

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Андрей Драгомирович Хлутков
Должность: директор
Дата подписания: 02.12.2024 23:48:09
Уникальный программный ключ:
880f7c07c583b07d773f6604a050281b15ca9b2

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

Северо-Западный институт управления – филиал РАНХиГС

УТВЕРЖДЕНО

Директор СЗИУ РАНХиГС
А.Д.Хлутков

**ПРОГРАММА БАКАЛАВРИАТА
«Бизнес-аналитика»**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ,
реализуемой без применения электронного (онлайн) курса**

Б1.В.13 Исследование операций

(код и наименование РПД)

38.03.05 Бизнес-информатика

(код, наименование направления подготовки/специальности)

очная

(форма (формы) обучения)

Год набора—2024

Санкт-Петербург, 2024г

Автор–составитель:

Доктор экономических наук,
профессор, профессор кафедры бизнес-информатики
Конюховский Павел Владимирович

Заведующий кафедрой бизнес-информатики

доктор военных наук, профессор, Наумов Владимир Николаевич

(наименование кафедры, ученая степень и(или) ученое звание) (Ф.И.О.)

РПД по дисциплине Б1.В.15 Исследование операций одобрена на заседании кафедры бизнес-информатики. Протокол от 04.07.2022г. №9

В новой редакции РПД одобрена на заседании кафедры бизнес-информатики. Протокол от 27.06.2024 г. № 10

СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения программы	4
2. Объем и место дисциплины в структуре ОП ВО	4
Место дисциплины в структуре ОП ВО.....	5
3. Содержание и структура дисциплины.....	5
Содержание дисциплины.....	6
4. Материалы текущего контроля успеваемости обучающихся и фонд оценочных средств промежуточной аттестации по дисциплине.....	9
5. Оценочные материалы промежуточной аттестации по дисциплине	17
6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины	21
7. Учебная литература и ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	21
7.1. Основная литература.....	21
7.2. Дополнительная литература	22
7.3. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы	22
7.4. Нормативные правовые документы.....	22
7.5. Интернет-ресурсы	22
7.6. Иные источники	23
8. Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы	23

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

Дисциплина **Б1.В.13 «Исследование операций»** обеспечивает овладение следующими компетенциями с учетом этапа:

Таблица 1.1

Код компетенции	Наименование компетенции	Код компонента компетенции	Наименование компонента компетенции
ПКС-3	Способен обосновывать решения на основе оценки и анализа целевых показателей, построения и применения алгоритмических моделей	ПКС-3.1	Способен применять системный подход, методы теории принятия решений, методы оптимизации при обосновании решения

В результате освоения дисциплины у студентов должны быть сформированы:

Таблица 1.2

ОТФ/ТФ (при наличии профстандарта)/ профессиональные действия	Код компонента компетенции	Результаты обучения
Выполнение работ и управление работами по созданию (модификации) и сопровождению ИС, автоматизирующих задачи организационного управления и бизнес-процессы/ Разработка модели бизнес-процессов заказчика	ПКС-3.1	на уровне знаний: — основные понятия, модели и методы исследования операций как научной дисциплины, области их применения, их достоинства и недостатки, возможности и объективные ограничения.
		на уровне умений: — корректно формулировать модели оптимизационного типа в рамках профессиональной деятельности; — корректно формулировать задачи в рамках оптимизационных моделей; — идентифицировать класс оптимизационной задачи и корректно находить адекватные методы решения; — активно применять современные программные средства и технологии при практическом решении оптимизационных задач; — активно использовать знания, полученные в рамках других дисциплин, при организации процедур подготовки информационного обеспечения проблем исследования операций; — активно использовать знания, полученные в рамках других дисциплин, при организации процедур интеграции и последующего использования результатов решения оптимизационных задач.
		на уровне навыков: — активно применять идеологию оптимизационных подходов при решении задач профессиональной деятельности; — формулировать выводы на основе полученных результатов вычислений; — давать корректную интерпретацию полученным результатам.

2. Объем и место дисциплины в структуре ОП ВО

Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы /108 академ. часов.

Таблица 1

Вид работы	Трудоемкость (акад/астр.часы)
Общая трудоемкость	108/81
Контактная работа с преподавателем	50/37,5
Лекции	20/15
Практические занятия	28/21
Практическая подготовка	
Самостоятельная работа	58/43,5
Контроль	
Формы текущего контроля	Опрос, Тест, Контрольная работа
Форма промежуточной аттестации	Зачёт с оценкой

Место дисциплины в структуре ОП ВО

Дисциплина **Б1.В.13 «Исследование операций»** относится к части, формируемой участниками образовательных отношений учебного плана 38.03.05 «Бизнес-информатика». Преподавание данной дисциплины предполагает предварительное освоение дисциплин:

- Б1.О.07.01 «Математический анализ»;
- Б1.О.07.02 «Линейная алгебра и аналитическая геометрия»;
- Б1.О.07.03 «Дискретная математика»;
- Б1.О.07.04 «Дифференциальные и разностные уравнения»;
- Б1.О.07.05 «Теория вероятностей и математическая статистика»;
- Б1.О.08 «Теория систем и системный анализ».

Дисциплина изучается в 4 семестре 2 курса.

▪ **Формой промежуточной аттестации в соответствии с учебным планом являются экзамен и курсовая работа.**

▪ **Учебной-методические материалы по данной дисциплине публикуется на платформе LMS Moodle (доступ по адресу <https://lms.ranepa.ru/course/view.php?id=58822>).**

3. Содержание и структура дисциплины

Таблица 2

№ п/п	Наименование тем	Объем дисциплины, час.					Форма текущего контроля успеваемости и**, промежуточной аттестации* **	
		Всего	Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий			СР		
			Л	ПЗ	КСР	СРО		СП
Тема 1	Введение в исследование операций. Оптимизационные экономико-математические модели.	14	2	4		8		О
Тема 2	Линейное программирование	20	4	6		10		О, Т, К
Тема 3	Транспортные и сетевые задачи математического программирования	18	4	4		10		О, К
Тема 4.	Основы дискретного и целочисленного программирования	16	2	4		10		О
Тема 5	Основы нелинейного	20	4	6		10		О, К

	программирования							
Тема 6	Основы динамического программирования	18	4	4		10		О
	Контроль	—						
	Промежуточная аттестация	2			2			Зачёт с оценкой
Всего (акад./астр. часы):		108/81	20/15	28/21	2/1,5	58/43,5		

Примечание:

Консультация к зачету с оценкой – 2 часа

Используемые сокращения:

- Л занятия лекционного типа (лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации педагогическими работниками организации и (или) лицами, привлекаемыми организацией к реализации образовательных программ на иных условиях, обучающимся);
- ПЗ практические занятия (виды занятия семинарского типа за исключением лабораторных работ);
- КСР индивидуальная работа обучающихся с педагогическими работниками организации и (или) лицами, привлекаемыми организацией к реализации образовательных программ на иных условиях (в том числе индивидуальные консультации);
- СР самостоятельная работа, осуществляемая без участия педагогических работников организации и (или) лиц, привлекаемых организацией к реализации образовательных программ на иных условиях;
- СП самопроверка;
- СРО самостоятельная работа обучающегося;
- К контрольные работы;
- О опрос;
- Т тестирование.

Содержание дисциплины

Тема 1. Введение в исследование операций. Оптимизационные экономико-математические модели.

- Исследование операций как научная дисциплина.
- Классификация задач математического программирования.
- Основные этапы операционного исследования.
- Понятие оптимизационной (экстремальной) задачи.
- Примеры построения конкретных оптимизационных экономико-математических моделей.
- Эквивалентные экстремальные задачи.

Тема 2. Линейное программирование

- Определение общей задачи линейного программирования (ОЗЛП).
- Определение канонической задачи линейного программирования (КЗЛП).
- Построение канонической формы для ОЗЛП.
- Первая геометрическая интерпретация и графический метод решения ЗЛП.
- Основные теоремы линейного программирования.
- Вторая геометрическая интерпретация ЗЛП.
- Понятие базисного плана. Вырожденный/невырожденный базисный план.
- Теоремы о свойствах базисных планов.
- Основные принципы организации алгоритма симплекс-метода с точки зрения второй геометрической интерпретации КЗЛП.
- Алгоритм симплекс-метода (прямой).

- Критерий оптимальности в симплекс-методе.
- Правило определения вводимого столбца в алгоритме симплекс-метода.
- Правило определения выводимого столбца в алгоритме симплекс-метода.
- Определение неограниченности целевой функции при решении ЗЛП симплекс-методом.
- Проблема вырожденности базисного плана и способы её преодоления. Метод возмущений (метод Чарнса).
- Интерпретация вырожденности с точки зрения простейшей задачи производственного планирования.
- Переход к очередному базисному плану при решении ЗЛП симплекс-методом. Потенциальные сложности. Симплекс-таблицы.
- Интерпретация алгоритма симплекс-метода с точки зрения первой геометрической интерпретации ЗЛП.
- Нахождение исходного допустимого базисного плана (методы искусственного базиса: минимизация невязок, М-метод).
- Основные идеи и принципы модификации симплекс-алгоритма (вычислительная схема, основанная на непосредственном преобразовании обратных матриц).
- Практическая реализация алгоритма модифицированного симплекс-метода.
- Преимущества алгоритма модифицированного симплекс-метода.
- Ситуации, обуславливающие целесообразность применения модифицированного симплекс-метода.
- Определение задачи двойственной к КЗЛП.
- Определение задачи двойственной к ОЗЛП.
- Отношение двойственности в линейном программировании и его значение.
- Теоремы двойственности в линейном программировании и их значение.
- Построение экономической интерпретации для пары взаимно-двойственных задач на основе простейшей задачи производственного планирования.
- Дифференциальные свойства компонент оптимального плана двойственной задачи. Двойственные оценки (теневые цены), их свойства, теоретическое и практическое значение.
- Нахождение двойственных оценок. Преимущество модифицированного симплекс-метода.
- Примеры построения экономической интерпретации двойственной задачи для конкретных экономико-математических моделей.
- Исследование параметрической устойчивости решений ЗЛП относительно простейших вариаций их параметров (матрица A , вектор ограничений b , вектор коэффициентов целевой функции c).

Тема 3. Транспортные и сетевые задачи математического программирования

- Транспортная задача в матричной постановке (ТЗМП) и её основные свойства.
- Методы нахождения допустимого плана ТЗМП.
- Критерий оптимальности для ТЗМП и его экономическая интерпретация.
- Метод потенциалов для ТЗМП.
- Проблема вырожденности при решении ТЗМП.
- Метод потенциалов как частный случай симплекс-метода.
- Анализ параметрической устойчивости решений ТЗМП.
- Транспортная задача в матричной постановке с ограничениями на пропускные способности.
- Методы нахождения допустимого плана ТЗМП с ограничениями на пропускные способности.
- Критерий оптимальности для ТЗМП с ограничениями на пропускные способности и его экономическая интерпретация.

- Модификация метода потенциалов для случая ТЗМП с ограничениями на пропускные способности.
- Основные понятия теории графов.
- Понятия сети, потока, остова сети, опоры потока.
- Транспортная задача в сетевой постановке (ТЗСП), её свойства.
- Применение метода потенциалов для её решения.
- Вырожденность ТЗСП, методы её преодоления, содержательные интерпретации ситуации вырожденности для ТЗСП.
- Методы генерации допустимых потоков в сети.
- Модификация метода потенциалов на случай транспортной задачи в сетевой постановке с ограничениями на пропускные способности.
- Примеры постановок оптимизационных задач на сетях.
- Задача о минимизации сети и методы её решения.
- Задача о кратчайшем пути в сети и методы её решения.
- Задача о максимальном потоке в сети. Алгоритм Форда-Фалкерсона. Задача о минимальном разрезе сети.

Тема 4. Основы дискретного и целочисленного программирования

- Постановка задач дискретного и целочисленного программирования.
- Линейные целочисленные задачи.
- Основные усложняющие факторы, вносимые условиями дискретности множества допустимых планов.
- Классификация задач дискретного и целочисленного программирования.
- Общая характеристика методов решения линейных целочисленных задач.
- Алгоритмы Гомори для линейных целочисленных задач. Понятие «правильного отсечения», методы построения правильных отсечений.
- Анализ эффективности отсечений в алгоритмах Гомори. Проблемы практической реализации вычислительных процедур, основанных на алгоритмах Гомори.
- Алгоритмы ветвей и границ для линейных целочисленных задач и проблемы, связанные с их практической реализацией.
- Постановка задачи коммивояжера, её свойства и содержательные экономические интерпретации.
- Применение метода ветвей и границ для решения задачи коммивояжера.

Тема 5. Основы нелинейного программирования

- Постановка задачи нелинейного программирования.
- Задачи безусловной и условной оптимизации.
- Основные факторы, усложняющие процедуру решения нелинейных оптимизационных задач (по сравнению с линейными оптимизационными задачами).
- Общая характеристика классов нелинейных оптимизационных задач. Метод Лагранжа и его использование для решения задач условной оптимизации.
- Общая схема градиентных методов решения нелинейных оптимизационных задач.
- Методы определения шага для градиентных методов.
- Метод сопряжённых направлений.
- Метод Ньютона-Рафсона.
- Методы штрафных функций, понятие внешних и внутренних (барьерных) штрафных функций.
- Постановка задачи выпуклого программирования (ЗВП).
- Основные свойства ЗВП.
- Понятие допустимого и прогрессивного направления, необходимые и достаточные условия допустимости и прогрессивности направлений.
- Условие регулярности Слейтера и его значение.

- Формы критерия оптимальности для ЗВП.
- Метод допустимых направлений (метод Зойтендейка) для решения ЗВП.
- Симплекс-алгоритмы как частные случаи метода допустимых направлений.
- Постановка задачи квадратичного программирования (ЗКВП).
- Конкретные примеры экономических приложений, приводящих к постановке ЗКВП.
- Критерии оптимальности для различных форм ЗКВП.
- Метода Вульфа для решения ЗКВП.
- Функция Лагранжа для задачи условной оптимизации с ограничениями в форме неравенств.
- Понятие «седловая точка».
- Теорема Куна-Таккера (достаточное и необходимое условие) и её значение для теории математического программирования.
- Основы теории двойственности в нелинейном программировании.

Тема 6. Основы динамического программирования

- Идеи и принципы, лежащие в основе аппарата динамического программирования.
- Рекуррентные соотношения динамического программирования (уравнения Беллмана).
- Условия применения метода динамического программирования.
- Принцип оптимальности Беллмана.
- Табличная реализация процедуры решения оптимизационной задачи алгоритмом динамического программирования.
- Проблемы практического применения вычислительной схемы динамического программирования.
- Задача о найме работников.
- Задача о надёжности.
- Задача о замене оборудования.
- Применение методов динамического программирования в теории управления запасами.
- Общая характеристика основных направлений использования вычислительных процедур динамического программирования.

4. Материалы текущего контроля успеваемости обучающихся

Формы и методы текущего контроля успеваемости обучающихся

В ходе реализации дисциплины используются следующие методы текущего контроля успеваемости обучающихся:

Таблица 4.1

Тема (раздел)	Формы (методы) текущего контроля успеваемости
Тема 1	Опрос по теме
Тема 2	Опрос по теме, тест, контрольная работа
Тема 3	Опрос по теме, контрольная работа
Тема 4	Опрос по теме
Тема 5	Опрос по теме, контрольная работа
Тема 6	Опрос по теме

Оценка, получаемая учащимся в рамках промежуточной аттестации по дисциплине, формируется с учётом результатов по следующим видам учебной работы:

- текущая работа на практических занятиях – результат масштабируется в диапазоне от 0 до 30 баллов, за отдельное занятие студент может получить от –2 до +2 баллов;

- выполнение заданий в рамках самостоятельной работы – результат масштабируется в диапазоне от 0 до 30 баллов;
- выполнение индивидуальных (инициативных) заданий – результат масштабируется в диапазоне от 0 до 10 баллов;
- финальный тест – результат выполнения масштабируется в диапазоне от 0 до 40 баллов;

Таким образом, максимально возможная оценка составляет 110 баллов.

Результирующая оценка по дисциплине выставляется на основе принципов балльно-рейтинговой системы, см. п. 4.3. Значения уровней шкалы оценивания определены в таблице 4.4.

Материалы текущего контроля успеваемости обучающихся

Процедуры текущей проверки успеваемости учащихся реализуются средствами LMS Moodle.

Опрос по теме 1. Введение в исследование операций. Оптимизационные экономико-математические модели.

- Построение экономико-математической модели и постановка на её основе оптимизационной задачи.
- Построение канонической формы для общей задачи линейного программирования.
- Решение задачи линейного программирования графическим методом.

Опрос по теме 2. Линейное программирование

- Нахождение «очевидного» базисного плана для задачи линейного программирования.
- Решение задачи линейного программирования малой размерности стандартным симплекс-методом (без использования программного обеспечения).
- Автоматизированная реализация алгоритма симплекс-метода в среде MS Excel.
- Нахождение исходного базисного плана для задачи линейного программирования методом минимизации невязок.
- Решение задачи линейного программирования малой размерности модифицированным симплекс-методом (без использования программного обеспечения).
- Построение двойственной задачи.
- Построение экономической интерпретации двойственной задачи (для конкретных экономико-математических моделей).
- Исследование параметрической устойчивости решения задачи линейного программирования (в т.ч. с использованием встроенных средств настройки Поиск решения (Solver) для ПО MS Excel).
- Определение двойственно-допустимого базиса.
- Решение задачи линейного программирования малой размерности двойственным симплекс-методом (без использования программного обеспечения).
- Исследование задачи с параметром в целевой функции с применением ПО MS Excel.
- Исследование задачи с параметром в векторе ограничений с применением ПО MS Excel.
- Решение задачи с ограниченными сверху переменными с применением ПО MS Excel.

Типовой тест по теме 2

Вариант 1

Линейное программирование применяется при описании (указать номер правильного утверждения)

1. статистических моделей
2. оптимизационных моделей
3. поведенческих моделей

Вопрос 1. При построении двойственной задачи к задаче линейного программирования в стандартной форме вводится столько основных переменных, сколько в прямой задаче (указать номер правильного ответа)

1. другое
2. основных переменных
3. ограничений

Вопрос 2. В каком случае задача математического программирования является линейной? (указать номер правильного ответа)

1. если ее целевая функция линейна
2. если ее ограничения линейны
3. если ее целевая функция и ограничения линейны

Вопрос 3. Чему равны свободные переменные в опорном плане задачи линейного программирования? (указать номер правильного ответа)

1. нулю
2. любым числам
3. положительным числам

Вопрос 4. Что такое оптимум задачи линейного программирования? (указать номер правильного ответа)

1. значение целевой функции на оптимальном плане
2. оптимальный план
3. любое значение целевой функции

Вопрос 5. В чем заключается критерий оптимальности симплексной таблицы? (указать номер правильного ответа)

1. все коэффициенты в критериальном ограничении должны быть неотрицательными (или неположительными)
2. все свободные члены должны быть неотрицательными (или неположительными)
3. все свободные члены должны быть неотрицательными

Вопрос 6. Что такое оптимальный план задачи линейного программирования? (указать номер правильного ответа)

1. любая вершина области допустимых планов
2. допустимый план, при подстановке которого в целевую функцию она принимает свое максимальное или минимальное значение
3. план, с рассмотрения которого следует начать решение задачи

Вопрос 7. Модель задачи линейного программирования, в которой целевая функция исследуется на максимум и система ограничений задачи является системой уравнений, называется

1. Стандартной
2. канонической
3. общей
4. основной
5. нормальной

Вопрос 8. Модель задачи линейного программирования, в которой целевая функция исследуется на максимум и система ограничений задачи является системой неравенств, называется

1. Стандартной
2. канонической
3. общей
4. основной
5. нормальной

Вопрос 9. В линейных оптимизационных моделях, решаемых с помощью геометрических построений число переменных должно быть

1. не больше двух
2. равно двум
3. не меньше двух
4. не больше числа ограничений
5. сколько угодно

Вариант 2

Вопрос 1. Отметьте, какое максимальное значение может достигать задача линейного программирования

1. только в одной точке
2. в двух точках
3. во множестве точек
4. в одной или двух точках
5. в одной или во множестве точек

Вопрос 2. Выберите верный вариант. Если в прямой задаче какое либо ограничение является неравенством, то в двойственной задаче соответствующая переменная:

1. неотрицательна
2. положительна
3. свободна от ограничений
4. отрицательная

Вопрос 3. Задача, включающая целевую функцию f и функции Φ , входящие в ограничения, является задачей линейного программирования, если

1. все Φ и f являются линейными функциями относительно своих аргументов
2. все Φ являются линейными функциями относительно своих аргументов, а функция f – нелинейна
3. функция f является линейной относительно своих аргументов, а функции Φ – нелинейны
4. только часть функций Φ и функция f являются линейными относительно своих аргументов

Вопрос 4. Множество всех допустимых решений системы задачи линейного программирования является

1. выпуклым
2. вогнутым
3. одновременно выпуклым и вогнутым

Вопрос 5. Если задача линейного программирования имеет оптимальное решение, то целевая функция достигает нужного экстремального значения в одной из:

1. вершин многоугольника
2. внутренних точек многоугольника

3. точек многоугольника
- Вопрос 6. В задачах линейного программирования решаемых симплекс-методом искомые переменные должны быть
1. Неотрицательными
 2. Положительными
 3. свободными от ограничений
 4. любыми
- Вопрос 7. Симплексный метод решения задач линейного программирования включает:
1. определение одного из допустимых базисных решений поставленной задачи (построение опорного плана)
 2. определение правила перехода к не худшему решению
 3. проверку оптимальности найденного решения
 4. определение одного из допустимых базисных решений поставленной задачи (построение опорного плана, определение правила перехода к не худшему решению, проверка оптимальности найденного решения)
- Вопрос 8. Задача линейного программирования не имеет конечного оптимума, если
1. в точке А области допустимых значений достигается максимум целевой функции F
 2. в точке А области допустимых значений достигается минимум целевой функции F
 3. система ограничений задачи несовместна
 4. целевая функция не ограничена сверху на множестве допустимых решений
- Вопрос 9. При приведении задачи линейного программирования (ЛП) к виду основной задачи ЛП ограничения вида «< или =» преобразуются в ограничения равенства добавлением к его левой части дополнительной неотрицательной переменной. Вводимые дополнительные неизвестные имеют вполне определенный смысл. Так, если в ограничениях исходной задачи ЛП отражается расход и наличие производственных ресурсов, то числовое значение дополнительной переменной в решении задачи, записанной в виде основной имеет смысл
1. двойственной оценки ресурса
 2. остатка ресурса
 3. нехватки ресурса
 4. стоимости ресурса
- Вопрос 10. Если в задаче линейного программирования необходимо максимизировать функцию F(x) при ограничениях на переменные, то функция F(x) называется
1. целевой
 2. оптимальной
 3. ключевой
 4. максимальной

Варианты контрольных заданий по теме 2

Задача 1. Преобразовать следующие задачи линейного программирования в каноническую форму:

$$3x_1 + 3x_2 \rightarrow \min;$$

$$-4x_2 \geq 7,$$

$$\leq 0,$$

$$-4x_2 = 5,$$

$$-4x_2 \leq 7,$$

$$7. \quad 2x_1 - x_2 \rightarrow \min;$$

$$\leq 6,$$

$$:2 \geq 7,$$

$$:5,$$

$$:0, x_2 \leq 0.$$

$$z \geq 0.$$

$$-x_1 - 3x_3 \rightarrow \max;$$

$$+ 3x_2 + 3x_3 = 6,$$

$$x_1 - 2x_2 + 3x_3 \leq 8,$$

$$- 2x_3 \geq 8,$$

$$z \geq 0, x_3 \leq 0.$$

$$4x_1 + 3x_2 - 4x_3 \rightarrow \min;$$

$$+ 4x_2 + 4x_3 \geq 0,$$

$$- x_2 - x_3 \geq 8,$$

$$+ 4x_3 \leq 7,$$

$$+ 2x_2 - 4x_3 = 8,$$

$$z \geq 0, x_2 \leq 0.$$

$$2x_2 + 2x_3 \rightarrow \min;$$

$$+ 2x_3 \leq 4,$$

$$x_1 - x_2 + 3x_3 \geq 4,$$

$$- 2x_2 - 4x_3 \geq 6,$$

$$z \geq 0, x_3 \geq 0.$$

$$8. \quad 4x_1 - 4x_2 + 2x_3 \rightarrow \max;$$

$$x_1 + 2x_2 + x_3 \geq 8,$$

$$x_1 + x_2 + 4x_3 \geq 0,$$

$$- 3x_2 \leq 4,$$

$$z \geq 0.$$

$$9. \quad -4x_1 + x_2 + 2x_3 \rightarrow \min;$$

$$\geq 8,$$

$$+ x_3 \leq 6,$$

$$x_1 + x_2 + 4x_3 \leq 6,$$

$$z \geq 0, x_2 \geq 0.$$

$$10. \quad 3x_1 - 2x_2 \rightarrow \max;$$

$$+ x_2 + 4x_3 \leq 5,$$

$$+ 2x_2 + 2x_3 \leq 0,$$

$$+ x_2 \geq 3,$$

$$z \geq 0, x_3 \geq 0.$$

Задача 2. Решить следующие задачи линейного программирования графическим методом:

$$1. \quad 2x_1 + 4x_2 \rightarrow \min;$$

$$- 3x_2 \leq 8,$$

$$x_1 + 2x_2 \geq 5,$$

$$x_1 + 2x_2 \leq 4,$$

$$\geq 0, x_2 \geq 0.$$

$$2. \quad 3x_1 + 2x_2 \rightarrow \min;$$

$$x_2 \leq 4,$$

$$x_1 - 2x_2 \leq 6,$$

$$x_1 + 3x_2 \leq 6,$$

$$x_1 + 2x_2 \geq 4,$$

$$\geq 0, x_2 \geq 0.$$

$$3. \quad 2x_1 - x_2 \rightarrow \min;$$

$$x_1 + 4x_2 \leq 6,$$

$$x_1 + 3x_2 \leq 5,$$

$$x_1 - x_2 \leq 5,$$

$$\geq 0, x_2 \geq 0.$$

$$4. \quad -3x_2 \rightarrow \max;$$

$$x_1 - 2x_2 \geq 5,$$

$$x_1 + x_2 \leq 5,$$

$$x_1 + x_2 \geq 4,$$

$$5. \quad z = 3x_1 \rightarrow \max;$$

$$x_1 + 2x_2 \leq 4,$$

$$x_1 + 3x_2 \leq 5,$$

$$x_1 - x_2 \leq 4,$$

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

$$\geq 0, x_2 \geq 0.$$

$$6. \quad z = -3x_1 + x_2 \rightarrow \min;$$

$$+ 4x_2 \leq 6,$$

$$x_1 + 4x_2 \leq 4,$$

$$x_1 + 4x_2 \leq 0,$$

$$\geq 0, x_2 \geq 0.$$

$$7. \quad z = 4x_1 - x_2 \rightarrow \min;$$

$$x_2 \leq 5,$$

$$x_1 + 4x_2 \leq 0,$$

$$x_1 \leq 3,$$

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

$$\geq 0, x_2 \geq 0.$$

$$8. \quad z = 3x_1 - 2x_2 \rightarrow \max;$$

$$x_1 - 3x_2 \geq 4,$$

$$x_1 + 2x_2 \leq 4,$$

$$x_1 + 3x_2 \geq 5,$$

$$x_1 + 4x_2 \leq 5, \quad \geq 0, x_2 \geq 0.$$

$$\geq 0, x_2 \geq 0.$$

$$x_1 + 3x_2 \rightarrow \min; \quad 0. \quad x_1 - x_2 \rightarrow \min;$$

$$x_1 + x_2 \leq 7, \quad -2x_2 \leq 5,$$

$$-2x_2 \leq 5, \quad +4x_2 \geq 4,$$

$$-3x_2 \geq 0, \quad +x_2 \leq 6,$$

$$+x_2 \leq 7, \quad \leq 4,$$

$$x_1, x_2 \geq 0. \quad x_1, x_2 \geq 0.$$

Опрос по теме 3. Транспортные и сетевые задачи математического программирования

- Нахождение исходного допустимого плана транспортной задачи в матричной постановке с помощью методов северо-западного угла и минимального элемента.
- Решение транспортной задачи в матричной постановке методом потенциалов.
- Исследование параметрической устойчивости решения транспортной задачи в матричной постановке.
- Решение транспортной задачи в матричной постановке с ограничениями на пропускные способности методом потенциалов.
- Решение транспортной задачи в сетевой постановке.
- Построение допустимого потока в сети с ограничениями на пропускные способности.
- Решение транспортной задачи в сетевой постановке с ограничениями на пропускные способности методом потенциалов.

Типовой вариант контрольной работы по теме 3

Менеджер транспортного отдела составляет план перевозок продукции фирмы в стандартных контейнерах на следующий месяц. Цены перевозок одного контейнера, величины заказов и запасы на складах даны в таблицах.

Склады	Клиенты										Ресурсы
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	
C1	3	17	7	17	9	14	9	14	8	14	4
C2	3	6	6	8	17	12	16	5	5	13	11
C3	9	5	6	16	8	10	11	8	8	18	17
C4	12	16	6	16	14	3	5	14	11	17	20
Заказ	2	2	5	4	5	4	4	1	2	3	

Имеется 10 заказов от 10 потребителей. Заказы в сумме меньше запаса на складах C1, ..., C4. Найдите план перевозок, минимизирующий транспортные издержки.

Опрос по теме 4. Основы дискретного и целочисленного программирования

- Проведение расчётов в рамках отдельной итерации алгоритма Гомори.
- Проведение расчётов в рамках отдельной итерации решения линейной целочисленной задачи методом ветвей и границ.
- Решение задачи коммивояжёра методом ветвей и границ.

Опрос по теме 5. Основы нелинейного программирования

- Сведение задачи условной оптимизации к задаче безусловной оптимизации с применением метода множителей Лагранжа.
- Нахождение стационарных точек нелинейной функции с использованием градиентных методов.
- Проверка сопряжённости направлений.
- Проведение расчётов в рамках отдельной итерации метода сопряжённых направлений.
- Построение штрафной и барьерной функции для нелинейной оптимизационной задачи.
- Проверка факта принадлежности задачи к классу задач выпуклого программирования.
- Проверка допустимости направления в точке для задачи выпуклого программирования.
- Проверка прогрессивности направления в точке для задачи выпуклого программирования.
- Проверка оптимальности плана для задачи выпуклого программирования.
- Проверка факта принадлежности задачи к классу задач квадратичного программирования.
- Решение задачи квадратичного программирования методом Вульфа.
- Построение двойственных задач для простейших нелинейных задач выпуклого программирования.
- **Варианты контрольных заданий по теме 5**

Задача. Найти наибольшее и наименьшее значение целевой функции $F(x_1, x_2)$ при указанных ограничениях. Начальное приближение выбрать, построив на плоскости область допустимых решений

$$\begin{aligned} f(x_1, x_2) &= (x_1 - 1)^2 + (x_2 - 3)^2 \\ -3x_2 &\leq 8, \\ x_1 + 2x_2 &\geq 5, \\ x_1 + 2x_2 &\leq 4, \\ x_1, x_2 &\geq 0. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f(x_1, x_2) &= (x_1 - 1)^2 - (x_2 - 3)^2 \\ x_2 &\leq 4, \\ x_1 - 2x_2 &\leq 6, \\ x_1 + 3x_2 &\leq 6, \\ x_1 + 2x_2 &\geq 4, \\ x_1, x_2 &\geq 0. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f(x_1, x_2) &= (x_1 + 1)^2 + (x_2 - 5)^2 \\ x_1 + 4x_2 &\leq 6, \\ x_1 + 3x_2 &\leq 5, \\ x_1 - x_2 &\leq 5, \\ x_1, x_2 &\geq 0. \end{aligned}$$

$$f(x_1, x_2) = (x_1 + 4)^2 - (x_2 - 3)^2$$

$$\begin{aligned} 5. \quad f(x_1, x_2) &= (x_1 - 2)^2 + (x_2 - 4)^2 \\ x_1 + 2x_2 &\leq 4, \\ x_1 + 3x_2 &\leq 5, \\ x_1 - x_2 &\leq 4, \\ x_1 + 2x_2 &\leq 8, \\ x_1, x_2 &\geq 0. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 6. \quad f(x_1, x_2) &= (x_1 - 4)^2 - (x_2 - 3)^2 \\ x_2 &\leq 4, \\ x_1 + 4x_2 &\leq 6, \\ x_1 + 4x_2 &\leq 4, \\ x_1 + 4x_2 &\leq 0, \\ x_1, x_2 &\geq 0. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 7. \quad f(x_1, x_2) &= (x_1 - 3)^2 - (x_2 - 3)^2 \\ x_2 &\leq 5, \\ x_1 + 4x_2 &\leq 0, \\ x_1 &\leq 3, \\ x_1 + 2x_2 &\leq 5, \\ x_1, x_2 &\geq 0. \end{aligned}$$

$$8. \quad f(x_1, x_2) = (x_1 - 5)^2 - (x_2 - 3)^2$$

$$\begin{aligned}
 &1 - 2x_2 \geq 5, \\
 &1 + x_2 \leq 5, \\
 &1 + x_2 \geq 4, \\
 &x_1 + 4x_2 \leq 5, \\
 &\geq 0, x_2 \geq 0.
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &1 - 3x_2 \geq 4, \\
 &1 + 2x_2 \leq 4, \\
 &1 + 3x_2 \geq 5, \\
 &\geq 0, x_2 \geq 0.
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &x_1 x_2 = (x_1 - 1)^2 - (x_2 - 4)^2 \quad 0. \\
 &+ x_2 \leq 7, \\
 &- 2x_2 \leq 5, \\
 &- 3x_2 \geq 0, \\
 &+ x_2 \leq 7, \\
 &\geq 0, x_2 \geq 0.
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &x_1 x_2 = (x_1)^2 + (x_2 - 5)^2 \\
 &- 2x_2 \leq 5, \\
 &+ 4x_2 \geq 4, \\
 &+ x_2 \leq 6, \\
 &\leq 4, \\
 &\geq 0, x_2 \geq 0.
 \end{aligned}$$

Опрос по теме 6. Основы динамического программирования

- Проведение расчётов в рамках двух смежных итераций решения задачи о найме работников с использованием вычислительной схемы динамического программирования.
- Проведение расчётов в рамках двух смежных итераций решения задачи о надёжности с использованием вычислительной схемы динамического программирования.
- Проведение расчётов в рамках двух смежных итераций решения задачи о замене оборудования с использованием вычислительной схемы динамического программирования.
- Проведение расчётов в рамках двух смежных итераций решения задачи управления однопродуктовой системой управления запасами с неравномерным спросом с использованием вычислительной схемы динамического программирования.

5. Оценочные материалы промежуточной аттестации по дисциплине

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

Таблица 4.2

Код компетенции	Наименование компетенции	Код компонента компетенции	Наименование компонента компетенции
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

Показатели и критерии оценивания компетенций с учетом этапа их формирования

Таблица 4.3

Код компонента компетенции	Показатель оценивания	Критерий оценивания
----------------------------	-----------------------	---------------------

ПКС-3	Знание основных теоретических понятий и фактов исследования операций, знание основных классов задач математического программирования и методов их решения.	Демонстрирует устойчивые компетенции в части применения методов математического программирования к решению оптимизационных задач.
-------	--	---

Финальное (зачётное) тестовое задание формулируется таким образом, чтобы выявить уровень знаний студентов в части следующих вопросов, фактов и терминов.

- Линейное пространство, аффинное пространство, вектор, базис, линейная комбинация, линейная зависимость (независимость), размерность, линейная оболочка.
- Выпуклое множество, многогранное выпуклое множество, выпуклый многогранник, конус, многогранный выпуклый конус, симплекс.
- Выпуклая комбинация, аффинная комбинация, коническая комбинация.
- Выпуклая оболочка, аффинная оболочка, коническая оболочка.
- Выпуклая (вогнутая) функция.
- Условия выпуклости (вогнутости) функции одной и нескольких переменных.
- Глобальный и локальный экстремум.
- Понятия плана, допустимого плана, оптимального плана и решения для оптимизационной задачи.
- Задачи условной и безусловной оптимизации.
- Общая задача линейного программирования.
- Каноническая задача линейного программирования.
- Формулировка простейшей задачи производственного планирования.
- Формулировка транспортной задачи.
- Первая геометрическая интерпретация ЗЛП.
- Вторая геометрическая интерпретация ЗЛП.
- Базис и базисный план КЗЛП.
- Вырожденность.
- Двойственная задача для ЗЛП.
- Экономическая интерпретация задачи, двойственной к простейшей задачи производственного планирования.
- Теоремы двойственности.
- Дополняющая нежёсткость.
- Двойственные оценки и их экономическая интерпретация.
- Основные этапы симплекс-метода.
- Основные идеи и преимущества схемы модифицированного симплекс-метода.
- Основные свойства транспортной задачи (ТЗ) в матричной постановке.
- Критерий оптимальности для ТЗ в матричной постановке (в т.ч. с ограничениями на пропускные способности) и его экономическая интерпретация.
- Граф (ориентированный и неориентированный).
- Путь, цепь, контур, цикл, дерево, частичный граф. Свойства дерева.
- Сеть, поток, остов, опора.
- ТЗ в сетевой постановке. Свойства допустимых базисных планов.
- Критерий оптимальности для ТЗ в сетевой постановке (в т.ч. с ограничениями на пропускные способности) и его экономическая интерпретация.
- Постановка задачи о минимизации сети и метод её решения.
- Постановка задачи о кратчайшем пути и метод её решения.
- Постановка задач о максимальном потоке и минимальном разрезе и их соотношение.
- Основные идеи метода решения задачи о максимальном потоке.
- Постановка задачи нелинейного программирования (ЗНП).

- Теорема Лагранжа.
 - Схема решения задачи на условный экстремум методом Лагранжа.
 - Классификация методов решения ЗНП.
 - Общая схема градиентных методов.
 - Методы нахождения шага в градиентных методах.
 - Сопряжённое направление.
 - Основные идеи и принципы сопряжённых направлений.
 - Штрафные и барьерные функции. Свойства, методы построения.
 - Постановка задачи выпуклого программирования (ЗВП).
 - Основные свойства ЗВП.
 - Допустимое направление. Необходимое и достаточное условие допустимости направления в точке для ЗВП.
 - Прогрессивное направление. Необходимое и достаточное условие прогрессивности направления в точке для ЗВП.
 - Условие регулярности Слейтера.
 - Критерии оптимальности для ЗВП.
 - Общая схема метода допустимых направлений (Зойтендейка) для ЗВП.
 - Квадратичная форма, знакоопределённая (отрицательно, положительно, неотрицательно, неположительно) квадратичная форма.
 - Методы проверки знакоопределённости квадратичной формы.
 - Постановка задачи квадратичного программирования.
 - Основные идеи и принципы метода Вульфа.
 - Седловая точка.
 - Теорема Куна-Таккера (достаточное и необходимое условия).
 - Постановка задач дискретного программирования целочисленного программирования. Основные проблемы, связанные с их решением.
 - Классификация задач дискретного программирования.
 - Общая схема метода Гомори для решения целочисленной задачи ЛП.
 - Правильное отсечение.
 - Общая схема метода ветвей и границ для решения задачи ЛП.
 - Общая схема метода ветвей и границ для решения задачи о коммивояжере.
 - Общая схема вычислительных методов динамического программирования.
 - Уравнения (рекуррентные соотношения) Беллмана.
 - Принцип оптимальности Беллмана.
 - Основные преимущества и недостатки методов динамического программирования.
- **Типовые примеры задач, выносимых на зачет**

Предприятие планирует выпуск двух видов продукции I и II, на производство которых расходуется три вида сырья A, B, и C. Потребность a_{ij} на каждую единицу j -го вида продукции i -го вида сырья, запас b_i соответствующего вида сырья и прибыль c_j от реализации единицы j -го вида продукции заданы таблицей (в которой через m и n обозначены две последние цифры в зачетной книжке аттестуемого):

Виды сырья	Виды продукции		Запасы сырья
	I	II	
A	$a_{11} = n$	$a_{12} = 2$	$b_1 = mn + 5n$
B	$a_{21} = 1$	$a_{22} = 1$	$b_2 = m + n + 3$

C	$a_{31} = 2$	$a_{32} = m + 1$	$b_3 = mn + 4m + n + 4$
прибыль	$c_1 = m + 2$	$c_2 = n + 1$	

- Составить экономико-математическую модель задачи, то есть ввести переменные, записать целевую функцию прибыли Z и соответствующую систему ограничений по запасам сырья, предполагая, что требуется изготовить в сумме не менее n единиц обоих видов продукции.
- Записать экономико-математическую модель в канонической форме
- Составить двойственную задачу.
- Решить задачу графоаналитическим методом.
- Дать экономическую интерпретацию результатов

Шкала оценивания

Оценка результатов производится на основе балльно-рейтинговой системы (БРС). Использование БРС осуществляется в соответствии с приказом от 28 августа 2014 г. №168 «О применении балльно-рейтинговой системы оценки знаний студентов». БРС по дисциплине отражена в схеме расчетов рейтинговых баллов (далее – схема расчетов). Схема расчетов сформирована в соответствии с учебным планом направления, согласована с руководителем научно-образовательного направления, утверждена деканом факультета. Схема расчетов доводится до сведения студентов на первом занятии по данной дисциплине и является составной частью рабочей программы дисциплины и содержит информацию по изучению дисциплины, указанную в Положении о балльно-рейтинговой системе оценки знаний обучающихся в РАНХиГС.

На основании п. 14 **Положения о балльно-рейтинговой системе оценки знаний обучающихся в РАНХиГС** применяется следующая шкала перевода оценки из многобалльной системы в пятибалльную:

Таблица 4.4

Количество баллов	Экзаменационная оценка	
	прописью	буквой
96 — 100	отлично	А
86 — 95	отлично	В
71 — 85	хорошо	С
61 — 70	хорошо	Д
51 — 60	удовлетворительно	Е
0 — 50	неудовлетворительно	ЕХ

Методические материалы

Рабочей программой дисциплины предусмотрены следующие виды аудиторных занятий: лекции, практические занятия, контрольные работы. На лекциях рассматриваются наиболее сложный материал дисциплины. Для развития у студентов креативного мышления и логики в каждом разделе предусмотрены теоретические положения, требующие самостоятельного доказательства. Кроме того, часть теоретического материала предоставляется на самостоятельное изучение по рекомендованным источникам для формирования навыка самообучения.

Практические занятия предназначены для самостоятельной работы студентов по решению конкретных задач. Каждое практическое занятие сопровождается домашними заданиями, выдаваемыми студентам для решения во внеаудиторное время. Для формирования у студентов навыка совместной работы в коллективе некоторые задания решаются с помощью разбиения на группы методом мозговой атаки.

Для работы с печатными и электронными ресурсами СЗИУ имеется возможность доступа

к электронным ресурсам. Организация работы студентов с электронной библиотекой указана на сайте института (странице сайта – «Научная библиотека»).

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Обучение по дисциплине предполагает изучение курса на аудиторных занятиях (лекции, практические работы) и самостоятельной работы обучающихся. Практические занятия проводятся в формах, обеспечивающих выявление полученных знаний, умений, навыков и компетенций и с учётом контрольных мероприятий, описанных в п.4.3.1. С целью обеспечения успешного обучения обучающийся должен готовиться к лекции.

Подготовка к лекции предполагает:

- владение материалом предшествующих лекций;
- целенаправленную работу с учебным материалом, основной и дополнительной литературой;
- осмысление изучаемой темы в общей системе целей и задач профессиональной подготовки;
- самостоятельную подготовку вопросов, ответы на которые учащийся ожидает получить в процессе лекции.

Подготовка к практическим занятиям предполагает:

- владение теоретическим материалом по теме занятия;
- знание терминов, понятий, фактов по изучаемой теме;
- проработку контрольных вопросов и заданий по теме занятия;
- подготовку вопросов, которые остались непонятными по результатам лекции с целью более детальной проработки в ходе практического занятия;
- самостоятельный поиск информационных источников и дополнительных материалов по теме занятия.

Подготовка к экзамену

Подготовка к экзамену должна вестись поступательно и целенаправленно в течение всего периода изучения курса.

Учебно-методический контент экзаменационных материалов должен обеспечивать дифференциацию учащихся и, в частности, сепарацию учащихся, которые приступают к предэкзаменационной подготовке на финальном этапе.

В начальный период освоения учебного курса учащемуся необходимо ознакомиться со следующей учебно-методической документацией:

- программа дисциплины;
- перечнем компетенций, знаний, умений и навыков, получение которых предполагается по результатам освоения дисциплины;
- тематическими планами лекций и практических занятий;
- контрольными мероприятиями курса;
- основной, дополнительной литературой и электронными ресурсами по курсу;
- материалами для подготовки к экзамену.

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

7.1. Основная литература

1. Исследование операций в экономике : учебник для вузов / под редакцией Н. Ш. Кремера. — 4-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020.

2. Конюховский П.В. Математические методы исследования операций в экономике. СПб.:Изд-во СПбГУ, 2008.

7.2. Дополнительная литература

1. Абрамов Л.М., Капустин В.Ф. Математическое программирование. Л.: Изд-во ЛГУ, 1981.
2. Ашманов С. А. Линейное программирование. М.: Наука. Главная редакция физи-ко-математической литературы, 1981.
3. Гасс С. Линейное программирование (методы и приложения). М.: издательство "ГИФМЛ", 1961.
4. Ермольев Ю.М. и др. Математические методы исследования операций. Учебн. пособие для ВУЗов. Киев, Вища школа, 1979.
5. Зайченко Ю.П. Исследование операций, изд. второе. Киев: Вища школа, 1979.
6. Карманов В. Г. Математическое программирование. - 3-е изд, перераб и доп. - М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1986.
7. Невежин В.П. и др. Исследование операций и принятие решений в экономике М.: Юрайт, 2012.
8. Таха, Хэмди А. Введение в исследование операций: пер. с англ. / Университет Арканзаса, Фейетвилл. - 7-е изд. - М.; СПб.: Вильямс, 2005.

7.3. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

В начальный период освоения учебного курса учащемуся необходимо ознакомиться со следующей учебно-методической документацией:

7.4. Нормативные правовые документы

1. Правовая система «Гарант-Интернет» [Электронный ресурс]
Режим доступа: <http://www.garweb.ru>
2. Правовая система «КонсультантПлюс» [Электронный ресурс]
Режим доступа: <http://www.consultant.ru>
3. Центр профессиональной подготовки [Электронный ресурс]
Режим доступа: <http://www.c-pp.ru>.

7.5. Интернет-ресурсы

Русскоязычные ресурсы

- Справочно-информационный сайт Системный анализ (<http://systems-analysis.ru/>);
- Электронные учебники электронно-библиотечной системы (ЭБС) «Юрайт» (<https://urait.ru/>);
- Электронные учебники электронно-библиотечной системы (ЭБС) «Айбукс» <https://www.ibooks.ru/>;
- Электронные учебники электронно-библиотечной системы (ЭБС) «Лань» (<https://lanbook.com/>);
- Научно-практические статьи по финансам и менеджменту Издательского дома «Библиотека Гребенникова» (<https://grebennikon.ru/>);
- Статьи из периодических изданий по общественным и гуманитарным наукам Eastview. (<http://online.eastview.com/>)

Англоязычные ресурсы

- EBSCO Publishing – доступ к мультидисциплинарным полнотекстовым базам данных различных мировых издательств по бизнесу, экономике, финансам, бухгалтерскому учету, гуманитарным и естественным областям знаний, рефератам и полным текстам публикаций из научных и научно-популярных журналов.
- Emerald – ведущее мировое издательство, специализирующееся на электронных журналах и базах данных по экономике и менеджменту. Имеет статус основного источника профессиональной информации для преподавателей, исследователей и специалистов в области менеджмента.
- Журнальные базы: JSTOR (<http://www.jstor.org>) и EBSCO (<http://search.epnet.com>).
- The International Federation of Operational Research Societies (IFORS) (<http://ifors.org/web/>).
- The MIT OR Center (<http://www.mit.edu/~orc/>).
- Mathematics of Operations Research (<http://pubsonline.informs.org/journal/moor>).
- European Journal of Operational Research (<http://www.journals.elsevier.com/european-journal-of-operational-research/>).

7.6. Иные источники

Не используются.

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

Отдельные практические занятия предполагают активное использование программно-информационных ресурсов, что делает целесообразным их проведение в специально оборудованных аудиториях с доступом в Интернет.

Публикация учебно-методических материалов по дисциплине осуществляется на платформе LMS Moodle.

Финальный тест по дисциплине проводится на платформе LMS Moodle.

Проведение занятий в дистанционной форме (в случае необходимости) осуществляется на платформе MS Teams.

Выполнение домашних заданий, самостоятельная работа, подготовка к лекционным и практическим занятиям предполагает использование персонального компьютера (рабочей станции) с доступом в Интернет.

Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Таблица 7

№ п/п	Наименование
1.	Классы, оборудованные рабочими станциями с онлайн-доступом в Интернет
2.	Операционная система на рабочих станциях, базовое ПО (антивирусное ПО, доступ в Интернет и т.п.)
3.	ПО Microsoft Office (включая надстройки «Анализ данных», «Поиск решения»)
4.	ПО MathCad
5.	ПО R, R Studio
6.	LMS Moodle
7.	MS Teams
8.	Мультимедийные средства при проведении лекционных и практических занятий
9.	Облачные технологии Elma365, Promise

Предполагается оборудование компьютерных классов согласно нормативу «индивидуальное рабочее на каждого учащегося».

Каждому обучающемуся должна быть предоставлена возможность онлайн Интернет-доступа (не менее 20% времени, отведенного на самостоятельную подготовку).