

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Андрей Драгомирович Хлутков  
Должность: директор  
Дата подписания: 18.05.2026 16:44:53  
Уникальный программный ключ:  
880f7c07c583b07b775f6604a630281b13ca9fd2

Приложение 4  
к образовательной программе

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### Б1.В.12 Исследование операций

(индекс, наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)

### 38.03.05 Бизнес-информатика

(код, наименование направления подготовки)

### Бизнес-аналитика

(наименование образовательной программы)

### очная форма обучения

(форма обучения)

Год набора – 2026

Санкт-Петербург

**Автор-составитель РПД:**

*Смирнова Елена Юрьевна, к.э.н., доцент,  
доцент кафедры бизнес-информатики СЗИУ РАНХиГС*

**Заведующий кафедрой:**

*Наумов Владимир Николаевич, доктор военных наук,  
профессор кафедры бизнес-информатики СЗИУ РАНХиГС*

Рабочая программа дисциплины Б1.В.12 «Исследование операций»  
одобрена на заседании кафедры бизнес-информатики  
Северо-Западного института управления (Санкт-Петербург)

протокол № 6 от «26» марта 2026 года

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы
2. Объем и место дисциплины в структуре образовательной программы
3. Содержание и структура дисциплины
4. Типы оценочных материалов, показатели и критерии их оценивания
5. Формы аттестации, типовые оценочные материалы для текущего контроля успеваемости обучающихся, критерии и шкалы оценивания по контрольным точкам
6. Формы промежуточной аттестации, критерии и шкала оценивания, типовые оценочные материалы по дисциплине
7. Методические материалы по освоению дисциплины
8. Учебная литература и ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»
9. Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы

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

Дисциплина Б1.В.12 «Исследование операций» обеспечивает формирование у обучающихся следующих универсальных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций\*:

<b>ОТФ/ТФ и реквизиты ПС</b> <i>(при наличии)**</i>	<b>Код компетенции **</b>	<b>Наименование Компетенции **</b>	<b>Код индикатора достижения компетенций **</b>	<b>Наименование индикатора достижения компетенций **</b>	<b>Образовательный результат **</b>
D/02.6 Анализ, обоснование и выбор решения  08.037 Бизнес-аналитик, утв. приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 22.11.2023г. № 821н	ПКС -3	Способен обосновывать решения на основе оценки и анализа целевых показателей, построения и применения алгоритмических моделей	ПКС -3.1	Применяет системный подход, методы теории принятия решений, методы оптимизации при обосновании решения	ПКС-3.2. 3-1. <b>Знает</b> теория систем  ПКС -3.1. У-4. <b>Умеет</b> оформлять результаты бизнес-анализа в соответствии с выбранными подходами  ПКС-3.1. У-5. <b>Умеет</b> определять связи и зависимости между элементами информации для бизнес-анализа  ПКС-3.1. У-11. <b>Умеет</b> пользоваться системами анализа и визуализации данных

\* Дисциплина может формировать компетенцию полностью или частично.

\*\* Должно соответствовать Приложению 1 к образовательной программе

## **2. Объем и место дисциплины в структуре образовательной программы**

Общий объем дисциплины: 3,00 з.е., 108 ак.час

Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий: 28 ак. час на контактную работу с преподавателем, из них 12 ак.часов на лекции и 16 ак.часов на практические занятия; 35 ак. часов на самостоятельную работу обучающихся.

Б1.В.12 Исследование операций реализуется во 3-м семестре 2-го курса. Преподавание дисциплины «Исследование операций» опирается на дисциплины 1-го курса «Высшая математика», «Математический анализ», «Линейная алгебра и аналитическая геометрия».

### 3. Содержание и структура дисциплины

#### 3.1. Структура дисциплины

*Очная форма обучения*

№ п/п	Наименование тем и (или) разделов	Объем дисциплины, ак.час											Форма текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации	
		Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий								Самостоятельная работа				
		Период теоретического обучения						Период промежуточной аттестации (сессия)						
		Занятия лекционного типа		Занятия семинарского типа		ИК	КСР	КЗ	Кат тэк	К о н т р о л ь	СРкр	СРэк		СР
		Л	ВЛ	ЛР	ПЗ									
ВСЕГО														
Тема 1	Основы математического программирования	24	4	0	0	6	0	0	0		0	0	14	Контрольная работа, Тестирование
Тема 2	Теория двойственности	25	4	0	0	6	0	0	0		0	0	15	Контрольная работа, Тестирование
Тема 3	Задачи дискретной оптимизации	25	4	0	0	6	0	0	0		0	0	15	Контрольная работа,

														Тестирование
Тема 4	Динамическое программирование	25	4	0	0	6	0	0	0		0	0	15	Контрольная работа, Тестирование
Промежуточная аттестация		9								9				Зачет с оценкой
<b>Итого</b>		<b>108</b>	<b>16</b>			<b>24</b>				<b>9</b>			<b>59</b>	

*Используемые сокращения:*

Л – лекции - занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации обучающимся педагогическими работниками организации и (или) лицами, привлекаемыми организацией к реализации образовательных программ на иных условиях,).

ВЛ – видео лекции.

ЛР – лабораторные работы.

ПЗ – практические занятия (за исключением лабораторных работ).

ИК – индивидуальные консультации.

КСР – контроль самостоятельной работы

КЗ – консультации перед зачетом

Каттэк – контактная работа на аттестацию в период экзаменационных сессий

Контроль - контактная работа на аттестацию в период экзаменационных сессий для заочной формы обучения

СРкр – самостоятельная работа на подготовку курсовой работы/ курсового проекта.

СРэк – самостоятельная работа на подготовку к экзамену.

СР – самостоятельная работа в семестре на подготовку к учебным занятиям.

## 3.2. Содержание дисциплины

### **Тема 1. Основы математического программирования**

ПКС-3.1 З-1, ПКС-3.1. У-4, ПКС-3.1. У-5, ПКС-3.1. У-11.

#### Теоретическая часть

Основные понятия теории локальной оптимизации (с ограничениями). Допустимое множество. Локальный экстремум функции. Оптимальный план. Постановка экономико-математической модели в форме задачи линейного программирования.

#### Практическая часть

Графический метод решения двумерной задачи линейного программирования. Симплекс-метод. Использование Solver (Поиск решения) в MS Excel. Примеры задач оптимизации в экономических приложениях.

### **Тема 2. Теория двойственности**

ПКС-3.1 З-1, ПКС-3.1. У-4, ПКС-3.1. У-5, ПКС-3.1. У-11.

#### Теоретическая часть

Теоремы двойственности. Свойства двойственных задач линейного программирования. Экономический смысл двойственных оценок (теневые цены). Анализ устойчивости оптимального решения.

#### Практическая часть

Транспортная задача в матричной постановке. Методы нахождения опорного допустимого плана. Метод потенциалов. Задача о назначениях.

### **Тема 3. Задачи дискретной оптимизации**

ПКС-3.1 З-1, ПКС-3.1. У-4, ПКС-3.1. У-5, ПКС-3.1. У-11.

#### Теоретическая часть

Задача целочисленного программирования. Постановка задачи и экономическая интерпретация. Метод Гомори. Методы ветвей и границ.

#### Практическая часть

Задача коммивояжера (китайского почтальона). Задача поиска кратчайшего пути в графе. Задачи о рюкзаке (целочисленная и бинарная).

### **Тема 4. Динамическое программирование**

ПКС-3.1 З-1, ПКС-3.1. У-4, ПКС-3.1. У-5, ПКС-3.1. У-11.

#### Теоретическая часть

Последовательная оптимизация сепарабельных функций. Принцип оптимальности и уравнение Беллмана. Подходы к оптимизации «снизу вверх» (индукция). Подходы к оптимизации «сверху вниз» (рекурсия).

#### Практическая часть

Решение задачи о критическом пути в графе. Решение задачи о многомерном рюкзаке (распределение инвестиций). Решение задачи о замене оборудования.

#### **4. Типы оценочных материалов, показатели и критерии оценивания**

1.1. Оценочные материалы по дисциплине Б1.В.12 «Исследование операций» входят в состав оценочных материалов по образовательной программе. Совокупность оценочных материалов по всем дисциплинам (модулям) образовательной программы составляет фонд оценочных средств (далее – ФОС). ФОС используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся с целью оценивания достижения обучающимися планируемых результатов обучения.

4.2. ФОС разработан как комплекс проверочных заданий различного типа и уровня сложности, включает критерии и шкалы оценивания, а также «ключи» правильных ответов. ФОС формируется как отдельный документ и хранится в электронном виде, доступ к ФОС предоставлен ограниченному кругу лиц.

4.3. Для самостоятельной работы обучающихся при подготовке к текущему контролю успеваемости и промежуточной аттестации в рабочих программах дисциплин размещены типовые проверочные задания, которые можно условно разделить на задания закрытого, комбинированного и открытого типов.

Задания закрытого типа — это тестовые задания, в которых каждый вопрос сопровождается готовыми вариантами ответов, из которых необходимо выбрать один или несколько правильных.

Задания комбинированного типа – это тестовые задания, в которых каждый вопрос сопровождается готовыми вариантами ответов, из которых необходимо выбрать один или несколько правильных и обосновать свой выбор.

Задания открытого типа — это задания, в которых на каждый вопрос должен быть предложен развернутый обоснованный ответ.

#### 4.4. Типы заданий, сценарии выполнения, критерии оценивания

ТИП ЗАДАНИЯ	ИНСТРУКЦИЯ	СЦЕНАРИИ ВЫПОЛНЕНИЯ	КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ
Задание закрытого типа с выбором одного правильного ответа из нескольких вариантов предложенных	Прочитайте текст, выберите правильный ответ	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается только один из предложенных вариантов.</li> <li>2. Внимательно прочитать предложенные варианты ответа.</li> <li>3. Выбрать один верный ответ.</li> <li>4. Записать только номер (или букву) выбранного варианта ответа (например, 3 или В).</li> </ol>	Ответ считается верным, если правильно указана цифра или буква
Задание закрытого типа на установление соответствия	Прочитайте текст и установите соответствие	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидаются пары элементов.</li> <li>2. Внимательно прочитать оба списка: список 1 – вопросы, утверждения, факты, понятия и т.д.; список 2 – утверждения, свойства объектов и т.д.</li> <li>3. Сопоставить элементы списка 1 с элементами списка 2, сформировать пары элементов.</li> <li>4. Записать попарно буквы и цифры (в зависимости от задания) вариантов ответа (например, А1 или Б4).</li> </ol>	Ответ считается верным, если правильно указаны цифры или буквы
Задание закрытого типа с выбором нескольких правильных ответов из нескольких вариантов	Прочитайте текст, выберите правильные ответы	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается несколько правильных ответов из предложенных вариантов.</li> </ol>	Ответ считается верным, если правильно установлены все соответствия (позиции из

ТИП ЗАДАНИЯ	ИНСТРУКЦИЯ	СЦЕНАРИИ ВЫПОЛНЕНИЯ	КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ
предложенных		<ol style="list-style-type: none"> <li>2. Внимательно прочитать предложенные вариант-ты ответа.</li> <li>3. Выбрать несколько правильных ответов.</li> <li>4. Записать только номера (или буквы) выбранного варианта ответа (например, 1 4 или А Г).</li> </ol>	одного столбца верно сопоставлены с позициями другого)
Задание закрытого типа на установление последовательности	Прочитайте текст и установите последовательность	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается последовательность элементов.</li> <li>2. Внимательно прочитать предложенные варианты ответа.</li> <li>3. Построить верную последовательность из предложенных элементов.</li> <li>4. Записать буквы/цифры (в зависимости от задания) вариантов ответа в нужной последовательности (например, БВА или 135).</li> </ol>	Ответ считается верным, если правильно указана вся последовательность цифр
Задание комбинированного типа с выбором одного правильного ответа из предложенных и обоснованием выбора	Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается только один из предложенных вариантов.</li> <li>2. Внимательно прочитать предложенные варианты ответа.</li> <li>3. Выбрать один верный ответ.</li> <li>4. Записать только номер (или букву) выбранного варианта ответа.</li> <li>5. Записать аргументы, обосновывающие выбор ответа (например, текст обоснования).</li> </ol>	Ответ считается верным, если правильно указана цифра или буква и приведены корректные аргументы, используемые при выборе ответа

ТИП ЗАДАНИЯ	ИНСТРУКЦИЯ	СЦЕНАРИИ ВЫПОЛНЕНИЯ	КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ
Задание открытого типа с развернутым ответом	Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Внимательно прочитать текст задания и понять суть вопроса.</li> <li>2. Продумать логику и полноту ответа.</li> <li>3. Записать ответ, используя четкие компактные формулировки.</li> <li>4. В случае расчетной задачи, записать решение и ответ</li> </ol>	<p>Ответ считается верным:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Отсутствие фактических ошибок.</li> <li>2. Раскрытие объема используемых понятий (полнота ответа).</li> <li>3. Обоснованность ответа (наличие аргументов).</li> <li>4. Логическая последовательность излагаемого материала.</li> </ol>

4.5. Общая шкала оценивания результатов текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся с применением БРС

Итоговая балльная оценка	Традиционная система	Бинарная система	ECTS	
			Для традиционной системы	Для бинарной системы
95-100	Отлично	Зачтено	A	P/ Passed
85-94			B	P/ Passed
75-84	Хорошо		C	P/ Passed
65-74			D	P/ Passed
55-64	Удовлетворительно		E	P/ Passed
0-54	Неудовлетворительно		Не зачтено	F

Соотношение баллов за текущий контроль успеваемости и промежуточную аттестацию, а также повторную промежуточную аттестацию:

Максимальная сумма баллов за текущий контроль успеваемости	Максимальная сумма баллов за промежуточную аттестацию	Максимальная итоговая балльная оценка	Максимальная сумма баллов за повторную промежуточную аттестацию
60 баллов	40 баллов	100 баллов	100 баллов

## 5. Формы аттестации, типовые оценочные материалы для текущего контроля успеваемости обучающихся, критерии и шкалы оценивания по контрольным точкам

5.1. В ходе реализации дисциплины используются следующие формы текущего контроля успеваемости обучающихся (в том числе, задания к контрольным точкам): контрольная работа

5.2. Типовые оценочные материалы для текущего контроля успеваемости обучающихся (вне контрольных точек):

### Тема 1. Основы математического программирования ПКС-3.1 З-1, ПКС-3.1. У-4, ПКС-3.1. У-5, ПКС-3.1. У-11.

#### Контрольная работа:

Найти максимум заданной линейной функции при системе линейных ограничений. Решить задачу графическим методом и проверить результат Поиском решения в электронных таблицах MS Excel.

Целевая функция $F$	Ограничения
$F = 2x_1 + 3x_2$	$\begin{cases} x_1 + 3x_2 \leq 9 \\ x_1 + x_2 \leq 7 \\ x_1 \geq 0 \\ x_2 \geq 0 \end{cases}$

1. Необходимо составить самый дешевый рацион питания цыплят, содержащий необходимое количество питательных веществ: тиамин Т и ниацин Н. Пищевая ценность рациона (в калориях) должна быть не менее заданной. Смесь для цыплят изготавливается из двух продуктов – К и С. Известно содержание тиамина и ниацина в этих продуктах, а также питательная ценность К и С. Сколько К и С надо взять для одной порции куриного корма, чтобы цыплята получили необходимую им дозу веществ Н и Т и калорий (или больше), а стоимость порции была минимальна? Исходные данные для расчетов приведены в таблице. Решить задачу графически и симплекс-методом.

	Содержание в 1 унции К	Содержание в 1 унции С	Потребность
Вещество Т, мг	0,1	0,25	1,00
Вещество Н, мг	1,00	0,25	5,00
Калории	110,0	120,00	4000
Стоимость 1 унции	3,8	4,2	

### Тема 2. Теория двойственности

ПКС-3.1 З-1, ПКС-3.1. У-4, ПКС-3.1. У-5, ПКС-3.1. У-11.

#### Контрольная работа:

1. На швейной фабрике для изготовления четырех видов изделий может быть использована ткань трех артикулов. Нормы расхода тканей всех артикулов на пошив одного изделия, имеющегося в распоряжении фабрики общее количество тканей каждого артикула и цена одного изделия данного вида приведены ниже. Требуется определить, сколько изделий каждого вида должна произвести фабрика, чтобы стоимость изготовленной продукции была максимальной. Формализуйте задачу линейного программирования и найдите решение симплекс-методом. Постройте к ней двойственную задачу и найдите теневые цены трех производственных ресурсов.

Артикул ткани	Норма расхода ткани, м, на одно изделие вида				Общее количество ткани, м
	1	2	3	4	
I	1	-	2	1	180
II	-	1	3	2	210
III	4	2	-	4	800
Цена одного изделия, р.)	9	6	4	7	

2. Три плодовых хозяйства поставляют апельсины в ящиках четырем оптовым покупателям. Ежедневная потребность этих покупателей составляет 150, 150, 400 и 100 ящиков соответственно. Предположим, что все три плодовых хозяйства используют только постоянную рабочую силу и могут ежедневно поставлять 150, 200 и 250 ящиков апельсинов

соответственно. Транспортные расходы (в усл. ден. ед.) на один ящик апельсинов приведены ниже в таблице. Необходимо найти объемы перевозок для каждой пары «плодовое хозяйство – оптовый покупатель» так, чтобы суммарные транспортные расходы на перевозку были минимальны. Решите задачу как транспортную методом потенциалов.

Плодовые хозяйства	Оптовые покупатели			
	1	2	3	4
I	4	2	3	2
II	2	4	1	5
III	1	3	5	3

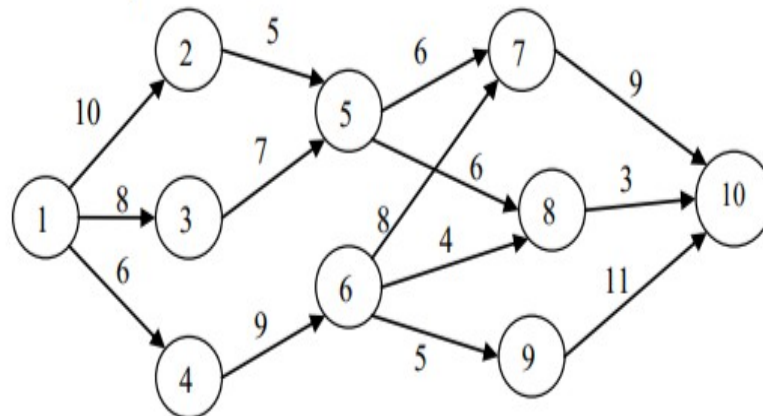
**Тема 3. Задачи дискретной оптимизации**  
 ПКС-3.1 З-1, ПКС-3.1. У-4, ПКС-3.1. У-5, ПКС-3.1. У-11.

Контрольная работа:

1. Решить задачу о рюкзаке, выбрав его оптимальную загрузку предметами по критерию максимума стоимости  
 Емкость рюкзака  $W = 5$ .

Предмет	Вес	Стоимость
1	2	12
2	1	10
3	3	20
4	2	15

2. Найти длину минимального пути в ориентированном графе.  
 Пусть сеть состоит из 10 узлов (будем называть их также городами), соединенными магистралями согласно схеме:



Стоимость проезда из пункта  $i$  в пункт  $j$  равна  $t_{ij}$  и элементы этой матрицы занесены в схему.

**Тема 4. Динамическое программирование**  
 ПКС-3.1 З-1, ПКС-3.1. У-4, ПКС-3.1. У-5, ПКС-3.1. У-11.

Контрольная работа:

1. Решить задачу методом последовательной оптимизации.

Найдите оптимальный план замены оборудования на 6-летний период, если известны производительность оборудования  $r(t)$  и остаточная стоимость оборудования  $S(t)$  в зависимости от возраста, стоимость нового оборудования  $P$  (заданы в таблицах). Возраст оборудования к началу эксплуатации равен 1 году.

*Вариант 1*

$t$	0	1	2	3	4	5	6	$P$
$r(t)$	11	10	9	9	8	8	7	11
$S(t)$	11	8	5	4	3	2	1	-

2. Между четырьмя предприятиями необходимо распределить 100 усл.ед.денежных средств на развитие производства. В таблице даны сведения об ожидаемом приросте выпуска продукции на каждом предприятии в зависимости от объема вложений ( $X$ ). Составить оптимальный план распределения инвестиций, максимизирующий общий прирост выпуска продукции.

$X$	$g_1$	$g_2$	$g_3$	$g_4$
0	0	0	0	0
20	16	14	15	15
40	30	32	36	25
60	49	50	45	22
80	51	48	57	36
100	72	60	70	51

5.3. Один или несколько тематических блоков дисциплины завершаются контрольной точкой (далее – КТ). Текущий контроль успеваемости по дисциплине предусматривает не менее 2 (двух) и не более 10 (десяти) КТ в течение периода освоения дисциплины. Максимальное количество баллов за любой тип работ в рамках КТ составляет 100 (сто) баллов.

Распределение весовых коэффициентов по КТ в рамках текущего контроля успеваемости по дисциплине и формулы расчета:

Наименование контрольной точки	Максимальное количество баллов за работу в рамках КТ, которое может набрать студент	Коэффициент веса контрольной точки	Результат контрольной точки, участвующий в формировании итоговой балльной оценки по дисциплине (отражается в журнале БРС в СДО)
КТ 1	100	0,15	150
КТ 2	100	0,15	150
КТ 3	100	0,15	150
КТ 4	100	0,15	150
Итого:	x	0,6	60

Формула расчета результата контрольной точки:

Результат контрольной точки = Количество баллов за работу в рамках КТ x Коэффициент веса контрольной точки.

5.4. Формы текущего контроля успеваемости обучающихся в рамках КТ и типовые оценочные материалы:

**КТ-1**

**Тема 1. Контрольная работа.**

**КТ-2**

**Тема 2. Контрольная работа.**

**КТ-3**

**Тема 3. Контрольная работа.**

**КТ-4**

**Тема 4. Контрольная работа.**

Для каждой формы текущего контроля успеваемости обучающихся в рамках КТ определены критерии оценивания результатов выполнения задания.

Критерии оценки	Диапазон баллов	Описание критерия
Верная постановка экономико-математической модели	0-35	Выбор правильной системы ограничений для допустимой области и вида целевой функции задачи
Корректная реализация табличной модели	0-40	Построение табличной модели расчетных формул, отражающих зависимости ограничений допустимой области и целевой функции задачи от

Критерии оценки	Диапазон баллов	Описание критерия
		влияющих переменных (плана).
Правильный формат использования надстройки Поиск решения (Solver) для решения задачи оптимизации	0-25	Понимание интерфейса надстройки и правильный выбор направления оптимизации и метода решения. Знание состава информации в отчетах о результатах решения и анализе устойчивости оптимального плана, пределах изменения условий.
Итого максимально:	100	

5.5. Описание дополнительных материалов и оборудования, необходимых для выполнения проверочных заданий (*при необходимости*).

Для выполнения практических и контрольных заданий студенту необходимо использование программ типа электронные таблицы, имеющих надстройку Solver (MS Excel или облачные Google Sheets).

## **6. Формы промежуточной аттестации, критерии и шкала оценивания, типовые оценочные материалы по дисциплине**

6.1. Промежуточная аттестация проводится в форме зачета с оценкой.

Зачет проводится в формате тестирования знаний с использованием заданий открытого типа. Требуется составить и/или решить экстремальную задачу с ограничениями, получив оптимальный план и значение целевой функции. Расчеты выполняются с использованием специализированного программного обеспечения, реализующего алгоритмы принятия оптимальных решений на основе теории исследования операций.

6.2. Типовые оценочные материалы промежуточной аттестации.

### Вопросы для подготовки к зачету

1. Этапы постановки задачи исследования операций.
2. Постановка задачи оптимального планирования производства.
3. Свойства задачи линейного программирования.
4. Графический метод решения задачи линейного программирования.
5. Симплекс-метод решения задачи линейного программирования.
6. Двойственность в линейном программировании.
7. Построение двойственной задачи линейного программирования.
8. Экономическая интерпретация двойственных оценок ресурсных

- ограничений.
9. Анализ чувствительности решения задачи оптимизации.
  10. Транспортная задача в матричной постановке и ее свойства.
  11. Методы построения допустимого начального плана в транспортной задаче.
  12. Метод потенциалов для решения транспортной задачи.
  13. Задача о назначениях и ее модификации.
  14. Задача коммивояжера и методы ее решения.
  15. Задача поиска критического пути в графе.
  16. Целочисленная задача о рюкзаке и методы ее решения.
  17. Задача о рюкзаке с бинарными переменными, свойства.
  18. Динамическое программирование, оптимальность по Беллману.
  19. Последовательная оптимизация в задаче выбора момента замены оборудования.
  20. Последовательная оптимизация в задаче распределения инвестиций.

#### Типовые задания для зачета

1. Найти максимум заданной линейной функции при системе линейных ограничений. Решить задачу графическим методом и проверить результат Поиском решения в электронных таблицах MS Excel.

$$\begin{aligned}F(X) &= 3,45x_1 + 4,8x_2 \rightarrow \max, \\x_1 + 2x_2 &\leq 4, \\-2x_1 - 2x_2 &\leq 2, \\2x_1 + 4x_2 &\geq 8, \\x_1 + 2x_2 &\leq 6, \\4x_1 - 2x_2 &\leq 4, \\x_1, x_2 &\geq 0.\end{aligned}$$

2. Составить двойственную задачу линейного программирования и решить ее симплекс-методом. Проверить результат графическим методом.

Фирма производит три вида красок: только для внутренних (В), только для наружных (Н) работ и стандартную (С) как для внешних, так и для внутренних работ. Для изготовления красок используют исходные продукты: пигмент и олифу. Расходы исходных продуктов и максимальные суточные запасы приведены в таблице.

Исходный продукт	Расход исходных продуктов на 1 т краски			Суточный запас, т
	Краска Н	Краска В	Краска С	
Пигмент	3,4	2,6	1,2	12
Олифа	2,5	1,4	4,7	8

Изучение рынка сбыта показало, что суточный спрос на краску для внутренних работ никогда не превышает 4 т в сутки. Цена продажи 1 т краски для наружных работ – 30,6 ден. ед., для внутренних работ – 40,4 ден. ед., а стандартной – 35,1 ден. ед.

Какое количество краски каждого вида должна производить фирма, чтобы доход от реализации продукции был максимальным?

### 3. Решить транспортную задачу методом потенциалов

Имеются четыре поставщика и шесть потребителей. Мощность поставщиков, спросы потребителей, затраты на перевозку единицы груза для каждой пары «поставщик – потребитель» сведены в таблицу поставок.

Поставщики	Мощность поставщиков	Потребители и их спрос					
		1	2	3	4	5	6
		10	35	15	25	55	10
I	30	5	6	1	5	4	9
II	5	7	5	8	6	3	4
III	45	6	4	9	3	2	5
IV	50	3	1	7	4	10	3

Необходимо найти объемы перевозок для каждой пары «поставщик – потребитель» так, чтобы мощности всех поставщиков были реализованы; спросы всех потребителей были удовлетворены; суммарные затраты на перевозку были минимальными.

### 4. Решить задачу о назначениях

В некоторой фирме появились вакантные должности: менеджера, программиста, бизнес-аналитика, маркетолога и руководителя проектов. В качестве кандидатов на эти должности рассматриваются сотрудники этой же фирмы: Андреев, Ильин, Смирнов, Котов и Дмитриев. Затраты на замещение должностей кандидатами (в тыс. руб.), связанные с необходимостью их предварительного обучения и стажировки, заданы в таблице.

Кандидаты	Должности				
	Менеджер	Программист	Бизнес-аналитик	Маркетолог	Руководитель проекта
Андреев	5	10	9	14	6
Ильин	13	15	11	19	17
Смирнов	7	14	12	8	10
Котов	8	11	6	7	9
Дмитриев	6	17	10	9	16

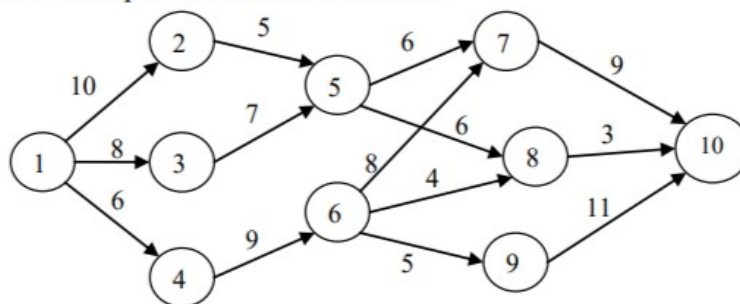
Требуется распределить всех кандидатов по работам так, чтобы общие затраты на замещение должностей кандидатами были минимальными.

5. Имеются четыре предприятия, между которыми необходимо распределить 100 тыс. усл. ед. средств. Значения прироста выпуска продукции на предприятиях в зависимости от выделенных средств  $X$  представлены в таблице. Составить оптимальный план распределения средств, позволяющий максимизировать общий прирост выпуска продукции.

$X$	$g_1$	$g_2$	$g_3$	$g_4$
0	0	0	0	0
20	10	12	14	19
40	14	37	48	45
60	34	27	37	38
80	42	40	48	48
100	66	56	64	77

6. Найти минимальный маршрут в транспортной сети

Пусть сеть состоит из 10 узлов (будем называть их также городами), соединенными магистралями согласно схеме:



Стоимость проезда из пункта  $i$  в пункт  $j$  равна  $t_{ij}$  и элементы этой матрицы занесены в схему.

Требуется найти оптимальный маршрут из 1-го пункта в 10-й.

Типовые проверочные задания для самоподготовки обучающегося к промежуточной аттестации:

ТИП ЗАДАНИЯ	СЦЕНАРИИ ВЫПОЛНЕНИЯ	ТИПОВЫЕ ЗАДАНИЯ
Задание закрытого типа с выбором одного правильного ответа из нескольких вариантов предложенных	<ol style="list-style-type: none"> <li>Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается только один из предложенных вариантов.</li> <li>Внимательно прочитать предложенные варианты ответа.</li> <li>Выбрать верный вариант</li> </ol>	<p><i>Задание 1.</i></p> <p>Фирма производит две модели А и В сборных книжных полок. Их производство ограничено наличием сырья (досок) и временем машинной обработки. Для каждого изделия модели А требуется 3 кв.м досок, а для модели В – 4 кв.м. Фирма может получить от поставщиков до 1700 кв.м досок в неделю. Для обработки каждого изделия модели А требуется 12 мин машинного времени, а для В - 30 мин.</p> <p>В неделю можно использовать 160 часов машинного времени. Сколько изделий каждой модели следует выпускать в неделю, если</p>

ТИП ЗАДАНИЯ	СЦЕНАРИИ ВЫПОЛНЕНИЯ	ТИПОВЫЕ ЗАДАНИЯ																								
	<p>ответа на задание. 4. Записать только номер (или букву) выбранного варианта ответа (например, 3 или В).</p>	<p>каждое изделие модели А приносит 2 ед. прибыли, а каждое изделие В - 4 ед.? а) 250 шт. модели А и 250 шт. модели В б) 300 шт. модели А и 250 шт. модели В в) 300 шт. модели А и 200 шт. модели В</p> <p><i>Задание 2.</i> Хозяйство доставляет молоко с трех ферм, производящих его в сутки в таком объеме: Ферма 1 – 36860 л; Ферма 2 – 55300 л; Ферма 3 – 31800 л. Спрос на молоко со стороны перерабатывающих его заводов: Завод 1 – 25600 л, Завод 2 – 28900 л, Завод 3 – 25600 л, Завод 4 – 21100 л, Завод 5 – 22000 л. Стоимость доставки 1 л молока от каждой фермы на все молокозаводы, приведена в таблице. Чему равна минимально возможная стоимость доставки молока для полного удовлетворения спроса производителей?</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Завод 1</th> <th>Завод 2</th> <th>Завод 3</th> <th>Завод 4</th> <th>Завод 5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ферма 1</td> <td>6</td> <td>4</td> <td>6</td> <td>5</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Ферма 2</td> <td>2</td> <td>8</td> <td>5</td> <td>4</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Ферма 3</td> <td>9</td> <td>2</td> <td>7</td> <td>4</td> <td>3</td> </tr> </tbody> </table> <p>а) 347 200 б) 357 500 в) 375 400 г) 362 150</p>		Завод 1	Завод 2	Завод 3	Завод 4	Завод 5	Ферма 1	6	4	6	5	1	Ферма 2	2	8	5	4	2	Ферма 3	9	2	7	4	3
	Завод 1	Завод 2	Завод 3	Завод 4	Завод 5																					
Ферма 1	6	4	6	5	1																					
Ферма 2	2	8	5	4	2																					
Ферма 3	9	2	7	4	3																					
<p>Задание закрытого типа на установление соответствия</p>	<p>1. Внимательно прочитайте текст задания и понять, что в качестве ответа ожидаются пары элементов. 2. Внимательно прочитайте оба списка: список 1 – вопросы, утверждения, факты, понятия и т.д.; список 2 – утверждения, свойства объектов и т.д. 3. Сопоставьте элементы списка 1 с элементами списка 2,</p>	<p><i>Задание 1.</i> Сопоставьте виды задач с их характеристиками в контексте линейного программирования</p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>А) прямая задача</td> <td>1) Задача, в которой целевая функция оптимизируется при линейных ограничениях</td> </tr> <tr> <td>Б) двойственная задача</td> <td>2) Задача, в которой система ограничений задана неравенствами, а переменные не могут быть меньше нуля</td> </tr> <tr> <td>В) симметричная двойственная задача</td> <td>3) Задача, которая составляется из исходной путем транспонирования матрицы коэффициентов и замены направления оптимизации на противоположное</td> </tr> </tbody> </table> <p><i>Задание 2.</i> Укажите, для чего при решении транспортной</p>	А) прямая задача	1) Задача, в которой целевая функция оптимизируется при линейных ограничениях	Б) двойственная задача	2) Задача, в которой система ограничений задана неравенствами, а переменные не могут быть меньше нуля	В) симметричная двойственная задача	3) Задача, которая составляется из исходной путем транспонирования матрицы коэффициентов и замены направления оптимизации на противоположное																		
А) прямая задача	1) Задача, в которой целевая функция оптимизируется при линейных ограничениях																									
Б) двойственная задача	2) Задача, в которой система ограничений задана неравенствами, а переменные не могут быть меньше нуля																									
В) симметричная двойственная задача	3) Задача, которая составляется из исходной путем транспонирования матрицы коэффициентов и замены направления оптимизации на противоположное																									

ТИП ЗАДАНИЯ	СЦЕНАРИИ ВЫПОЛНЕНИЯ	ТИПОВЫЕ ЗАДАНИЯ																
	сформировать пары элементов. 4. Записать попарно буквы и цифры (в зависимости от задания) вариантов ответа (например, А1 или Б4).	задачи используется каждый метод <table border="1"> <tr> <td>А) минимального элемента</td> <td>1) проверка оптимальности допустимого решения</td> </tr> <tr> <td>Б) северо-западного угла</td> <td>2) поиск допустимого решения с учетом стоимости доставки</td> </tr> <tr> <td>В) потенциалов</td> <td>3) поиск допустимого решения без учета стоимости доставки</td> </tr> </table>	А) минимального элемента	1) проверка оптимальности допустимого решения	Б) северо-западного угла	2) поиск допустимого решения с учетом стоимости доставки	В) потенциалов	3) поиск допустимого решения без учета стоимости доставки										
А) минимального элемента	1) проверка оптимальности допустимого решения																	
Б) северо-западного угла	2) поиск допустимого решения с учетом стоимости доставки																	
В) потенциалов	3) поиск допустимого решения без учета стоимости доставки																	
Задание закрытого типа с выбором нескольких правильных ответов из нескольких вариантов предложенных	1. Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается несколько правильных ответов из предложенных вариантов. 2. Внимательно прочитать предложенные варианты ответа. 3. Выбрать несколько правильных ответов. 4. Записать только номера (или буквы) выбранного варианта ответа (например, 1 4 или А Г).	<p><i>Задание 1.</i> Отметьте возможные причины отсутствия решения для задачи локальной оптимизации</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Допустимое множество в задаче минимизации является пустым</li> <li>2) Целевая функция в задаче максимизации не ограничена сверху</li> <li>3) Допустимое множество в задаче максимизации не является пустым</li> <li>4) Целевая функция в задаче минимизации не ограничена сверху</li> </ol> <p><i>Задание 2.</i> Собственник трех фирм имеет по ним фактические данные мониторинга окупаемости инвестиций. Он планирует распределить между ними 5 млрд руб. (целочисленными лотами, кратными 1 млрд руб.) так, чтобы общая прибыль холдинга оказалась максимально возможной. Отметьте верные свойства решения.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Объем инвестирования млрд руб.</th> <th>Прибыль фирмы 1 млн руб.</th> <th>Прибыль фирмы 2 млн руб.</th> <th>Прибыль фирмы 3 млн руб.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>40</td> <td>46</td> <td>33</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>75</td> <td>61</td> <td>79</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>96</td> <td>88</td> <td>108</td> </tr> </tbody> </table> <p>а) Максимальная прибыль равна 200 млн руб. б) Максимальная прибыль равна 292 млн руб. в) Оптимальный план <math>X=(1;1;3)</math> млрд руб. г) Оптимальный план <math>X=(2;1;2)</math> млрд руб.</p>	Объем инвестирования млрд руб.	Прибыль фирмы 1 млн руб.	Прибыль фирмы 2 млн руб.	Прибыль фирмы 3 млн руб.	1	40	46	33	2	75	61	79	3	96	88	108
Объем инвестирования млрд руб.	Прибыль фирмы 1 млн руб.	Прибыль фирмы 2 млн руб.	Прибыль фирмы 3 млн руб.															
1	40	46	33															
2	75	61	79															
3	96	88	108															
Задание закрытого типа на установление последовательности	1. Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается последовательность элементов. 2. Внимательно	<p><i>Задание 1.</i> Укажите верную последовательность шагов алгоритма метода потенциалов для решения транспортной задачи в матричной постановке</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) проверка системы неравенств для <math>X_{ij}=0</math></li> <li>2) построение цепочки улучшения плана</li> <li>3) выбор вводимой в базис клетки</li> </ol>																

ТИП ЗАДАНИЯ	СЦЕНАРИИ ВЫПОЛНЕНИЯ	ТИПОВЫЕ ЗАДАНИЯ
	<p>прочитать предложенные варианты ответа.</p> <p>3. Построить верную последовательность предложенных элементов.</p> <p>4. Записать буквы/цифры вариантов в нужной последовательности</p>	<p>4) решение системы уравнений для потенциалов</p> <p>5) преобразование плана по цепочке</p> <p><i>Задание 2.</i> Установите последовательность шагов для подключения надстройки "Поиск решения" (Solver) в MS Excel</p> <p>1) Включить <input checked="" type="checkbox"/> <b>Поиск решения</b> в окне <b>Доступные надстройки</b></p> <p>2) Нажать кнопку <b>Перейти</b></p> <p>3) Выбрать команду <b>Надстройки</b>, а затем в поле <b>Управление</b> выбрать пункт <b>Надстройки Excel</b></p> <p>4) Открыть вкладку <b>Файл</b> и выбрать пункт <b>Параметры</b></p>
<p>Задание комбинированного типа с выбором одного правильного ответа из предложенных и обоснованием выбора</p>	<p>1. Внимательно прочитайте текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается только один из вариантов.</p> <p>2. Внимательно прочитайте предложенные варианты ответа.</p> <p>3. Выбрать один верный ответ.</p> <p>4. Записать только номер (или букву) выбранного варианта ответа.</p> <p>5. Записать аргументы, обосновывающие выбор ответа.</p>	<p><i>Задание 1.</i> По какому правилу вычисляются коэффициенты следующей таблицы для перехода к новому базису при решении задачи табличным симплекс-методом?</p> <p>1) треугольника</p> <p>2) трапеции</p> <p>3) прямоугольника</p> <p>4) полинома</p> <p><i>Задание 2.</i> Как называется и из каких компонент состоит вектор частных производных многомерной целевой функции? Как он связан с линией уровня функции?</p> <p>1) гамильтониан</p> <p>2) градиент</p> <p>3) симплекс</p> <p>4) тетраэдр</p>
<p>Задание открытого типа с развернутым ответом</p>	<p>1. Внимательно прочитайте текст задания и понять суть вопроса.</p> <p>2. Продумать логику и полноту ответа.</p>	<p><i>Задание 1.</i> Решите задачу коммивояжера с указанной ниже целевой функцией и определите минимальную длину Гамильтонова цикла. Перечислите вершины графа в порядке оптимального маршрута для китайского почтальона</p>

ТИП ЗАДАНИЯ	СЦЕНАРИИ ВЫПОЛНЕНИЯ	ТИПОВЫЕ ЗАДАНИЯ																																												
	3. Записать ответ, используя четкие формулировки. 4. В случае расчетной задачи, записать решение и ответ	$100x_{11} + 4x_{12} + 10x_{13} + 13x_{14} + 4x_{15} + 8x_{16} +$ $+ 100x_{22} + 2x_{21} + 9x_{23} + 7x_{24} + 6x_{25} + 7x_{26} +$ $+ 100x_{33} + 8x_{31} + 5x_{32} + 5x_{34} + 5x_{35} + 9x_{36} +$ $+ 100x_{44} + 5x_{41} + 8x_{42} + 5x_{43} + 7x_{45} + 10x_{46} +$ $+ 100x_{55} + 6x_{51} + 4x_{52} + 4x_{53} + 9x_{54} + 4x_{56} +$ $+ 100x_{66} + 5x_{61} + x_{62} + 4x_{63} + 8x_{64} + 3x_{65} \rightarrow \min,$ $x \in \Delta_B$ <p>Задание 2. В результате линейной оптимизации получен следующий отчет об устойчивости решения. Как изменится максимальный доход, если придется дополнительно включить в план производства еще 10 единиц второго товара?</p> <p>Ячейки переменных</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Имя</th> <th>Окончательное значение</th> <th>Приведенная стоимость</th> <th>Целевая функция Коэффициент</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ПЛАН Товар 1</td> <td>500</td> <td>0</td> <td>2750</td> </tr> <tr> <td>ПЛАН Товар 2</td> <td>0</td> <td>-230</td> <td>1200</td> </tr> <tr> <td>ПЛАН Товар 3</td> <td>110</td> <td>0</td> <td>2500</td> </tr> <tr> <td>ПЛАН Товар 4</td> <td>0</td> <td>-190</td> <td>1350</td> </tr> </tbody> </table> <p>Ограничения</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Имя</th> <th>Окончательное значение</th> <th>Теневая цена</th> <th>Ограничение Правая сторона</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ресурс 1 РАСХОД</td> <td>2400</td> <td>12</td> <td>2400</td> </tr> <tr> <td>Ресурс 2 РАСХОД</td> <td>7040</td> <td>0</td> <td>8800</td> </tr> <tr> <td>Ресурс 3 РАСХОД</td> <td>6400</td> <td>33</td> <td>6400</td> </tr> <tr> <td>Ресурс 4 РАСХОД</td> <td>5760</td> <td>0</td> <td>7200</td> </tr> <tr> <td>Ресурс 5 РАСХОД</td> <td>5600</td> <td>22</td> <td>5600</td> </tr> </tbody> </table>	Имя	Окончательное значение	Приведенная стоимость	Целевая функция Коэффициент	ПЛАН Товар 1	500	0	2750	ПЛАН Товар 2	0	-230	1200	ПЛАН Товар 3	110	0	2500	ПЛАН Товар 4	0	-190	1350	Имя	Окончательное значение	Теневая цена	Ограничение Правая сторона	Ресурс 1 РАСХОД	2400	12	2400	Ресурс 2 РАСХОД	7040	0	8800	Ресурс 3 РАСХОД	6400	33	6400	Ресурс 4 РАСХОД	5760	0	7200	Ресурс 5 РАСХОД	5600	22	5600
Имя	Окончательное значение	Приведенная стоимость	Целевая функция Коэффициент																																											
ПЛАН Товар 1	500	0	2750																																											
ПЛАН Товар 2	0	-230	1200																																											
ПЛАН Товар 3	110	0	2500																																											
ПЛАН Товар 4	0	-190	1350																																											
Имя	Окончательное значение	Теневая цена	Ограничение Правая сторона																																											
Ресурс 1 РАСХОД	2400	12	2400																																											
Ресурс 2 РАСХОД	7040	0	8800																																											
Ресурс 3 РАСХОД	6400	33	6400																																											
Ресурс 4 РАСХОД	5760	0	7200																																											
Ресурс 5 РАСХОД	5600	22	5600																																											

### 6.3. Критерии и шкала оценивания на основе БРС.

*Критерии и балльная шкала определяются преподавателем*

КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ	РЕЗУЛЬТАТ В БАЛЛАХ
<i>Дан полный, в логической последовательности развернутый ответ на поставленный вопрос, где он продемонстрировал знания предмета в полном объеме учебной программы, достаточно глубоко осмысливает дисциплину, самостоятельно, и исчерпывающе отвечает на дополнительные вопросы, приводит собственные примеры по проблематике поставленного вопроса, решил предложенные практические задания без ошибок</i>	40
<i>Дан развернутый ответ на поставленный вопрос, где студент демонстрирует знания, приобретенные на лекционных и семинарских занятиях, а также полученные посредством изучения обязательных учебных материалов по курсу, дает аргументированные ответы, приводит примеры, в ответе присутствует свободное владение</i>	30-39

<i>монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускается неточность в ответе. Решил предложенные практические задания с небольшими неточностями.</i>	
<i>Дан ответ, свидетельствующий в основном о знании процессов изучаемой дисциплины, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы, знанием основных вопросов теории, слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры, недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа и решении практических заданий.</i>	20-29
<i>Дан ответ, который содержит ряд серьезных неточностей, обнаруживающий незнание процессов изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием темы, незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов, неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Выводы поверхностны. Решение практических заданий не выполнено, т.е. студент не способен ответить на вопросы даже при дополнительных наводящих вопросах преподавателя.</i>	0-19

6.4. Описание дополнительных материалов и оборудования, необходимых для выполнения проверочных заданий.

Для выполнения практических и контрольных заданий студенту необходимо использование программ типа электронные таблицы, имеющих надстройку Solver (MS Excel или облачные Google Sheets).

## 7. Методические материалы по освоению дисциплины

Для изучения основных вопросов дисциплины необходимо конспектировать материалы лекций, работать с рекомендованной преподавателем литературой, а также ресурсами информационно-телекоммуникационной сети «Интернет». Для приобретения навыков активного использования знаний полезно обсуждать плановые и возникающие вопросы, а также решаемые задачи на практических занятиях. Чтобы легче и прочнее усвоить материал следует постоянно использовать конкретные примеры, сравнения из уже полученных областей наук.

Практические занятия по формулировке экономико-математической модели и поиску оптимального решения в электронных таблицах на основе информационной модели помогают студентам глубже усвоить учебный материал, провести многовариантные вычислительные эксперименты.

При подготовке к практическим занятиям необходимо проанализировать конспект лекции, ознакомиться с рекомендованной литературой по соответствующей теме, осуществить подготовку по рекомендованным в рабочей программе вопросам для обсуждения темы, выполнить домашнее задание (при необходимости).

Необходимо помнить, что на лекции обычно рассматривается не весь материал, а только его часть. Остальная его часть восполняется в процессе самостоятельной работы. В связи с этим работа с рекомендованной литературой обязательна. Особое внимание при этом необходимо обратить на содержание основных положений и выводов, объяснение явлений и фактов, уяснение практического приложения рассматриваемых теоретических вопросов. В процессе этой работы студент должен стремиться понять и запомнить основные положения рассматриваемого материала, примеры, поясняющие его, а также разобраться в иллюстративном материале. При необходимости следует обращаться за консультацией к преподавателю (в том числе по электронной почте). Планируя консультацию, необходимо хорошо продумать вопросы, которые требуют разъяснения. Заканчивать подготовку следует составлением плана (конспекта) по изучаемому материалу (вопросу). Следует помнить: у студента, систематически ведущего записи, создается свой индивидуальный фонд методических материалов для быстрого повторения изученных вопросов, для мобилизации накопленных знаний. Особенно важны и полезны записи тогда, когда в них находят отражение мысли, возникшие при самостоятельной работе. После изучения базовых тем курса проводится текущий контроль знаний студентов в виде тестирования. Типовые задания по темам дисциплины приведены в специальном разделе данной рабочей программы. Ответы на задания предоставляются на проверку в электронном виде в формате рабочих книг электронных таблиц (MS Excel).

## **8. Учебная литература и ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет**

### *8.1. Основная литература*

1. Исследование операций в экономике / под ред. Н. Ш. Кремера. М.: Издательство Юрайт, 2026. URL: <https://urait.ru/bcode/559655>
2. Орлова И.В. Экономико-математическое моделирование: практическое пособие по решению задач. - М.: Вузовский учебник: ИНФРА-М, 2023. URL: <https://znanium.ru/catalog/product/1920327>
3. Набатова Д.С. Математические и инструментальные методы поддержки принятия решений: учебник и практикум для вузов. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. URL: <https://urait.ru/bcode/583202>

### *8.2. Дополнительная литература*

4. Орлова И.В. Линейная алгебра и аналитическая геометрия для экономистов: учебник и практикум для вузов. — М.: Издательство Юрайт, 2025. URL: <https://urait.ru/bcode/557492>

5. Леоненков А.В. Решение задач оптимизации в среде Microsoft Excel. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. URL: <https://www.ozon.ru/product/reshenie-zadach-optimizatsii-v-srede-ms-excel-leonenkov-aleksandr-vasilevich-elektronnaya-kniga-932535763>

8.3. Нормативные правовые документы и иная правовая информация

Не используются.

8.4 Интернет-ресурсы

Обучающимся обеспечен доступ к материалам курса в СДО Академии <http://lms.ranepa.ru>, а так же через сайт научной библиотеки к следующим подписным электронным ресурсам:

электронные учебники электронно-библиотечной системы «Айбукс»  
электронные учебники электронно-библиотечной системы «Юрайт»  
электронные учебники электронно-библиотечной системы «Лань»  
электронные учебники электронно-библиотечной системы «ZNANIUM.COM»  
электронные учебники электронно-библиотечной системы «BOOK.RU»  
электронные учебники электронно-библиотечной системы «IPRSMART»

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

№ п/п	Наименование
1.	Специализированные залы для проведения лекций, оснащенные персональным компьютером/ноутбуком и мультимедийным проектором
2.	Аудитории и компьютерные классы, оборудованные посадочными местами и персональными компьютерами с выходом в Интернет для проведения практических занятий
3.	«МТС Линк» — российская платформа для онлайн-коммуникаций и совместной работы команд ; «Яндекс Телемост» — сервис для видеоконференций от Яндекса; Я-мессенджер
4.	Технические средства обучения: персональные компьютеры; программные средства, обеспечивающие просмотр видеофайлов в форматах AVI, MPEG-4, DivX, RMVB, WMV; программы для работы с электронными таблицами для обработки, анализа и визуализации данных; соответствующие онлайн-инструменты для построения интеллект-карты и моделей в различных нотациях
5.	Научная библиотека (в том числе электронные информационные ресурсы научной библиотеки)
6.	СДО Академии <a href="https://lms.ranepa.ru/">https://lms.ranepa.ru/</a>