	2	3	10
2	1	2	3	3	15
3	1	2	3	4	10
4	2	2	3	4	25
Потребности	10	20	15	15	

Вариант 5.

	Потребители					
Поставщики	1	2	3	4	5	Запасы
1	1	2	3	1	3	18
2	3	2	2	3	5	12
3	2	1	3	4	4	30
4	1	3	4	5	1	15
Потребности	10	15	20	18	12	

Вариант 6.

	Потребители					
Поставщики	1	2	3	4	5	
1	2	8	4	6	3	120
2	3	2	5	2	6	30
3	6	5	8	7	4	40
4	3	4	4	2	1	60
Потребности	30	90	60	20	30	

Вариант 7.

	Потребители						
Поставщики	1	2	3	4	5	6	Запасы
1	2	3	6	8	2	10	130
2	6	1	2	3	5	6	90
3	7	4	4	1	4	8	100
4	2	8	5	1	3	6	140
Потребности	110	50	30	80	100	90	

Вариант 8.

	Потребители				
Поставщики	1	2	3	4	Запасы
1	23	27	15	18	30
2	12	17	20	51	40
3	22	18	12	32	53
Потребности	22	36	26	41	

Вариант 9.

	Потребители				
Поставщики	1	2	3	4	Запасы
1	2	3	2	4	30
2	3	2	5	1	40
3	4	3	2	6	20
Потребности	20	30	30	10	

Вариант 10.

	Потребители					
Поставщики	1	2	3	4	5	Запасы
1	8	7	6	9	5	40
2	4	10	8	3	6	540
3	2	3	6	5	3	360
4	5	4	8	9	7	500
Потребности	320	480	620	110	270	

Вариант 11.

	Потребители				
Поставщики	1	2	3	4	Запасы
1	3	2	4	1	50
2	2	3	1	5	40
3	3	2	4	4	20
Потребности	30	25	35	30	

Вариант 12.

	Потребители					
Поставщики	1	2	3	4	5	Запасы
1	7	1	4	5	2	86
2	13	4	7	6	3	112
3	3	8	0	18	12	72
4	9	5	3	4	7	120
Потребности	75	125	64	65	60	

Контрольные работы по теме «Динамическое программирование»

Решить задачу методом динамического программирования для целевой функции, заданной таблично:

Вариант 1.

$$F(X) = f_1(x_1) + f_2(x_2) + f_3(x_3) \rightarrow \max,$$

$$x_1 + 2x_2 + 2x_3 \leq 5,$$

x	0	1	2	3	4	5
$f_1(x)$	1	2	3	4	5	5
$f_2(x)$	3	4	4			
$f_3(x)$	3	3	4			

Вариант 2.

$$F(X) = f_1(x_1) + f_2(x_2) + f_3(x_3) \rightarrow \max,$$

$$x_1 + 2x_2 + 2x_3 \leq 6,$$

x	0	1	2	3	4	5
$f_1(x)$	6	7	11	12	15	16
$f_2(x)$	9	11	13	15		
$f_3(x)$	8	12	14	16		

Вариант 3.

$$F(X) = f_1(x_1) + f_2(x_2) + f_3(x_3) \rightarrow \max,$$

$$x_1 + 2x_2 + 2x_3 \leq 6,$$

x	0	1	2	3	4	5	6
$f_1(x)$	1	2	2	3	5	5	6
$f_2(x)$	2	3	4	5	6		
$f_3(x)$	3	3	5	5			

Вариант 4.

$$F(X) = f_1(x_1) + f_2(x_2) + f_3(x_3) \rightarrow \max,$$

$$x_1 + 2x_2 + 2x_3 \leq 6,$$

x	0	1	2	3	4	5	6
$f_1(x)$	10	22	21	34	52	56	60
$f_2(x)$	20	33	41	54	62		
$f_3(x)$	34	36	50	52			

Вариант 5.

$$F(X) = f_1(x_1) + f_2(x_2) + f_3(x_3) \rightarrow \max,$$

$$x_1 + 2x_2 + 2x_3 \leq 5,$$

x	0	1	2	3	4	5
$f_1(x)$	5	6	10	11	14	15
$f_2(x)$	8	10	12	14		
$f_3(x)$	7	14	15	17		

Вариант 6.

$$F(X) = f_1(x_1) + f_2(x_2) + f_3(x_3) \rightarrow \max,$$

$$x_1 + 2x_2 + 2x_3 \leq 6,$$

x	0	1	2	3	4	5	6
$f_1(x)$	2	3	4	5	6	7	8
$f_2(x)$	3	4	5	6	7		
$f_3(x)$	2	2	5	4			

4.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации.

4.3.1. Формируемые компетенции с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Показатели и критерии оценивания компетенций с учетом этапа их формирования

Код компетенции	Наименование компетенции	Код этапа освоения компетенции	Наименование этапа освоения компетенции
ПК-8	способностью использовать для решения аналитических и исследовательских задач современные технические средства и информационные технологии	ПК – 8.2	способен использовать для решения аналитических и исследовательских задач современные технические средства и информационные технологии

Этап освоения компетенции	Показатель оценивания	Критерий оценивания
ПК-8.2. способен использовать для решения аналитических и исследовательских задач современные технические средства и информационные технологии	демонстрирует умение применять современные технические средства и информационные технологии для решения аналитических и исследовательских задач	выбранные технические средства и информационные технологии в полной мере соответствуют поставленным целям при решении аналитических и исследовательских задач

Вопросы к зачету

1. Понятие операции. Цель и задачи исследования операций.
2. Примеры задач исследования операций.
3. Место дисциплины исследования операций среди смежных дисциплин.
4. Основные понятия и определения: задача оптимизации, виды критериев и их свойства, оптимальное решение.
5. Постановка задачи оптимизации. Типы оптимальных решений.
6. Графическое решение. Понятие градиента и его геометрическая интерпретация.
7. Множество допустимых решений. Этапы исследования операций.
8. Классификация методов исследования операций. Типовые постановки задач, их геометрическая интерпретация и методы решения.
9. Транспортная задача. Постановка задачи транспортной задачи.
10. Необходимое и достаточное условия ее разрешимости.
11. Основные способы построения первоначального опорного плана – метод северо-западного угла (диагональный метод).
12. Основные способы построения первоначального опорного плана – метод наименьшей стоимости (минимального элемента).
13. Основные способы построения первоначального опорного плана – метод

двойного предпочтения, аппроксимации Фогеля.

14. Потенциалы и их экономический смысл. Метод потенциалов для решения транспортной задачи.

15. Транспортные задачи с нарушенным балансом производства и потребления.

16. Целочисленное линейное программирование. Постановка задачи.

17. Методы решения задач целочисленного программирования – первый и второй методы Гомори (методы отсечения).

18. Методы решения задач целочисленного программирования – ветвей и границ.

19. Постановка задачи о коммивояжере и ее решение методом ветвей и границ. Задача об оптимальном назначении.

20. Геометрическая и экономическая интерпретация задачи динамического программирования.

21. В чем состоят особенности динамических задач оптимизации?

22. Приведите примеры динамической задачи оптимизации.

23. Что такое многошаговые динамические модели?

24. Что такое непрерывные динамические модели?

25. Что такое управление и переменная состояния в динамических моделях?

26. Приведите примеры задания критерия в динамических задачах оптимизации.

27. В чем состоит метод динамического программирования в многошаговых задачах оптимизации?

28. Сформулируйте принцип оптимальности и запишите уравнение Беллмана.

29. Как задача оптимизации многошаговой системы сводится к задаче математического программирования?

30. Задача об оптимальном распределении ресурсов между отраслями.

31. Задача о замене оборудования.

32. Модели сетевого планирования и управления.

33. Основные элементы сетевой модели. Порядок и правила построения сетевых графиков.

34. Упорядочение и оптимизация сетевого графика.

35. Задача поиска кратчайшего пути.

36. Задача о максимальном потоке.

37. Модели управления запасами.

38. Статические детерминированные модели.

39. Управление запасами при случайном спросе и предложении.

40. Происхождение и постановка задачи многокритериальной оптимизации.

41. Множество достижимых критериальных векторов.

42. Доминирование и оптимальность по Парето. Эффективные решения и паретова граница.

43. Основные методы решения многокритериальных задач.

44. Свертка критериев с весовыми коэффициентами.

45. Метод обобщенного критерия.

46. Метод идеальной точки.

В состав билетов включаются задания текущего контроля.

Шкала оценивания

Оценка знаний, умений, навыков проводится на основе балльно-рейтинговой системы: 30% из 100% (или 30 баллов из 100) - вклад в итоговую оценку по результатам промежуточной аттестации.

При оценивании ответа обучающегося в ходе промежуточной аттестации можно опираться на следующие критерии:

Баллы	Критерий оценки
-------	-----------------

26-30	Обучающийся показывает высокий уровень компетентности, знания программного материала, учебной, периодической и монографической литературы, законодательства и практики его применения, раскрывает не только основные понятия, но и анализирует их с точки зрения различных авторов. Обучающийся показывает не только высокий уровень теоретических знаний, но и видит междисциплинарные связи. Профессионально, грамотно, последовательно, хорошим языком четко излагает материал, аргументированно формулирует выводы. Знает в рамках требований к направлению и профилю подготовки законодательно-нормативную и практическую базу. На вопросы отвечает кратко, аргументировано, уверенно, по существу.
16-25	Обучающийся показывает достаточный уровень компетентности, знания материалов занятий, учебной и методической литературы, законодательства и практики его применения. Уверенно и профессионально, грамотным языком, ясно, четко и понятно излагает состояние и суть вопроса. Знает нормативно-законодательную и практическую базу, но при ответе допускает несущественные погрешности. Обучающийся показывает достаточный уровень профессиональных знаний, свободно оперирует понятиями, методами оценки принятия решений, имеет представление: о междисциплинарных связях, увязывает знания, полученные при изучении различных дисциплин, умеет анализировать практические ситуации, но допускает некоторые погрешности. Ответ построен логично, материал излагается хорошим языком, привлекается информативный и иллюстрированный материал, но при ответе допускает некоторые погрешности. Вопросы не вызывают существенных затруднений.
6-15	Обучающийся показывает достаточные знания материалов занятий, но при ответе отсутствует должная связь между анализом, аргументацией и выводами. На поставленные членами комиссии вопросы отвечает неуверенно, допускает погрешности. Обучающийся владеет практическими навыками, привлекает иллюстративный материал, но чувствует себя неуверенно при анализе междисциплинарных связей. В ответе не всегда присутствует логика, аргументы привлекаются недостаточно веские. На поставленные вопросы затрудняется с ответами, показывает недостаточно глубокие знания.
0-5	Обучающийся показывает слабые знания материалов занятий, учебной литературы, законодательства и практики его применения, низкий уровень компетентности, неуверенное изложение вопроса. Обучающийся показывает слабый уровень профессиональных знаний, затрудняется при анализе практических ситуаций. Не может привести примеры из реальной практики. Неуверенно и логически непоследовательно излагает материал. Неправильно отвечает на вопросы или затрудняется с ответом.

Шкала перевода из многобалльной системы в традиционную:

- обучающемуся выставляется оценка «не зачтено», если обучающийся набрал менее 50 баллов,

- оценка «зачтено» выставляется при условии, если обучающийся набрал от 50 до 100 баллов.

100 баллов выставляется при условии выполнения всех требований, а также при обязательном проявлении творческого отношения к предмету, умении находить оригинальные, не содержащиеся в учебниках ответы, умении работать с источниками, которые содержатся дополнительной литературе к курсу, умении соединять знания, полученные в данном курсе со знаниями других дисциплин.

4.4. Методические материалы

Устный опрос является одним из основных способов проверки усвоения знаний обучающимися. Развернутый ответ студента должен представлять собой связное, логически последовательное сообщение на определенную тему, показывать его умение применять определения, правила в конкретных случаях. Основные критерии оценки устного ответа: правильность ответа по содержанию; полнота и глубина ответа; логика изложения материала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться специальной терминологией); использование дополнительного материала.

5. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Занятия по дисциплине представлены следующими видами работ: лекциями, практическими занятиями, самостоятельной работой обучающихся.

Подготовка к занятиям должна носить систематический характер. Это позволит обучающемуся в полном объеме выполнить все требования преподавателя. Обучающимся рекомендуется изучать как основную, так и дополнительную литературу, а также знакомиться с Интернет-источниками (список приведен в рабочей программе по дисциплине).

Методические указания для обучающихся по подготовке к лекционным занятиям. Занятия лекционного вида дают систематизированные знания о наиболее сложных и актуальных проблемах изучаемой дисциплины.

Осуществляя учебные действия на лекционных занятиях, обучающиеся должны внимательно воспринимать материал, подготовленный преподавателем, мыслить, добиваться понимания изучаемого предмета. Обучающиеся должны аккуратно вести конспект. В случае непонимания какой-либо части предмета следует в установленном порядке задать вопрос преподавателю. В процессе работы на лекции необходимо так же выполнять в конспектах модели изучаемого предмета (рисунки, схемы, чертежи и т.д.), которые использует преподаватель.

Самостоятельная подготовка обучающихся при подготовке к занятиям лекционного вида включает в себя:

- доработку конспекта лекции, которую желательно осуществлять в тот же день, пока материал еще легко воспроизводим в памяти (через 10 часов после лекции в памяти остается не более 30-40% материала). Необходимо прочитать записи, расшифровать сокращения, доработать схемы, рисунки, таблицы;

- повторение изученного на предыдущем занятии материала.

Методические указания по подготовке к опросу и тестированию. Подготовка обучающихся к опросу предполагает изучение основной/ дополнительной литературы в соответствии тематикой дисциплины.

Подготовка к тестированию требует от обучающихся тщательного изучения материала по теме или блоку тем, где акцент делается на изучение причинно-следственных связей, раскрытию природы явлений и событий, проблемных вопросов. Для подготовки необходима рабочая программа дисциплины с примерами тестов, учебно-методическим и информационным обеспечением.

Методические указания для обучающихся по выполнению контрольного задания. Контрольные работы являются одной из основных форм текущего контроля преподавателем работы обучающегося и представляет собой решение конкретной задачи. Задача должна быть решена с подробным объяснением.

Методические указания по организации самостоятельной работы обучающихся. Наряду с прослушиванием лекций и участием в обсуждении проблем на практических

занятиях, учебный план предусматривает затрату обучающимися, как правило, большего числа часов для самостоятельной работы.

Эта работа складывается из изучения литературы, в том числе в связи с подготовкой к практическим занятиям, выполнения других заданий преподавателя.

Основным элементом этой работы является изучение основных разделов дисциплины, содержащейся в программе по этой дисциплине, с использованием записей лекций преподавателя, ведущего курс, и рекомендуемой программой (а в ряде случаев и дополнительно преподавателем) литературы – учебников и учебных пособий, монографий и статей по отдельным проблемам данной науки.

Приступая к изучению той или иной темы, выделяемой по предметно-систематизированному принципу, нужно по отдельности и последовательно рассмотреть каждую из частей, из которых состоит тема. При изучении курса, обучающиеся должны уметь пользоваться и научной литературой для самостоятельной подготовки к занятиям. Обучающиеся также должны научиться, используя различные научные источники, грамотно сформировать и подготовить свое научно обоснованное и логически непротиворечивое выступление на практическом занятии, анализировать конкретные факты общественной жизни, осуществлять прогноз относительно возможного направления анализа экономических процессов, формулировать и обосновывать свое мнение.

Без ясного понимания основных понятий образовательный процесс усложняется. Для повышения эффективности обучения необходимо использовать существующие терминологические справочники и толковые словари.

Вопросы для самостоятельного изучения

Цель и задачи исследования операций. Примеры задач исследования операций. Основные понятия и определения: задача оптимизации, виды критериев и их свойства, оптимальное решение. Постановка задачи оптимизации. Типы оптимальных решений.

Графическое решение. Понятие градиента и его геометрическая интерпретация. Множество допустимых решений. Этапы исследования операций. Классификация методов исследования операций. Типовые постановки задач, их геометрическая интерпретация и методы решения.

Целочисленное линейное программирование. Постановка задачи. Примеры задач целочисленного программирования. Методы решения задач целочисленного программирования – первый и второй методы Гомори (методы отсечения), ветвей и границ.

Транспортная задача. Постановка задачи транспортной задачи. Необходимое и достаточное условия ее разрешимости. Основные способы построения первоначального опорного плана – методы северо-западного угла (диагональный метод), наименьшей стоимости (минимального элемента), двойного предпочтения. Потенциалы и их экономический смысл. Метод потенциалов для решения транспортной задачи. Транспортные задачи с нарушенным балансом производства и потребления.

Общая постановка задачи динамического программирования. Геометрическая и экономическая интерпретация задачи динамического программирования. Принцип оптимальности и уравнения Беллмана. Общая схема метода динамического программирования. Задача об оптимальном распределении ресурсов между отраслями. Задача о замене оборудования.

Модели сетевого планирования и управления. Основные элементы сетевой модели. Порядок и правила построения сетевых графиков. Упорядочение и оптимизация сетевого графика.

Задача поиска кратчайшего пути. Задача о максимальном потоке.

Модели управления запасами. Статические детерминированные модели. Управление запасами при случайном спросе и предложении.

6. Учебная литература и ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

6.1. Основная литература

- Горлач, Б.А. Исследование операций. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб.: Лань, 2013. — 448 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/4865>
- Есипов, Б.А. Методы исследования операций. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб.: Лань, 2013. — 304 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/10250>
- Ржевский, С.В. Исследование операций. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб.: Лань, 2013. — 480 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/32821>
- Минько Э.В. Методы прогнозирования и исследования операций [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Минько Э.В., Минько А.Э.— Электрон. текстовые данные.— М.: Финансы и статистика, 2012.— 480 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/18821>

6.2. Дополнительная литература

- Стронгин Р.Г. Исследование операций. Модели экономического поведения [Электронный ресурс]/ Стронгин Р.Г.— Электрон. текстовые данные.— М.: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2016.— 245 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/52203>
- Шапкин, А.С. Математические методы и модели исследования операций. [Электронный ресурс] / А.С. Шапкин, В.А. Шапкин. — Электрон. дан. — М.: Дашков и К, 2016. — 400 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/72413>
- Сеславин А.И. Исследование операций и методы оптимизации [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Сеславин А.И., Сеславина Е.А.— Электрон. текстовые данные.— М.: Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2015.— 200 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45261>
- Горлач, Б.А. Исследование операций. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб.: Лань, 2013. — 448 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/4865>
- Исследование операций в экономике : учебное пособие : допущено М-вом образования РФ для студентов обучающихся по экономическим специальностям и направлениям / под ред. Н.Ш. Кремера. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Юрайт, 2010. - 430 с. - (Основы наук). - Библиогр.: с. 413-414. - ISBN 978-5-9916-0235-8.
- Грызина Н.Ю. Математические методы исследования операций в экономике [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Грызина Н.Ю., Мастяева И.Н., Семенихина О.Н. — Электрон. текстовые данные.— М.: Евразийский открытый институт, 2009.— 196 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/10773>

6.3. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

- Шевцова Ю.В. Математические модели и методы исследования операций [Электронный ресурс]: сборник задач/ Ю.В. Шевцова— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2009.— 50 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru.ezproxy.ranepa.ru:3561/54766.html>.— ЭБС «IPRbooks»

6.4. Нормативные правовые документы

- Федеральный закон «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» (принят Государственной Думой 8.07.2006) № 149-ФЗ// «Российская газета» от 29.07.2006, № 165.

Распоряжение правительства России от 24 декабря 2013 года № 2506-р о концепции развития математического образования в Российской Федерации. //»Собрание законодательства РФ, 13.01.2014, № 2 (часть I) ст. 148.

Об образовании в Российской Федерации: Федеральный закон от 29.12.2012 №273-ФЗ (с последующими изменениями и дополнениями).

Федеральный государственный образовательный стандарт 38.03.01 Экономика (уровень бакалавриата), утвержден приказом Министерством образования и науки России от 12 ноября 2015 г. № 1327 (зарегистрировано в Минюсте России 30 ноября 2015 г., регистрационный номер 39906).

Образовательный стандарт Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ (утв. приказом ректора Академии от 18 августа 2016 г. № 01-4567).

6.5. Интернет-ресурсы

Система «Гарант», правовые базы российского законодательства. Режим доступа: www.garant.ru

Общероссийская сеть распространения правовой информации («Консультант плюс»). Режим доступа: www.consultant.ru

Конституции зарубежных стран Режим доступа: <http://worldconstitutions.ru>

Национальная электронная библиотека. Режим доступа: <http://www.rusneb.ru>

Электронный фонд Российской национальной библиотеки (РНБ). Режим доступа: <http://leb.nlr.ru>

Электронная библиотека Российской государственной библиотеки (РГБ). Режим доступа: <http://elibrary.rsl.ru/>

Научная электронная библиотека ГПНТБ (каталог Государственной Публичной научно-технической библиотеки) России. Режим доступа: <http://ellib.gpntb.ru/>

Каталог Научной Библиотеки МГУ. Режим доступа: <http://search.nbmggu.ru/search/>

Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU. Режим доступа: <http://www.elibrary.ru/>

<http://www.i-exam.ru/> Единый портал интернет-тестирования в сфере образования

<http://www.fxyz.ru> Линейная алгебра онлайн

Энциклопедия экономиста <http://www.grandars.ru/>

Банк задач.ru <http://bankzadach.ru/>

Венгерский метод - <http://iasa.org.ua/lections/iso/3/3.3.htm>

Задачи сетевого планирования и управления - <http://iasa.org.ua/lections/iso/1/1.2.htm>

Математика. Интерактивный обучающий курс - <http://math.immf.ru/>

Google Directory – Math (directory.google.com/Top/Science/Math). Каталог математических ресурсов, упорядоченных по типу и тематике. Содержит ссылки на более чем 12000 веб-сайтов.

<http://ecsocman.hse.ru/net/16000049/> – Федеральный образовательный портал ЭСМ (экономика, социология, менеджмент).

<http://www.nlr.ru/> – Российская национальная библиотека

<https://нэб.пф/> – Национальная электронная библиотека

<http://www.rsl.ru/> – Российская государственная библиотека

<http://econom.nsc.ru/jep/> – Виртуальная экономическая библиотека

<http://www.searchengines.ru/> – Библиотека поисковых систем

6.6. Иные источники

Болтянский, В.Г. Математические методы оптимального управления [Текст] / В.Г. Болтянский. – М.: Главная редакция физико-математической литературы издательства "Наука", 2016. – 308 с.

- Васин, А.А. Исследование операций [Текст] / А.А. Васин, П.С. Краснощеков, В.В. Морозов. – М.: Академия, 2008. – 464 с.
- Вентцель, Е.С. Исследование операций [Текст] / Е.С. Вентцель. – М.: Высшая школа, 2007. – 208 с.
- Есипов Б.А. Методы исследования операций [Текст] / Б.А. Есипов. – М.: Лань, 2010. – 256 с.
- Исследование операций в экономике [Текст] – М.: Юрайт, 2013. – 448 с.
- Катулев, А.Н. Исследование операций. Принципы принятия решений и обеспечение безопасности [Текст] / А.Н. Катулев, Н.А. Северцев. – М.: Физико-математическая литература, 2000. – 320 с.
- Морозов, В.В. В. Исследование операций в задачах и упражнениях [Текст] / В.В. Морозов, А.Г. Сухарев, В.В. Федоров. – М.: Высшая школа, 1986. – 287 с.
- Невежин, В.П. Исследование операций и принятие решений в экономике [Текст] / В.П. Невежин, С.И. Кружилов, Ю.В. Невежин. – М.: Форум, 2012. – 400 с.
- Протасов, И.Д. Теория игр и исследование операций. [Текст] / И.Д. Протасов. – М.: Гелиос АРВ, 2006. – 368 с.
- Гончарено, В.И. Методы оптимальных решений в экономике и финансах [Текст] / В.И. Гончарено. – М.: КноРус, 2013. – 400 с.
- Горелик, В. Исследование операций и методы оптимизации [Текст]: учебное пособие / Горелик В. – М.: Академия, 2013. – 272 с.
- Кремер, Н.Ш. Исследование операций в экономике [Текст]: учебное пособие / Н.Ш. Кремер. – М.: Юрайт, 2013. – 448 с.
- Невежин, В. Исследование операций и принятие решений в экономике [Текст] / В. Невежин, С. Кружилов, Ю. Невежин. – М.: Форум, 2012. – 400 с.
- Волгина, О.В. Математическое моделирование экономических процессов и систем [Текст] / О.В. Волгина, Н.М. Голодная. – М.: Кнорус, 2012. – 378 с.
- Горлач, Б. Исследование операций [Текст] / Б. Горлач. – М.: Лань, 2013. – 448 с.
- Есипов, Б.А. Исследование операций [Текст]: учебник / Б.А. Есипов. – М.: Лань, 2010. – 256 с.
- Хемди, А. Таха. Введение в исследование операций / Хемди, А. Таха. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. – 912 с.

7. Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы

Для проведения занятий по дисциплине необходимо следующее материально-техническое обеспечение: учебные аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, помещения для самостоятельной работы.

Программное обеспечение: Microsoft Windows 10 LTSB 1607; Microsoft Office Professional 2016.

Информационные справочные системы: Научная библиотека РАНХиГС. URL: <http://lib.ranepa.ru/>; Научная электронная библиотека eLibrary.ru. URL: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>; Национальная электронная библиотека. URL: www.nns.ru; Российская государственная библиотека. URL: www.rsl.ru; Российская национальная библиотека. URL: www.nnir.ru; Электронная библиотека Grebennikon. URL: <http://grebennikon.ru/>; Электронно-библиотечная система Издательства «Лань». URL: <http://e.lanbook.com>; Электронно-библиотечная система ЮРАЙТ. URL: <http://www.biblio-online.ru/>.

Базы данных:

Bloomberg: <http://www.bloomberg.com/>

Компания "Emerging Markets Information Service" EMIS: <http://www.securities.com>

Информационный ресурс по мировой экономике компании International Monetary Fund (IMF) / Международного Валютного Фонда: <http://www.elibrary.imf.org>

Электронный ресурс Cbonds.ru: <http://cbonds.ru/>

Система профессионального анализа рынков и компаний «Спарк»: <http://www.spark-interfax.ru/>