

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Факультет информатики и информационных технологий

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Исследование операций и математическое моделирование

Кафедра информационных систем и технологий программирования

Образовательная программа
09.03.03 Прикладная информатика

Направленность (профиль) программы
Информационные системы и программирование
Прикладная информатика в экономике и управлении
Прикладная информатика в юриспруденции

Уровень высшего образования
бакалавриат

Форма обучения
Очная

Статус дисциплины:
входит в обязательную часть ОПОП

Махачкала, 2021

Рабочая программа дисциплины «Исследование операций и математическое моделирование» составлена в 2021 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки 09.03.03 Прикладная информатика от «19» сентября 2017г. № 922.

Разработчик(и): кафедра информационных систем и технологий программирования, Магомедгаджиев Ш.М., к.э.н., доцент

Рабочая программа дисциплины одобрена:
на заседании кафедры ИСиТП от «29» июня 2021г., протокол № 11
Зав. кафедрой _____ Исмиханов З.Н.
(подпись)

на заседании Методической комиссии факультета ИиИТ
от «29» июня 2021г., протокол № 11.

Председатель _____ Бакмаев А.Ш.
(подпись)

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением «9» июля 2021г.

Начальник УМУ _____ Гасангаджиева А.Г.
(подпись)

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Исследование операций и математическое моделирование» входит в обязательную часть образовательной программы бакалавриата по направлению 09.03.03 Прикладная информатика.

Дисциплина реализуется на факультете информатики и информационных технологий кафедрой информационных систем и технологий программирования.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с постановкой и решением прикладных задач на основе методов математического моделирования с использованием современных информационных технологий, анализом результатов решения задач и принятием на их основе управленческих решений в профессиональной деятельности.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: универсальных - УК-2; общепрофессиональных ОПК -1, ОПК-6.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: лекции, практические занятия, лабораторные занятия, самостоятельная работа.

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости: текущий контроль в форме опроса, тестов, контрольных работ и промежуточный контроль в форме экзамена.

Объем дисциплины 4 зачетные единицы, в том числе 144 в академических часах по видам учебных занятий

форма обучения - очная

Семестр	Учебные занятия						Форма промежуточной аттестации	
	в том числе:							
	всего	Контактная работа обучающихся с преподавателем						СРС, в том числе экзамен
		всего	из них					
Лекции			Лабораторные занятия	Практические занятия				
4	144	66	16	34	16	78	экзамен	

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Исследование операций и математическое моделирование» является приобретение обучающимися теоретических знаний и практических навыков постановки и решения задач исследования операций и методами математического моделирования.

Преподавание дисциплины «Исследование операций и математическое моделирование» ведется исходя из требуемого уровня подготовки по программе обучения бакалавров. Конечные цели преподавания дисциплины:

- овладение методологией математического моделирования, построения и применения математических моделей в задачах исследования операций;
- освоение математических методов получения оптимальных решений;
- углубление теоретических знаний о проблемах разработки и выбора решений по организации и управлению целенаправленными процессами (операциями)
- освоение новых цифровых технологий для решения задач исследования операций и моделирования.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина «Исследование операций и математическое моделирование» входит в обязательную часть образовательной программы по направлению 09.03.03 Прикладная информатика.

При изучении дисциплины «Исследование операций и математическое моделирование» предполагается, что студент владеет основами матричной алгебры, математического анализа, теории вероятностей, программирования, экономической теории, экономики и статистики фирмы в объеме, предусмотренным ФГОС ВО подготовки бакалавров.

Данный курс подготовит студентов к изучению курса «Имитационное моделирование», а также к прослушиванию в дальнейшем спецкурсов, связанных с математическим и компьютерным моделированием.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения и процедура освоения).

Код и наименование компетенции из ОПОП	Код и наименование индикатора достижения компетенций (в соответствии с ОПОП)	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
УК-2. Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	ИД1. УК-2.1. Знает необходимые для осуществления профессиональной деятельности правовые нормы и методологические основы принятия управленческого решения. ИД2. УК-2.2. Умеет анализировать альтернативные варианты решений для достижения намеченных результатов; разрабатывать план, определять целевые этапы и основные направления работ. ИД3. УК-2.3. Владеет методами разработки цели и задач проекта; методами оценки продолжительности и стоимости проекта, а также потребности в ресурсах.	<i>Знает:</i> методологические основы исследования операций и методов оптимизации. <i>Умеет:</i> структурировать и анализировать цели и функции систем управления, составлять математические модели типовых профессиональных задач. <i>Владеет:</i> Методами формулировки рекомендаций и управленческих решений, обоснованных математическими расчетами.	Опрос, тестирование, контрольная работа

<p>ОПК-1. Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности</p>	<p>ИД1. ОПК-1.1. Знает основы математики, физики, вычислительной техники и программирования. ИД2. ОПК-1.2. Умеет решать стандартные профессиональные задачи с применением естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования. ИД3. ОПК-1.3. Владеет навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности.</p>	<p><i>Знает:</i> основные подходы применения экономико-математических методов в профессиональной деятельности; программные средства и приложения для решения задач исследования операций и моделирования <i>Умеет:</i> применять (при необходимости адаптировать) современный математический инструментарий и цифровые технологии для решения задач профессиональной деятельности. <i>Владеет:</i> навыками работы с инструментальными средствами моделирования объектов профессиональной деятельности</p>	<p>Опрос, тестирование, контрольная работа</p>
<p>ОПК-6. Способен анализировать и разрабатывать организационно-технические и экономические процессы с применением методов системного анализа и математического моделирования</p>	<p>ИД1. ОПК-6.1. Знает основы теории систем и системного анализа, дискретной математики, теории вероятностей и математической статистики, методов оптимизации и исследования операций, нечетких вычислений, математического и имитационного моделирования. ИД2. ОПК-6.2. Умеет применять методы теории систем и системного анализа, математического, статистического и имитационного моделирования для автоматизации задач принятия решений, анализа информационных потоков, расчета экономической эффективности и надежности информационных систем и технологий. ИД3. ОПК-6.3. Владеет навыками проведения инженерных расчетов основных показателей результативности создания и применения информационных систем и технологий.</p>	<p><i>Знает:</i> основные понятия и разделы исследования операций и методов оптимизации; типовые модели исследования операций (линейное, нелинейное, динамическое программирование, специальные задачи исследования операций, методы сетевого планирования и теории игр) <i>Умеет:</i> формализовать типовые модели исследования операций в виде задач математического программирования; задач транспортного типа, задач сетевого планирования и теории игр, с использованием современных цифровых технологий. <i>Владеет:</i> основными приемами и методами решения задач оптимизации с использованием современных цифровых технологий (MS Excel, библиотеки numpy и cvxpy Python)</p>	<p>Опрос, тестирование, контрольная работа</p>

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 академических часов.

4.2. Структура дисциплины.

4.2.1. Структура дисциплины в очной форме

№ п/п	Разделы и темы дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Контроль самост. раб.		
Модуль 1. Методы линейного программирования									
1	Предмет, задачи курса исследование операций и методы оптимизации	4	1-2	2	2			6	Опрос, тестирование, контрольная работа
2	Линейное программирование в экономике. Методы решения задач линейного программирования	4	3-6	2	2	10		12	Опрос, тестирование, контрольная работа
<i>Итого по модулю 1:</i>				4	4	10		18	
Модуль 2. Специальные задачи исследования операций и методы нелинейного программирования									
1	Задачи целочисленного линейного программирования.	4	7-8	2	2	4		4	Опрос, тестирование, контрольная работа
2	Транспортная задача. Методы оптимизации плана перевозок	4	9-10	2	2	4		4	Опрос, тестирование, контрольная работа
3	Методы нелинейного программирования.	4	11-12	2	2	4		4	Опрос, тестирование, контрольная работа
<i>Итого по модулю 2:</i>				6	6	12		12	Зачет
Модуль 3. Динамическое программирование. Методы сетевого планирования и теории игр									
1	Методы и модели динамического программирования. Задача о распределении средств между предприятиями.	4	13-14	2	2	4		4	Опрос, тестирование, контрольная работа
2	Основные понятия сетевого	4	15-16	2	2	4		4	Опрос, тестирование, контрольная работа

	планирования. Анализ и оптимизация сетевых моделей								работа
3	Основы теории игр	4	17-19	2	2	4		4	Опрос, тестирование, контрольная работа
	<i>Итого по модулю 3:</i>			6	6	12		12	
	Модуль 4. Подготовка к экзамену								
	<i>Итого по модулю 4:</i>							36	экзамен
	ИТОГО:			16	16	34		78	

4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).

4.3.1. Содержание лекционных занятий по дисциплине.

Лекционный курс

№ п/п	Наименование темы	Трудоемкость	Содержание	Формируемые компетенции	Результаты освоения (знать, уметь, владеть)	Технологии обучения
1.	Предмет, задачи курса исследование операций и методы оптимизации	2	Операция, решение. Методология исследования операций. Этапы и постановка задачи исследования операций.	УК-2.	Знать основные понятия, методологические основы и классификацию задач исследования операций и методов оптимизации.	Опрос, тестирование, контрольная работа
2.	Линейное программирование в экономике. Методы решения задач линейного программирования	2	Задачи оптимизационного типа их особенности. Общая задача линейного программирования. Графический метод решения задачи линейного программирования. Симплекс метод. Двойственные задачи линейного программирования. Современных цифровые технологии решения задач линейного программирования	ОПК-1.	Знать основные подходы применения оптимизационных задач, методы линейного программирования. Уметь формулировать задачу линейного программирования. Владеть навыками работы инструментами MS Excel и свхру из Phython и библиотеки optimize для решения типовых задач оптимизации.	Опрос, тестирование, контрольная работа, кейс-задача
3.	Задачи целочисленного линейного программирования.	2	Формулировка задачи линейного целочисленного программирования. Методы решения задачи линейного целочисленного программирования.	ОПК-6.	Знать основные понятия, модели и методы целочисленного программирования. Уметь формализовать типовые модели исследования операций в виде задач целочисленного программирования	Опрос, тестирование, контрольная работа
4.	Транспортная задача. Методы оптимизации	2	Модель транспортной задачи, сущность, особенности, формулировка, запись	ОПК-6.	Знать основные понятия, модели и методы оптимизации транспортных задач.	Опрос, тестирование,

	плана перевозок		в символьном виде и ее модификации.		Уметь формализовать типовые модели исследования операций в виде задач транспортного типа.	контрольная работа
5.	Методы нелинейного программирования.	2	Основные понятия и общие сведения о методах реализации моделей нелинейного программирования. Методы нелинейной оптимизации. Статистические функции и инструментарий "Поиск решения" MS Excel.	ОПК-6.	Знать основные понятия, модели и методы нелинейного программирования. Уметь формализовать типовые модели исследования операций в виде задач нелинейного программирования; применять статистических функций и инструментарий "Поиск решения" MS Excel для решения задачи оптимизации портфеля ценных бумаг	Опрос, тестирование, контрольная работа
6.	Методы и модели динамического программирования. Задача о распределении средств между предприятиями.	2	Общая постановка задачи динамического программирования. Принцип оптимальности. Уравнения Беллмана. Постановки и решение задачи оптимального распределения средств для непрерывных и дискретных процессов	ОПК-6.	Знать основные понятия, модели и методы динамического программирования. Уметь формализовать типовые модели исследования операций в виде задач динамического программирования	Опрос, тестирование, контрольная работа
7.	Основные понятия сетевого планирования. Анализ и оптимизация сетевых моделей	2	Сетевая модель и ее основные элементы. Коэффициент напряженности работы. Анализ и оптимизация сетевого графика.	ОПК-6.	Знать основные понятия, модели и методы сетевого планирования. Уметь анализировать сетевой график, применять методы оптимизации сетевой модели; применять инструментарий "Поиск решения" MS Excel для оптимизации сетевого графика.	Опрос, тестирование, контрольная работа
8.	Основы теории игр	2	Игровые методы обоснования управленческих решений в экономике. Матричные игры и «игры с природой»	ОПК-6.	Знать основы теории игр, матричные игры, игры с природой. Уметь формализовать типовые модели конфликтных ситуаций в виде задач теории игр	Опрос, тестирование, контрольная работа

Практические занятия

№ п/п	Наименование темы	Трудоемкость	Содержание	Формируемые компетенции	Результаты освоения (знать, уметь, владеть)	Технологии обучения
1.	Предмет, задачи курса исследование операций и	2	Математические модели исследования операций. Этапы исследования	УК-2.	Знать этапы исследования операций. Уметь применять методологию исследования	Опрос, тестирование

	методы оптимизации		операций. Методология исследования операций.		операций для анализа типовых ситуаций и сложных систем.	
2.	Линейное программирование в экономике Методы решения задач линейного программирования	2	Общая задача линейного программирования. Классические экономические задачи, решаемые методами математического программирования. Графический метод. Симплекс метод. Двойственные оценки	ОПК-1.	Знать основные подходы применения линейного программирования. Уметь формулировать классические задачи оптимизационного типа применять графический и симплекс метод для решения задач линейного программирования.	Опрос, тестирование, кейс-задача
3.	Задачи целочисленного линейного программирования.	2	Формулировка задачи линейного целочисленного программирования. Метод Гомори. Метод ветвей и границ.	ОПК-6.	Уметь применять метод Гомори и метод ветвей и границ для решения задач целочисленного программирования	Опрос, тестирование, кейс-задача
4.	Транспортная задача. Методы оптимизации плана перевозок	2	Формулировка задачи о перевозках и её модификаций. Метод построения начального опорного плана. Метод потенциалов.	ОПК-6.	Знать задачу оптимизации транспортного типа и её модификации. Уметь применять методы построения начального опорного плана и метод потенциалов.	Опрос, тестирование, кейс-задача
5.	Методы нелинейного программирования.	2	Постановка задачи нелинейного программирования, методы решения. Модель потребительского выбора. Модель оптимизации портфеля ценных бумаг	ОПК-6.	Знать типовые модели нелинейного программирования. Уметь применять аналитические методы, градиентные методы и метод штрафных функций решения задач нелинейного программирования.	Опрос, тестирование, кейс-задача
6.	Методы и модели динамического программирования. Задача о распределении средств между предприятиями.	2	Принцип оптимальности. Уравнение Беллмана. Непрерывная и дискретная динамическая модель оптимального распределения ресурсов	ОПК-6.	Знать модели и методы динамического программирования. Уметь применять принцип оптимальности и уравнение Беллмана для решения задач динамического программирования	Опрос, тестирование, кейс-задача
7.	Основные понятия сетевого планирования. Анализ и оптимизация сетевых моделей	2	Методика расчета временных параметров сетевых графиков. Методы анализа и оптимизации сетевых графиков	ОПК-6.	Знать элементы и характеристики сетевого графа. Владеть навыками анализа и оптимизации сетевой модели.	Опрос, тестирование, кейс-задача
8.	Основы теории игр	2	Классификация игр. Свойства матричных игр. Игра с нулевой суммой. Оценка риска в «играх с природой», критерии.	ОПК-6.	Знать основы теории игр, матричные игры, игры с природой. Уметь решать матричные игры, оценивать критерии Гурвица, Сэвиджа, Вальда Лапласа в «играх с природой».	Опрос, тестирование, кейс-задача

Лабораторные занятия

№ п/п	Наименование темы	Трудоемкость	Содержание	Формируемые компетенции	Результаты освоения (знать, уметь, владеть)	Технологии обучения
1.	Линейное программирование в экономике	4	Лабораторная работа №1: Решение экономических задач оптимизационного типа	ОПК-1.	Владеть навыками решения задач оптимизационного типа с использованием инструментов моделирования MS Excel и свхру из Phython и библиотеки optimize.	Опрос, кейс-задача
2.	Методы решения задач линейного программирования	6	Лабораторная работа №2: Классические экономические задачи линейного программирования	УК-2. ОПК-1.	Владеть методами анализа полученного решения задачи оптимизации и формулировки рекомендаций и управленческих решений. Владеть навыками работы инструментами MS Excel и Phython для решения типовых задач оптимизации	Опрос, кейс-задача
3.	Задачи целочисленного линейного программирования.	4	Лабораторная работа №3: Решение задачи линейного целочисленного программирования (ЗЛЦП)	ОПК-6.	Владеть приемами и методами решения задач целочисленного программирования методом Гомори, ветвей и границ с использованием информационных технологий	Опрос, кейс-задача
4.	Транспортная задача. Методы оптимизации плана перевозок	4	Лабораторная работа №4: Решение задачи оптимизации плана перевозок	ОПК-6.	Владеть приемами и методами решения задач оптимизации плана перевозок с использованием современных информационных технологий	Опрос, кейс-задача
5.	Методы нелинейного программирования.	4	Лабораторная работа №5: Решение задачи нелинейного программирования с помощью MS Excel	ОПК-6.	Владеть приемами и методами решения типовых задач нелинейного программирования с использованием информационных технологий	Опрос, кейс-задача
6.	Методы и модели динамического программирования. Задача о распределении средств между предприятиями	4	Лабораторная работа №6: Распределение капитальных вложений между предприятиями	ОПК-6.	Владеть приемами и методами решения задач оптимального распределения капитальных вложений с использованием информационных технологий	Опрос, кейс-задача
7.	Основные понятия сетевого планирования. Анализ и оптимизация сетевых моделей	4	Лабораторная работа №7: Анализ и оптимизация сетевого графа	ОПК-6.	Владеть приемами и методами анализа и оптимизации сетевого графа с использованием информационных технологий	Опрос, кейс-задача
8.	Основы теории игр	4	Лабораторная работа №8: Решение задач теории игр	УК-2. ОПК-6.	Владеть методами принятия решений в условиях риска и неопределенности	Опрос, кейс-задача

					Владеть приемами и методами решения матричных игр и «игры с природой» с использованием информационных технологий.	
--	--	--	--	--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

Модуль 1. Методы линейного программирования

Тема 1. Предмет, задачи курса исследование операций и методы оптимизации

Предмет и метод исследования операций в экономике. Основные понятия курса. Операция, решение. Методология исследования операций. Этапы и постановка задачи исследования операций. Примеры типовых экономических ситуаций, разрешаемых методами исследования операций в экономике. Постановка задачи оптимального планирования производства. Понятия модель и моделирование. Элементы модели. Виды моделей.

Тема 2. Линейное программирование в экономике. Методы решения задач линейного программирования

Задачи оптимизационного типа их особенности. Подходы к постановке оптимизационных задач. Общая задача математического программирования. Несбалансированные планы. Критерий оптимальности. Общая задача линейного программирования и формы её записи. Этапы построения оптимизационных моделей.

Задачи ассортимента продукции, загрузки оборудования (задача Л.В. Канторовича), рецептуры сырья, раскроя материалов: формулировка, математическая запись, табличная запись.

Графический метод решения задачи линейного программирования. Этапы решения задачи линейного программирования геометрическим методом. Неразрешимость, множественность и безграничность решения.

Симплекс метод. Определение первоначального допустимого базисного решения. Алгоритм построения симплекс-таблицы. Переход к следующей таблице и проверка выполнение критерия оптимальности. Применение ПЭВМ для решения задач линейного программирования.

Двойственные задачи линейного программирования и их свойства. Алгоритм составления двойственной задачи. Основное неравенство теории двойственности, теорема о достаточном признаке оптимальности, теоремы двойственности. Объективно обусловленные оценки и их смысл.

Инструментарий “Поиск решения” MS Excel и библиотеки optimize и cvxpy из Python для решения задач линейного программирования.

Модуль 2. Специальные задачи исследования операций и методы нелинейного программирования

Тема 3. Задачи целочисленного линейного программирования.

Формулировка задачи линейного целочисленного программирования. Условие целочисленности. Методы решения задачи линейного целочисленного программирования: методы отсечения, комбинаторные методы, приближенные методы. Метод Гомори. Алгоритм решения задачи линейного целочисленного программирования методом Гомори. Метод ветвей и границ.

Тема 4. Транспортная задача. Методы оптимизации плана перевозок

Экономико-математическая модель транспортной задачи, ее модификации. Задача транспортного типа: сущность, особенности, формулировка, запись в символьном виде.

Задача закрытого и открытого типа, учет пропускной способности. Особенности решения многоэтапных задач транспортного типа. Этапы построения модели многоэтапных задач транспортного типа. Методы составления опорного плана: северо-западного угла, минимальной стоимости, Фогеля. Итерационный алгоритм решения транспортной задачи. Метод потенциалов. Применение библиотеки `pumpy` и `cvxopt.modeling` Python для решения задачи транспортного типа.

Тема 5. Методы нелинейного программирования.

Основные понятия и общие сведения о методах реализации моделей нелинейного программирования. Методы нелинейного программирования в экономике. Экстремум и оптимум в задачах нелинейного программирования. Условная и безусловная оптимизация. Метод Лагранжа для решения задач оптимизации на условный экстремум. Метод Франка-Вульфа. Метод штрафных функций.

Постановка задачи потребительского выбора. Функция полезности. Кривые безразличия. Предельная полезность блага. Коэффициент предельной эквивалентной замены благ. Математическая модель задачи потребительского выбора. Решение задачи потребительского выбора.

Риск и доходность портфеля ценных бумаг. Общая задача распределения капитала. Корреляция ценных бумаг и риск. Модель оптимизации портфеля ценных бумаг. Применение статистических функций и инструментария “Поиск решения” MS Excel для решения задачи оптимизации портфеля ценных бумаг.

Модуль 3. Динамическое программирование. Методы сетевого планирования и теории игр

Тема 6. Методы и модели динамического программирования. Задача о распределении средств между предприятиями.

Общая постановка задачи динамического программирования. Задача динамического программирования пошаговой оптимизации. Особенности модели динамического программирования. Принцип оптимальности. Уравнения Беллмана. Экономические задачи, решаемые методами динамического программирования.

Постановка задачи оптимального распределения средств между предприятиями. Непрерывная модель распределения ресурсов. Дискретная динамическая модель оптимального распределения средств между предприятиями

Тема 7. Основные понятия сетевого планирования. Анализ и оптимизация сетевых моделей

Сетевая модель и ее основные элементы. Порядок построения сетевых графиков. Ожидаемое время выполнения работ и его методы расчета. Экспертный метод расчета ожидаемого времени выполнения работ.

Параметры сетевых моделей. Понятие о пути. Критические и подкритические пути и их расчет. Временные параметры сетевых графиков. резервы времени путей, работ события и их расчет. Сетевое планирование в условиях неопределенности.

Методы анализа и оптимизации сетевых графиков. Коэффициент напряженности работы. Оптимизация сетевого графика методом «время-стоимость». Эвристический метод. Применение метода линейного программирования для оптимизации сетевого графика. Применение инструментария “Поиск решения” MS Excel для оптимизации сетевого графика.

Тема 8. Основы теории игр

Задачи игровых методов обоснования решений. Конфликтные ситуации в игровых задачах. Игровые модели экономических процессов: основные понятия. «Парные» и

«множественные» игровые модели. Понятия стратегии и оптимальной стратегии. Антагонистические игры.

Матричные игры в экономике. Нижняя и верхняя цена игры. «Максимин» и «минимакс» как виды выигрышей. Устойчивые и оптимальные чистые стратегии. Игра с полной информацией.

Методы решения матричных игр. Доминирующие и дублирующие стратегии. Гарантированный выигрыш.

Сведение задач теории игр к задачам линейного программирования

«Игры с природой». Оценка риска в «играх с природой». Критерий оценки риска. Критерий, основанный на известных вероятностных состояниях «природы». Максиминный критерий Вальда. Критерий пессимизма-оптимизма Гурвица. Критерий минимаксного риска Сэвиджа.

4.3.2. Содержание лабораторно-практических занятий по дисциплине.

Модуль 1. Методы линейного программирования

Тема 1. Предмет, задачи курса исследование операций и методы оптимизации (практическое занятие).

Вопросы к теме:

1. Основные понятия, предмет и задачи курса.
2. Математические модели исследования операций.
3. Особенности методологии исследования операций.
4. Этапы реализации методов исследования операций.

Тема 2. Линейное программирование в экономике. Методы решения задач линейного программирования (практическое занятие).

Вопросы к теме:

1. Сущность задач оптимизационного типа.
2. Общая задача линейного программирования
3. Классические экономические задачи, решаемые методами линейного программирования
4. Графический метод. Симплекс метод.
5. Решение на ПЭВМ задач линейного программирования.
6. Двойственные задачи линейного программирования и их свойства.
7. Применение инструментария “Поиск решения” MS Excel и библиотеки optimize и cvxpy из Python для решения задач линейного программирования

Модуль 2. Специальные задачи исследования операций и методы нелинейного программирования

Тема 3. Задачи целочисленного линейного программирования. (практическое занятие).

Вопросы к теме:

1. Формулировка и методы решения задачи целочисленного линейного программирования.
2. Метод Гомори.
3. Метод ветвей и границ.

Тема 4. Транспортная задача. Методы оптимизации плана перевозок (практическое занятие).

Вопросы к теме:

1. Экономико-математическая модель транспортной задачи и ее модификации.
2. Методы составления опорного плана перевозок.
3. Метод потенциалов.
4. Применение библиотеки `cvxopt.modeling` Python для решения задачи транспортного типа

Тема 5. Методы нелинейного программирования.
(практическое занятие).

Вопросы к теме:

1. Формулировка и классификация задач нелинейного программирования
2. Аналитические методы оптимизации задач нелинейного программирования
3. Приближенные методы оптимизации задач нелинейного программирования
4. Модель потребительского выбора.
5. Модель оптимизации портфеля ценных бумаг.

Модуль 3. Динамическое программирование. Методы сетевого планирования и теории игр

Тема 6. Методы и модели динамического программирования. Задача о распределении средств между предприятиями.
(практическое занятие).

Вопросы к теме:

1. Общая постановка задачи динамического программирования
2. Принцип оптимальности и уравнения Беллмана
3. Постановка задачи оптимального распределения средств между предприятиями.
4. Непрерывная модель распределения ресурсов
5. Дискретная динамическая модель оптимального распределения ресурсов

Тема 7. Основные понятия сетевого планирования. Анализ и оптимизация сетевых моделей

(практическое занятие).

Вопросы к теме:

1. Сущность, элементы и правила построения сетевых моделей
2. Методы сетевого планирования. Метод критического пути (СРМ)
3. Методы анализа и оптимизации сетевых графиков
4. Применение методов линейного программирования для оптимизации сетевого графика.
5. Приведение задачи сетевого планирования к задаче линейного программирования и решение с помощью инструментария “Поиск решения” MS Excel

Тема 8. Основы теории игр
(практическое занятие).

Вопросы к теме:

1. Основные понятия теории игр. Классификация игр.
2. Свойства матричных игр. Игра с нулевой суммой
3. Нижняя и верхняя цена игры в чистых стратегиях, их расчет.
4. Смешанные стратегии, расчет их характеристик.
5. Сведение задачи теории игр к задачам линейного программирования.
6. Решение матричных игр с помощью инструментария “Поиск решения” MS Excel. Применение статистических функций для оценки критериев “Игры с природой”
7. Особенности «игры с природой».
8. Оценка риска в «играх с природой»
9. Критерий Гурвица

10. Критерий Сэвиджа
11. Критерий Вальда
12. Критерий Лапласа

Лабораторные работы (лабораторный практикум)

1. Лабораторная работа №1: Решение экономических задач оптимизационного типа
2. Лабораторная работа №2: Классические экономические задачи линейного программирования
3. Лабораторная работа №3: Решение задачи линейного целочисленного программирования (ЗЛЦП)
4. Лабораторная работа №4: Решение задачи оптимизации плана перевозок
5. Лабораторная работа №5: Решение задачи нелинейного программирования с помощью MS Excel
6. Лабораторная работа №6: Распределение капитальных вложений между предприятиями
7. Лабораторная работа №7: Анализ и оптимизация сетевого графа
8. Лабораторная работа №8: Решение задач теории игр

5. Образовательные технологии

Традиционные образовательные технологии - лекции в сочетании с практическими занятиями, семинарами и с лабораторными работами, самостоятельное изучение определенных разделов. Использование персональных компьютеров при выполнении лабораторных работ и сдаче итогового экзамена. Чтение лекций с использованием компьютера и проектора, проведение лабораторных работ в компьютерном классе.

При реализации учебной дисциплины используются электронные практикумы, электронные учебники, презентации средства диагностики и контроля, разработанные специалистами кафедры т.д.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивной форме, составляет 20% аудиторных занятий.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Форма контроля и критерий оценок

В соответствии с учебным планом предусмотрен экзамен в четвертом семестре.

Формы контроля: текущий контроль, промежуточный контроль по модулю, итоговый контроль по дисциплине предполагают следующее распределение баллов.

Текущий контроль

- Выполнение 1 домашней работы 10 баллов
- Активность в системе Moodle 10 баллов

Промежуточный контроль

Примерное распределение времени самостоятельной работы студентов

Вид самостоятельной работы	Примерная трудоёмкость, а.ч.	Формируемые компетенции
	очная	
Текущая СРС		
работа с лекционным материалом, с учебной литературой	4	УК-2
опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	2	ОПК-6
самостоятельное изучение разделов дисциплины	8	ОПК-6
выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	6	ОПК-6

подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	2	ОПК-1, ОПК-6
подготовка к контрольным работам, коллоквиумам, зачётам	4	УК-2, ОПК-1, ОПК-6
Творческая проблемно-ориентированная СРС		
выполнение расчётно-графических работ	4	ОПК-1
поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме	2	ОПК-1
исследовательская работа, участие в конференциях, семинарах, олимпиадах	2	ОПК-1
анализ данных по заданной теме, выполнение расчётов, составление схем и моделей на основе собранных данных	2	ОПК-6
Итого СРС:	36	

Самостоятельная работа студентов (СРС) включает контролируемую и внеаудиторную самостоятельную работу, направлена на повышение качества обучения, углубление и закрепление знаний студента, развитие аналитических навыков по проблематике учебной дисциплины, активизацию учебно-познавательной деятельности студентов и снижение аудиторной нагрузки. Часть программного материала выносится для самостоятельного внеаудиторного изучения с последующим текущим или итоговым контролем знаний на занятиях или экзамене. Контроль СРС и оценка ее результатов организуется как самоконтроль (самооценка) студента, а также как контроль и оценка со стороны преподавателя, например в ходе собеседования. Баллы, полученные по СРС студентом, обязательно учитываются при итоговой аттестации по курсу. Формы контроля СРС включают: тестирование; устную беседу по теме с преподавателем; выполнение индивидуального задания и др.

Роль студента в СРС - самостоятельно организовывать свою учебную работу по предложенному преподавателем, методически обеспеченному плану. СРС по курсу учитывает индивидуальные особенности слушателей и включает не только задания, связанные с решением типовых задач, но также творческие задания, требующие самостоятельно «добывать» знания из разных областей, группировать и концентрировать их в контексте конкретной решаемой задачи. Технология обучения предусматривает выработку навыков презентации результатов выполненного индивидуального задания и создание условий для командной работы над комплексной темой с распределением функций и ответственности между членами коллектива. Оценка результатов выполнения индивидуального задания осуществляется по критериям, известным студентам, отражающим наиболее значимые аспекты контроля за выполнением этого вида работ.

Разделы и темы для самостоятельного изучения	Виды и содержание самостоятельной работы
Сведения об истории возникновения дисциплины исследование операции и методы оптимизации. Особенности моделирования в экономике. Методология исследования операций	-конспектирование первоисточников и другой учебной литературы; -проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе) и подготовка докладов на семинарах и практических занятиях, к участию в тематических дискуссиях; -поиск и обзор научных публикаций и электронных источников информации, подготовка заключения по обзору; -работа с тестами и вопросами для самопроверки;

<p>Классические экономические задачи решаемые методами математического программирования</p> <p>Прямая и двойственная задачи линейного программирования</p> <p>Теория двойственности.</p> <p>Объективно - обусловленные оценки двойственной задачи</p>	<p>-конспектирование первоисточников и другой учебной литературы;</p> <p>-проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе) и подготовка докладов на семинарах и практических занятиях, к участию в тематических дискуссиях;</p> <p>-поиск и обзор научных публикаций и электронных источников информации, подготовка заключения по обзору;</p> <p>-работа с тестами и вопросами для самопроверки;</p> <p>-решение задач, упражнений;</p> <p>- решение домашних контрольных задач.</p>
<p>Учет пропускной способности в моделях транспортного типа.</p> <p>Многоэтапные задачи транспортного типа.</p> <p>Итерационный алгоритм решения транспортной задачи.</p> <p>Задача о назначениях.</p> <p>Задача коммивояжера.</p>	<p>-конспектирование первоисточников и другой учебной литературы;</p> <p>-проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе) и подготовка докладов на семинарах и практических занятиях, к участию в тематических дискуссиях;</p> <p>-поиск и обзор научных публикаций и электронных источников информации, подготовка заключения по обзору;</p> <p>-работа с тестами и вопросами для самопроверки;</p> <p>- решение домашних контрольных задач.</p>
<p>Модели выпуклого программирования. Теорема Куна-Такера.</p> <p>Функция полезности в теории потребления.</p> <p>Задача оптимизация портфеля ценных бумаг.</p>	<p>-конспектирование первоисточников и другой учебной литературы;</p> <p>-проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе) и подготовка докладов на семинарах и практических занятиях, к участию в тематических дискуссиях;</p> <p>-поиск и обзор научных публикаций и электронных источников информации, подготовка заключения по обзору;</p> <p>-работа с тестами и вопросами для самопроверки;</p> <p>- решение домашних контрольных задач.</p>
<p>Основные понятия теории оптимального управления.</p> <p>Задача распределения средств между предприятиями.</p> <p>Задача о замене оборудования.</p> <p>Модели управления запасами.</p>	<p>-конспектирование первоисточников и другой учебной литературы;</p> <p>-проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе) и подготовка докладов на семинарах и практических занятиях, к участию в тематических дискуссиях;</p> <p>-поиск и обзор научных публикаций и электронных источников информации, подготовка заключения по обзору;</p> <p>-работа с тестами и вопросами для самопроверки;</p> <p>- решение домашних контрольных задач.</p>
<p>Упорядочение сетевого графика. Понятие о пути.</p> <p>Методы определения ожидаемого времени выполнения работ на сетевом графике: статистические и экспертных оценок.</p> <p>Анализ и оптимизация сетевого графика</p>	<p>-конспектирование первоисточников и другой учебной литературы;</p> <p>-проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе) и подготовка докладов на семинарах и практических занятиях, к участию в тематических дискуссиях;</p>

	-поиск и обзор научных публикаций и электронных источников информации, подготовка заключения по обзору; -работа с тестами и вопросами для самопроверки; - решение домашних контрольных задач.
Антагонистические игры. Математическую модель смешанной стратегии двух предприятий конкурентов. Игры с седловой точкой. Ситуация равновесия. Сущность критерия, основанного на известных вероятностных состояниях «природы» и его математическая запись	-конспектирование первоисточников и другой учебной литературы; -проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе) и подготовка докладов на семинарах и практических занятиях, к участию в тематических дискуссиях; -поиск и обзор научных публикаций и электронных источников информации, подготовка заключения по обзору; -работа с тестами и вопросами для самопроверки; - решение домашних контрольных задач.
Инструментарий MS Excel : «Поиск решения»; функции СРЗНАЧ, ДИСП, КОВАР, МУМНОЖ, СТАНДАРТОТКЛОН, МОБР, МИН, МАКС, СУММАПРОИЗВ, абсолютная и относительная адресация ячеек, копирование формул, макросы	Изучение документации программного обеспечения
Среда Anaconda, Jupyter Notebook. Библиотеки Phyton: Pandas, NumPy, Matplotlib, SciPy, Документация Phyton по функциям: optimize, cvxpy, cvxopt.modeling	Изучение документации программного обеспечения

7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

7.1. Типовые контрольные задания

Комплект тестовых заданий

1. Расширенная система уравнений в задачах линейного программирования представляет собой систему, получаемую из исходной после ввода

- дополнительных переменных
- вспомогательных и фиктивных переменных
- основных переменных
- основных и дополнительных переменных

2. По какой формуле рассчитываются элементы столбца свободных членов очередной симплекс-таблицы?

$$\text{а) } b_i' = b_i - \frac{a_{is}b_q}{a_{qs}} \quad \text{б) } b_i' = b_i - \frac{a_{qs}b_q}{a_{is}}$$

$$\text{в) } b_i = b_i - \frac{a_{is}b_s}{a_{gs}} \quad \text{г) } b_i' = b_i - \frac{a_{qs}b_s}{a_{is}}$$

3. Разрешающий столбец симплекс-таблицы оптимизационной задачи, решаемой на max - это

- а) столбец, на котором расположен наибольший отрицательный коэффициент целевой функции
 б) столбец, на котором расположено наибольшее из значений отрицательных коэффициентов целевой функции
 в) строка, на которой расположена наибольшая величина ограничителя
 г) строка, на которой расположена наименьшая величина ограничителя

4. Оценочные отношения каждой строки симплекс-таблицы равны

- а) $|b_i/a_{is}|$, если $b_i > 0, a_{is} > 0$ б) $|b_i/a_{is}|$, если $b_i > 0, a_{is} < 0$
 в) $|b_i/a_{is}|$, если $b_i < 0, a_{is} > 0$ г) $|b_i/a_{is}|$, если $b_i < 0, a_{is} < 0$

5. В 1-й симплекс-таблице q и s соответственно разрешающая строка и столбец. По какой формуле определяются элементы 2-й симплекс-таблицы

- а) $a_{ij} - \frac{a_{is} * a_{qj}}{a_{qs}}$ б) $a_{is} - \frac{a_{ij} * a_{qj}}{a_{qs}}$ в) $a_{qj} - \frac{a_{ij} * a_{is}}{a_{qs}}$ г) $a_{qs} - \frac{a_{is} * a_{qj}}{a_{ij}}$

6. Базис 1-й симплекс-таблицы оптимизационной задачи содержит четыре переменных. Сколько переменных будет в базисе 5-й симплекс-таблицы

- а) четыре б) пять в) один г) два

7. Какая из следующих записей целевой функции линейного программирования является векторной формой записи?

- а) $F = C * X$ б) $F = \sum C_j * X_j$
 в) $F = \sum C * X$ г) $F = C_1 X_1 + C_2 X_2 + \dots + C_n X_n$

8. Найдите правильную запись условий-ограничений задачи линейного программирования

- а) $\sum_{j=1}^n a_{ij} X_j \leq b_i, \quad i = \overline{1, m}$ б) $\sum_{i=1}^m a_{ij} X_j \leq b_i, \quad j = \overline{1, n}$
 в) $\sum_{j=1}^n a_{ij} x_{ij} \leq b_i, \quad i = \overline{1, m}$ г) $\sum_{j=1}^n A_j X_j \leq b_i, \quad i = \overline{1, m}$

9. Какое из следующих условий-ограничений являются ограничениями на фонд времени работы машин в задаче Л.В. Канторовича?

- а) $\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq B_i, \quad i=1, m$ б) $\sum_{i=1}^m x_{ij} \leq B_i, \quad j=1, n$
 в) $\sum_{i=1}^m a_{ij} x_{ij} = A_i, \quad j=1, n$ г) $\sum_{j=1}^n a_{ij} x_{ij} = A_i, \quad i=1, m$

10. Какое из следующих условий-ограничений являются ограничениями по удовлетворению потребности в продукции в задаче Л.В.Канторовича?

- а) $\sum_{i=1}^m a_{ij} x_{ij} = A_j, \quad j=1, n$ б) $\sum_{j=1}^n a_{ij} x_{ij} = A_i, \quad i=1, m$
 в) $\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq B_i, \quad i=1, m$ г) $\sum_{i=1}^m x_{ij} \leq B_i, \quad j=1, n$

11. Методы целочисленной оптимизации можно разделить на следующие основные группы:

- а) отсечения, комбинаторные, приближенные
 б) отсечения, комбинаторные, игровые
 в) отсечения, симплекс, приближенные

г) отсечения, симплекс, графические

12. Метод Гомори для решения задачи линейного целочисленного программирования относится к группе методов:

- а) отсечения
- б) комбинаторных
- в) приближенных
- г) симплекс-методов

13. Неравенство обладающее всеми свойствами правильного отсечения при методе Гомори имеет вид:

- а) $\{\beta_i\} - \{\alpha_{im+1}\}x_{m+1} - \dots - \{\alpha_{in}\}x_n \leq 0$,
- б) $\{\beta_i\} - \{\alpha_{im+1}\}x_{m+1} - \dots - \{\alpha_{in}\}x_n \geq 0$,
- в) $\{\beta_i\} + \{\alpha_{im+1}\}x_{m+1} - \dots - \{\alpha_{in}\}x_n \geq 0$,
- г) $\{\beta_i\} - \{\beta_{im1}\}x_{m1} - \dots - \{\beta_{in+1}\}x_{n+1} \leq 0$,

14. Если в процессе решения ЗЛЦП методом Гомори появится уравнение с нецелым свободным членом и целыми остальными коэффициентами, то соответствующее уравнение:

- а) не имеет решения в целых числах
- б) имеет решение в целых числах
- в) нужно решать графическим методом
- г) неразрешимо

15. Задача о перевозках является задачей закрытого типа если:

- а) суммарный объем продукции у поставщиков равен суммарному спросу потребителей
- б) внешняя информация не влияет на нахождение оптимального плана
- в) внутренняя информация не влияет на нахождение оптимального плана
- г) оптимальный план не может быть найден

16. Задача о перевозках является задачей открытого типа если:

- а) суммарный объем продукции у поставщиков неравен суммарному спросу потребителей
- б) внешняя информация влияет на нахождение оптимального плана
- в) внутренняя информация не влияет на нахождение оптимального плана
- г) оптимальный план не может быть найден

17. Многоэтапными называются транспортные задачи:

- а) в которых продукция перевозится конечным потребителям не непосредственно от поставщиков, а через промежуточные пункты,
- б) которые решаются в несколько этапов симплекс методом
- в) которые решаются в несколько этапов методом потенциалов
- г) в которых продукция перевозится конечным потребителям через промежуточные пункты и решается она в несколько этапов симплекс методом

18. Модификация симплексного метода применительно к транспортной задаче называется:

- а) распределительным методом
- б) методом Гомори
- в) методом штрафных функций
- г) методом ветвей и границ

19. Задачи нелинейного программирования по типу оптимумов подразделяются на задачи нахождения:

- а) локального и глобального оптимума

- б) локального, глобального оптимума и экстремума
- в) условного и безусловного
- г) локального и безусловного

20. Задача математического программирования называется нелинейной:

- а) если нелинейны ограничения или целевая функция
- б) если нелинейны ограничения и целевая функция
- в) если нелинейна целевая функция
- г) если нелинейна целевая функция и все компоненты решения целые числа

21. Методы решения задач математического программирования подразделяются на:

- а) вычислительные и аналитические
- б) условные и безусловные
- в) локальные и глобальные
- г) симплекс и графические

22. Задачами безусловной оптимизации называются такие:

- а) в которых задается лишь одна целевая функция
- б) в которых задается несколько целевых функций
- в) когда ограничения заданы в виде неравенств
- г) когда кроме целевой функции, в них задаются некоторые дополнительные условия

23. Задачами условной оптимизации называются такие:

- а) когда кроме целевой функции, в них задаются некоторые дополнительные условия
- б) в которых задается лишь одна целевая функция
- в) в которых задается несколько целевых функций
- г) когда ограничения заданы в виде неравенств

24. Для задачи безусловной оптимизации из n переменных необходимое условие экстремума выглядит следующим образом:

а) $df/dx_1 = 0; df/dx_2 = 0; \dots; df/dx_n = 0,$

б) $F = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \rightarrow \max(\min), g_i(x_1, x_2, \dots, x_n) = 0, i = \overline{1, m}.$

в) $L(x_1, \dots, x_n, \lambda_1, \dots, \lambda_m) = f(x_1, x_2, \dots, x_n) + \sum_{i=1}^m \lambda_i g_i(x_1, x_2, \dots, x_n),$

г) $\left\{ \frac{dL}{dx_j} = \frac{df}{dx_j} + \sum_{i=1}^m \lambda_i \frac{dg_i}{dx_j} = 0, j = \overline{1, n}, \frac{dL}{d\lambda_j} = g_i(x_1, x_2, \dots, x_n) = 0, i = \overline{1, m}. \right.$

25. Для задачи безусловной оптимизации из n переменных необходимое условие экстремума выглядит следующим образом:

а) $\text{grad } f(x_j) = 0, j = \overline{1, n}$

б) $F = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \rightarrow \max(\min), g_i(x_1, x_2, \dots, x_n) = 0, i = \overline{1, m}.$

в) $L(x_1, \dots, x_n, \lambda_1, \dots, \lambda_m) = f(x_1, x_2, \dots, x_n) + \sum_{i=1}^m \lambda_i g_i(x_1, x_2, \dots, x_n),$

г) $\left\{ \frac{dL}{dx_j} = \frac{df}{dx_j} + \sum_{i=1}^m \lambda_i \frac{dg_i}{dx_j} = 0, j = \overline{1, n}, \frac{dL}{d\lambda_j} = g_i(x_1, x_2, \dots, x_n) = 0, i = \overline{1, m}. \right.$

26. Решение (x_1^*, x_2^*) задачи потребительского выбора должно лежать:

- а) на бюджетной прямой

- б) на кривой безразличия
- в) на прямой безразличия
- г) в многограннике решений

27. К особенностям модели динамического программирования относится:

- а) состояние s_k после k -го шага управления зависит только от предшествующего состояния s_{k-1} и управления X_k
- б) целевая функция больше суммы целевых функций каждого шага
- в) выбор управления на k -м шаге не зависит только от состояния системы к этому шагу
- г) выбор управления на k -м шаге влияет на предшествующие шаги

28. К особенностям модели динамического программирования относится:

- а) на каждом шаге управление X_k зависит от конечного числа управляющих переменных, а состояние s_k - от конечного числа параметров
- б) целевая функция больше суммы целевых функций каждого шага
- в) выбор управления на k -м шаге не зависит только от состояния системы к этому шагу
- г) выбор управления на k -м шаге влияет на предшествующие шаги

29. Управляющее воздействие или уравнения Беллмана имеют вид:

а) $Z_k^*(s_{k-1}) = \max_{\{X_k\}} \{f_k(s_{k-1}, X_k) + Z_{k+1}^*(s_k)\}$, $k = n-1, n-2, \dots, 2, 1$.

б) $f_{n-1}(s_{n-2}, X_{n-1}) + Z_n^*(s_{n-1})$

в) $X^* = (X_1^*, X_2^*, \dots, X_n^*)$,

г) $Z_{k+1}^*(s_k) = \min_{\{(X_{k+1}, \dots, X_n)\}} \sum_{i=k+1}^n f_i(s_{i-1}, X_i)$.

30. Основное условие, при котором принцип оптимальности Беллмана верен:

- а) управление на данном шаге не должно оказывать влияния на предшествующие шаги
- б) управление на данном шаге должно оказывать влияния на предшествующие шаги
- в) управление на данном шаге не должно оказывать влияния на последующие шаги
- г) процесс управления на k -том шаге оказывает влияние на эффективность управления на всех этапах

31. Принцип оптимальности Беллмана утверждает:

- а) оптимальное решение на каждом шаге оказывается наилучшим с точки зрения управления в целом
- б) оптимальное решение на каждом шаге не всегда оказывается наилучшим с точки зрения управления в целом
- в) для любого процесса без обратной связи оптимальное управление таково, что оно является оптимальным для любого процесса
- г) для подпроцесса без обратной связи оптимальное управление не является оптимальным для любого процесса

32. $Z_n^*(s_{n-1})$ называется условным максимумом целевой функции на n -м шаге и описывается равенством:

а) $Z_n^*(s_{n-1}) = \max_{\{X_n\}} f_n(s_{n-1}, X_n)$,

б) $Z_n^*(s_{n-1}) = \min_{\{X_n\}} f_n(s_{n-1}, X_{n-1})$,

б) $Z_n^*(s_{n-1}) = \max_{\{X_n\}} f_n(s_n, X_{n-1})$,

б) $Z_n^*(s_{n-1}) = \max_{\{X_n\}} n f_n(s_n, X_n)$,

33. В уравнениях Беллмана $Z_k^*(s_{k-1}) = \max_{\{X_k\}} \{f_k(s_{k-1}, X_k) + Z_{k+1}^*(s_k)\}$, s_k - это:

- а) состояние системы на k-м шаге
- б) условный максимум целевой функции
- в) критерий оптимальности на k-м шаге
- г) управление на k-м шаге

34. В модели оптимизации распределения капитальных вложений в отрасли целевая функция записывается следующим образом (I – капиталовложения, K – стоимость основных фондов):

$$\begin{array}{ll} \text{а) } F = \alpha \sum_{t=0}^{T-1} I(t) + \beta K(t) & \text{в) } F = \alpha \sum_{t=0}^{T+1} I(t) + \beta K(t) \\ \text{б) } F = \alpha \sum_{t=1}^T I(t) + \beta K(t) & \text{г) } F = \alpha \sum_{t=0}^T I(t) - \beta K(t) \end{array}$$

35. Продолжительность пути, проходящего через данную работу, на сетевом графике обозначается (k, с – исходное и завершающее события)

- а) $L(k, i, j, c)$
- б) $L(k, i) \max$
- в) $L(i, c) \max$
- г) $L(k, i, j, c) \max$

36. Найти дисперсию, характеризующую погрешность определения ожидаемого времени выполнения работы, если оптимистическое и пессимистическое время ее выполнения равны 30 и 33 дней

- а) 1,5
- б) 3,0
- в) 9,0
- г) -3,0

37. На сетевом графике максимальный путь до данного события равен 60 часам, от данного события до конца – 30 час. Длина критического пути равна 100 час. Найти срок наиболее позднего свершения события.

- а) 70
- б) 40
- в) 30
- г) 90

1. Если предприятие А выигрывает конкуренцию у предприятия В, то максимально возможный выигрыш предприятия А равна (q_{ij} – элементы платежной матрицы)

$$\begin{array}{llll} \text{а) } \max_j \min_i q_{ij} & \text{б) } \max_j q_{ij} & \text{в) } \min_j q_{ij} & \text{г) } \max_i \min_j q_{ij} \end{array}$$

2. При смешанной стратегии конкуренции двух предприятий (u_i - стратегия предприятия А, z_j - стратегия предприятия В, q_{ij} - платежная матрица) справедливо следующее соотношение

$$\text{а) } \sum u_i = \sum z_j = 1 \quad \text{б) } \sum u_i \geq \sum z_j \quad \text{в) } \sum u_i \leq \sum z_j \quad \text{г) } \sum q_{ij} u_i = \sum q_{ij} z_j = 1$$

3. Предприятие разработало две стратегии своего развития предусматривающие три возможных состояния «природы». Риски при этом могут быть следующие $r_{ij} = \{5; 2; 0$ или $6; 0; 4\}$. Рассчитать риск по критерию Сэвиджа

- а) 5
- б) 6
- в) 4
- г) 0

4. Предприятие имеет две стратегии развития, предусматривающие три возможных состояний «природы». Эффективность каждой стратегии характеризуется платежной матрицей $V_{ij} = \{5; 2; 0$ и $6; 7; 4\}$.

Чему равен максиминный критерий Вальда?

- а) 4
- б) 7
- в) 0
- г) 5

5. Предприятие имеет две стратегии развития, предусматривающие три возможных состояний «природы». Эффективность каждой стратегии характеризуется платежной матрицей $V_{ij} = \{0; 1; 3$ и $2; 4; 5\}$. Рассчитать величину критерия пессимизма-оптимизма Гурвица при коэффициенте пессимизма-оптимизма 0,5:

- а) 1,5 б) 2,5 в) 3,5 г) 4,0

6. При оптимальной смешанной стратегии каждого из двух предприятий цена игры равна (q_{ij} – элементы платежной матрицы $u^0 z^0$ - оптимальная стратегия каждого игрока)

- в) $\sum_i \sum_j q_{ij} \cdot u_i^0 z_j^0$ а) $\sum_i \sum_j q_{ij} \cdot (u_i^0 + z_j^0)$
 б) $\sum_i \sum_j q_{ij} \cdot (u_i^0 - z_j^0)$ г) $\sum_i \sum_j q_{ij} \cdot (u_i^0 / z_j^0)$

7. Критерии оценки решения при «игре с природой», определяемый по формуле (v_{ij} – элементы платежной матрицы, p_j -вероятное состояние) $\sum_j v_{ij} P_j$ называют

- а) критерием, основанным на вероятностях состояния
 б) критерием, основанным на платежной матрице
 в) критерием минимального среднего риска
 г) критерием оптимизма-пессимизма Гурвица

8. MS Excel по итогам решения ЗЛП с помощью инструмента «поиск решения» позволяет создать следующие отчетности:

- а) «Результаты», «Устойчивость», «Пределы»
 б) «Результаты», «Устойчивость», «Ограничения»
 в) «Результаты», «Ограничения», «Доверительный интервал»
 г) «Результаты», «Доверительный интервал», «Пределы»

9. Инструментарий MS Excel для решения оптимизационных задач называется:

- а) «Поиск решения»
 б) «Мумнож»
 в) «Линейн»
 г) «Мастер функций»

10. Запускается процедура «Поиск решения»

- а) Данные → Поиск решения
 б) Мастер функций → Поиск решения
 в) Мастер функций → Сервис → Поиск решения
 г) Вставка → Поиск решения

11. При решении ЗЛП с помощью инструмента «Поиск решения» в таблице MS Excel целевая ячейка это:

- а) ячейка, куда будет выведена суммарная величина критерия оптимальности
 б) диапазон для вывода результата решения
 в) ячейка, для вывода итогового сообщения и найденного решения
 г) диапазон для ввода формулы ограничения

12. Какой модуль может использоваться для задания и решения задач оптимизации с выпуклой кусочно-линейной целевой функцией и функциями ограничений.

- а) cvxopt.modeling
 б) Pandas
 в) SciPy
 г) NumPy

13. Общий пакет выпуклого моделирования Python называется

- а) CVXPY
 б) cvxopt.modeling
 в) SciPy
 г) NumPy

14. CVXPY полагается на решатели с открытым исходным кодом

- а) ECOS

- б) SciPy
- в) OSQP
- г) SCS

15. Функция Python minimize импортируется из библиотеки:

- а) SciPy
- б) Pandas
- в) OSQP
- г) NumPy

Вопросы для контрольных работ, устного опроса и промежуточного контроля

1. Сущность методов оптимизации, предмет и задачи курса.
2. Классификация задач оптимизации.
3. Общая задача линейного программирования
4. Модель задачи по оптимизации загрузки оборудования
5. Модель задачи по оптимизации рецептуры сырья
6. Модель задачи оптимизации ассортимента продукции
7. Методы решения задач линейного программирования. Симплекс метод
8. Методы решения задач линейного программирования. Графический метод
9. Применение ПЭВМ для решения задач оптимизации
10. Методы решения задач целочисленного программирования. Метод Гомори.
11. Методы решения задач целочисленного программирования. Метод ветвей и границ.
12. Прямая и двойственная задачи линейного программирования
13. Особенности прямой и двойственной задачи линейного программирования
14. Алгоритм составления двойственной задачи
15. Теория двойственности.
16. Объективно - обусловленные оценки двойственной задачи
17. Формулировка и методы решения задачи линейного целочисленного программирования.
18. Задача коммивояжера.
19. Задача о перевозках, формулировка и математическая модель.
20. Учет пропускной способности в моделях транспортного типа.
21. Многоэтапные задачи транспортного типа.
22. Методы решения транспортной задачи.
23. Итерационный алгоритм решения транспортной задачи.
24. Метод построения начального опорного плана.
25. Метод потенциалов решения транспортной задачи.
26. Задачи нелинейного программирования.
27. Классификация задач нелинейного программирования.
28. Алгоритмы решения задач на безусловный экстремум.
29. Алгоритмы решения задач на условный экстремум.
30. Метод Лагранжа для решения задач оптимизации на условный экстремум.
31. Модели выпуклого программирования. Теорема Куна-Такера.
32. Оптимизационная модель потребительского выбора.
33. Функция полезности в теории потребления.
34. Риск и доходность портфеля ценных бумаг.
35. Задача оптимизация портфеля ценных бумаг.
36. Задача распределения средств между предприятиями.
37. Задача оптимального распределения капитальных вложений в отрасль.
38. Общая постановка задачи динамического программирования.
39. Особенности модели динамического программирования.
40. Принцип оптимальности и уравнения Беллмана.
41. Общая постановка задачи динамического программирования

42. Сетевые модели в экономике.
43. Упорядочение сетевого графика. Понятие о пути.
44. Резервы времени событий: сущность, виды, расчет.
45. Резервы времени работы: сущность, виды, расчет.
46. Коэффициент свободы и напряженности работ.
47. Методы определения ожидаемого времени выполнения работ на сетевом графике: статистические и экспертных оценок.
48. Анализ и оптимизация сетевого графика.
49. Основные определения. Понятие игры.
50. Антагонистические игры.
51. Сущность платежной матрицы в игровых моделях
52. Математическую модель смешанной стратегии двух предприятий конкурентов.
53. Нижняя и верхняя цена игры. Принцип максимина.
54. Игры с седловой точкой. Ситуация равновесия.
55. Смешанные стратегии.
56. Сущность критерия, основанного на известных вероятностных состояниях
57. «природы» и его математическая запись
58. Опишите максиминный критерий Вальда, минимаксного риска Сэвиджа

Кейс-задача.

На предприятии их трех видов сырья производится четыре вида продукции. Объем сырья каждого вида, себестоимость и стоимость единицы продукции и цены каждого вида сырья приведены в таблице.

	Нормы расхода сырья				Объем сырья, т.	Цены единицы сырья, тыс. руб.
	А	Б	В	Г		
1	0,3		0,4	0,3	300	20,0
2	0,2	0,3		0,4	250	18,0
3	0,1	0,2	0,2		210	25,0
Себестоимость единицы продукции, тыс. руб.	24,0	27,0	22,0	19,0		
Цены единицы продукции, тыс.руб.	29,0	31,0	25,0	23,0		

Задание:

1. Запишите математическую модель.
2. Найти оптимальное решение задачи, с помощью инструментария MS Excel если в качестве критерия эффективности выбрать товарную продукцию
3. Найти оптимальное решение задачи, если в качестве критерия эффективности выбрать себестоимость продукции

Кейс-задача.

Наименование работ, длительность и количество исполнителей проекта разработки и внедрения информационной системы на предприятии представлены в таблице:

Название работы	Нормальная длительность	Количество Исполнителей	Вариант 1 (N=11 человек) 1. А,Е и F - исходные работы проекта, которые можно начинать одновременно; 2. Работы В и I начинаются сразу по окончании работы F; 3. Работа J следует за Е, а работа С - за А; 4. Работы Н и D следуют за В, но не могут начаться, пока не завершена С; 5. Работа К следует за I; 6. Работа G начинается после завершения Н и J.
А	8	2	
В	6	2	
С	6	1	
D	8	4	
Е	3	1	
F	4	7	
G	7	2	
Н	7	2	
I	12	3	
J	9	5	
К	5	7	

Задание:

1. построить сетевую модель, рассчитать временные параметры событий (на рисунке) и работ (в таблице);
2. определить критические пути модели;
3. оптимизировать сетевую модель по критерию “минимум исполнителей” с помощью инструментария MS Excel (указать какие работы надо сдвигать и на сколько дней, внесенные изменения показать на графиках привязки и загрузки пунктирной линией).

7.2. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

а) Критерии оценивания компетенций (результатов).

Программой дисциплины в целях проверки прочности усвоения материала предусматривается проведение различных форм контроля:

1. Текущий контроль – это проверка полноты знаний по основному материалу дисциплинарного модуля (ДМ).
2. Промежуточный контроль - итоговая проверка уровня знаний студента по данной дисциплине в конце семестра (в форме устного или письменного экзамена, сетевого компьютерного тестирования.) Промежуточной формой контроля знаний, умений и навыков по дисциплине является экзамен.

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля - 50% и промежуточного контроля - 50%.

Текущий контроль по дисциплине включает:

- посещение занятий - 10 баллов,
- участие на практических занятиях (устный опрос, решение задач) - 25 баллов,
- выполнение лабораторных заданий – 25 баллов,
- выполнение домашних контрольных работ (самостоятельная работа) - 10 баллов.

Текущий контроль по ДМ:

письменная контрольная работа -15 баллов;

тестирование – 15 баллов;

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

- устный экзамен (тестирование) - 30 баллов,

Критерии оценки посещения занятий – оценка выставляется по 100 бальной системе и соответствует проценту занятий, которые посетил студент из всего количества аудиторных занятий предусмотренных ДМ.

Критерии оценки участия на практических занятиях

Устный опрос. Развернутый ответ студента должен представлять собой связное, логически последовательное сообщение на заданную тему, показывать его умение применять определения, правила в конкретных случаях.

Показатели оценивания:

- 1) полнота и правильность ответа;
- 2) степень осознанности, понимания изученного;
- 3) языковое оформление ответа.

Критерии оценивания устного опроса:

86-100 баллов ставится, если студент полно излагает материал (отвечает на вопрос), дает правильное определение основных понятий; обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры не только из учебника, но и самостоятельно составленные; излагает материал последовательно и правильно с точки зрения норм литературного языка.

66-85 баллов ставится, если студент дает ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для 86-100 баллов, но допускает 1–2 ошибки, которые сам же исправляет, и 1–2 недочета в последовательности и языковом оформлении излагаемого.

51-65 балл ставится, если студент обнаруживает знание и понимание основных положений данной темы, но излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий или формулировке правил; не умеет достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и привести свои примеры; излагает материал непоследовательно и допускает ошибки в языковом оформлении излагаемого.

0-50 баллов ставится, если студент обнаруживает незнание большей части соответствующего вопроса, допускает ошибки в формулировке определений и правил, искажающие их смысл, беспорядочно и неуверенно излагает материал.

Решение задач.

86-100 баллов выставляется, если студент демонстрирует знания теоретического и практического материала по теме практической работы, определяет взаимосвязи между показателями задачи, даёт правильный алгоритм решения, определяет междисциплинарные связи по условию задания.

66-85 баллов выставляется, если студент демонстрирует знания теоретического и практического материала по теме практической работы, допуская незначительные неточности при решении задач, имея неполное понимание междисциплинарных связей при правильном выборе алгоритма решения задания.

51-65 балл выставляется, если студент затрудняется с правильной оценкой предложенной задачи, даёт неполный ответ, требующий наводящих вопросов преподавателя, выбор алгоритма решения задачи возможен при наводящих вопросах преподавателя.

0-50 баллов выставляется студенту, если он даёт неверную оценку ситуации, неправильно выбирает алгоритм решения.

Критерии оценки выполнения лабораторных заданий.

Основными показателями оценки выполненной студентом и представленной для проверки работы являются:

1. Степень соответствия выполненного задания поставленным целям, задачам и требованиям;
2. Оформление, структурирование и комментирование лабораторной работы;
3. Уникальность выполнения работы (отличие от работ коллег);
4. Успешные ответы на контрольные вопросы.

Критерии оценки лабораторной работы.

86-100 баллов - оформление соответствует требованиям, критерии выдержаны, защита всего перечня контрольных вопросов.

66-85 баллов - оформление соответствует требованиям, критерии выдержаны, защита только до 85 % контрольных вопросов.

51-65 балл - оформление соответствует требованиям, критерии выдержаны, защита только до 51 % контрольных вопросов.

0-50 баллов – оформление не соответствует требованиям, критерии не выдержаны, защита только менее 51 % контрольных вопросов.

Критерии оценки выполнения домашних контрольных работ (самостоятельная работа).

Основными показателями оценки выполненной студентом и представленной для проверки домашней контрольной работы являются:

1. Степень соответствия выполненного задания поставленным целям, задачам и требованиям;
2. Оформление, структурирование и комментирование лабораторной работы;
3. Уникальность выполнения работы (отличие от работ коллег);
4. Успешные ответы на контрольные вопросы.

Критерии оценки домашней контрольной работы.

86-100 баллов - студент правильно выполнил индивидуальное самостоятельное задание. Показал отличные владения навыками применения полученных знаний и умений

при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы на защите.

66-85 баллов - студент выполнил индивидуальное самостоятельное задание с небольшими неточностями. Показал хорошие владения навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов на защите.

51-65 балл - студент выполнил индивидуальное самостоятельное задание с существенными неточностями. Показал удовлетворительное владение навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы на защите было допущено много неточностей.

0-50 баллов – при выполнении индивидуального самостоятельного задания студент продемонстрировал недостаточный уровень владения умениями и навыками при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы на защите было допущено множество неточностей.

Критерии оценки текущего контроля по ДМ (письменная контрольная работа и тестирование).

Письменная контрольная работа состоит из двух типов вопросов:

1. Теоретические вопросы из курса лекций и практических работ. - 40 баллов.
2. Практические вопросы и задачи по лекционному и практическому материалу. - 60 баллов.

86-100 баллов - студент, показал всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, самостоятельно ответил на вопросы, ответ отличается богатством и точностью использованных терминов, материал излагается последовательно и логично; показал отличные владения навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач.

66-85 баллов - студент, показал полное знание учебного материала, не допускающий в ответе существенных неточностей, самостоятельно выполнивший ответивший на вопросы; показал хорошие владения навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач

51-65 балл - студент, обнаруживший знание основного учебного материала в объёме, необходимом для дальнейшей учебы самостоятельно выполнивший задания, однако допустивший некоторые погрешности при ответе на вопросы; показал удовлетворительное владение навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач.

0-50 баллов – выставляется студенту, обнаружившему пробелы в знаниях или отсутствие знаний по значительной части основного учебного материала, не выполнившего задания, допустившему принципиальные ошибки при ответе на вопросы, продемонстрировавший недостаточный уровень владения умениями и навыками при решении профессиональных задач.

Критерии выставления оценок за *тестирование* Тестовое задание состоит из пятнадцати вопросов. Время выполнения работы: 15-20 мин.

86-100 баллов - оценка «отлично» – 13-15 правильных ответов;

66-85 баллов - оценка «хорошо» – 10-12 правильных ответов;

51-65 балл - оценка «удовлетворительно» – 8-9 правильных ответов;

0-50 баллов – оценка «неудовлетворительно» – менее 8 правильных ответов.

Критерии оценки устного экзамена

Экзаменационные билеты включают три типа заданий:

1. Теоретические вопросы из курса лекций и практических работ. - 30 баллов.
2. Практические вопросы по лекционному и практическому материалу. - 40 баллов.
3. Проблемные вопросы и расчетные задачи. - 30 баллов.

В проверка качества подготовки студентов на экзаменах заканчивается выставлением отметок по принятой пятибалльной шкале («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»).

86-100 баллов - оценка «отлично» - студент владеет знаниями по дисциплине «ИОиМО» в полном объеме учебной программы, достаточно глубоко осмысливает дисциплину; самостоятельно, в логической последовательности и исчерпывающе отвечает на все вопросы билета, подчеркивая при этом самое существенное, умеет анализировать, сравнивать, классифицировать, обобщать, конкретизировать и систематизировать изученный материал, выделять в нем главное: устанавливать причинно-следственные связи; четко формирует ответы, свободно решает ситуационные задачи повышенной сложности; хорошо знаком с основной литературой; увязывает теоретические аспекты дисциплины с прикладными задачами исследования операций и методов оптимизации; владеет современными информационными технологиями решения прикладных задач.

66-85 баллов - оценка «хорошо» – студент владеет знаниями дисциплины «ИОиМО» почти в полном объеме программы (имеются пробелы знаний только в некоторых, особенно сложных разделах); самостоятельно и отчасти при наводящих вопросах дает полноценные ответы на вопросы билета; не всегда выделяет наиболее существенное, не допускает вместе с тем серьезных ошибок в ответах; умеет решать легкие и средней тяжести ситуационные задачи; умеет трактовать выбор тех или иных методов и средств решения прикладных задач.

51-65 балл - оценка «удовлетворительно» - студент владеет основным объемом знаний по дисциплине «ИОиМО»; проявляет затруднения в самостоятельных ответах, оперирует неточными формулировками; в процессе ответов допускаются ошибки по существу вопросов. Студент способен решать лишь наиболее легкие задачи, владеет только обязательным минимумом при решении задач исследования операций.

0-50 баллов – оценка «неудовлетворительно» - студент не освоил обязательного минимума знаний дисциплины «ИОиМО», не способен ответить на вопросы билета даже при дополнительных наводящих вопросах экзаменатора.

Критерии оценки экзамена в форме тестирования

Тестовое задание состоит из тридцати вопросов. Время выполнения работы: 60 мин.

86-100 баллов - оценка «отлично» – 26-30 правильных ответов;

66-85 баллов - оценка «хорошо» – 20-25 правильных ответов;

51-65 балл - оценка «удовлетворительно» – 16-19 правильных ответов;

0-50 баллов – оценка «неудовлетворительно» – менее 16 правильных ответов.

8. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.

а) адрес сайта курса

<http://eor.dgu.ru/>.

б) основная литература:

1. Методы оптимальных решений в экономике и финансах: учебник / под ред. В.М. Гончаренко, В.Ю. Попова.- 2-е изд., стер. – М.: КНОРУС, 2014. – 400с.
2. Сеславин А.И. Исследование операций и методы оптимизации [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.И. Сеславин, Е.А. Сеславина. - Электрон. текстовые данные. - М.: Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2015. - 200 с. - 978-5-89035-827-1. - URL: <http://www.iprbookshop.ru/45261.html> (дата обращения: 11.02.2021)
3. Шапкин А.С. Математические методы и модели исследования операций [Электронный ресурс]: учебник / А.С. Шапкин, В.А. Шапкин. - Электрон. текстовые данные. - М.: Дашков и К, 2017. - 398 с. - URL: <http://www.iprbookshop.ru/60603.html> (дата обращения: 11.02.2021)

б) дополнительная литература:

1. Горелик В.А. Теория принятия решений [Электронный ресурс]: учебное пособие для магистрантов / В.А. Горелик. - Электрон. текстовые данные. - М.: Московский педагогический государственный университет, 2016. - 152 с. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/72518.html> (дата обращения: 22.06.2021).
2. Егоров, А.И. Основы теории управления / А.И. Егоров. - Москва: Физматлит, 2007. - 506 с. - ISBN 978-5-9221-0543-9; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=76677>. (дата обращения: 22.06.2021).
3. Качала В.В. Теория систем и системный анализ: учеб. для студентов вузов. - 2-е изд., стер. - М. : Академия, 2017. - 263 с.
4. Оптимальное управление / ред. Н.П. Осмоловский, В.М. Тихомиров. - Москва: МЦНМО, 2008. - 320 с. - ISBN 978-5-94057-367-8; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=63270> (дата обращения: 22.06.2021).
5. Anaconda. Individual Edition [Электронный ресурс]. - Режим доступа: URL: <https://www.anaconda.com/> (дата обращения: 22.06.2021).
6. Pandas - Python Data Analysis Library [Электронный ресурс]. - Режим доступа: URL: <https://pandas.pydata.org/> (дата обращения: 22.06.2021).
7. Rashi Desai Топ-10 библиотек Python для Data Science. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: URL: <https://towardsdatascience.com/top-10-python-libraries-for-data-science-cd82294ec266> (дата обращения: 22.06.2021).
8. Добро пожаловать в CVXPY 1.1[Электронный ресурс]. - Режим доступа: URL: <https://www.cvxpy.org/> (дата обращения: 22.06.2021).
9. Моделирование. - URL: <https://cvxopt.org/userguide/modeling.html> (дата обращения: 22.06.2021).
10. Пакет для выпуклой оптимизации [Электронный ресурс]. - Режим доступа: URL: <https://pypi.org/project/cvxopt/> (дата обращения: 22.06.2021).

9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

1. eLIBRARY.RU [Электронный ресурс]: электронная библиотека. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp> (дата обращения: 22.06.2021). – Яз. рус., англ.
2. IPRbooks [Электронный ресурс]: Электронно-библиотечная система. - Режим доступа:<http://www.iprbookshop.ru/> (дата обращения: 11.02.2020). – Яз. рус., англ.
3. Университетская библиотека онлайн [Электронный ресурс]: Электронно-библиотечная система. - Режим доступа: <http://biblioclub.ru/> (дата обращения: 22.06.2021). – Яз. рус., англ.
4. Электронный каталог НБ ДГУ [Электронный ресурс]: база данных содержит сведения о всех видах лит, поступающих в фонд НБ ДГУ/Дагестанский гос. ун-т. – Махачкала, 2010 – Режим доступа: <http://elib.dgu.ru>, свободный (дата обращения: 22.06.2021).

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Для изучения теоретического курса студентам необходимо использовать лекционный материал, учебники и учебные пособия из списка основной и дополнительной литературы, интернет источники.

По дисциплине «Исследование операций и методы оптимизации» в конце каждого модуля проводится контрольная работа.

В контрольную работу включаются теоретические вопросы и задачи тех типов, которые были разобраны на предшествующих практических занятиях.

Рабочей программой дисциплины «Исследование операций и методы оптимизации» предусмотрена самостоятельная работа студентов в объеме 36 часов. Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- чтение студентами рекомендованной литературы и усвоение теоретического материала дисциплины;
- подготовку к практическим занятиям;
- выполнение индивидуальных заданий;
- подготовку к контрольным работам, зачету и экзаменам.

С самого начала изучения дисциплины студент должен четко уяснить, что без систематической самостоятельной работы успех невозможен. Эта работа должна регулярно начинаться сразу после лекционных и практических занятий, для закрепления только что пройденного материала.

После усвоения теоретического материала можно приступить к самостоятельному решению задач из учебников и пособий, входящих в список основной литературы.

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.

Microsoft Office (Excel, Power Point), Anaconda, Python, Jupyter Notebook

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Компьютерный класс, аудитория для проведения лекционных и практических занятий и самостоятельной работы средствами оборудованная оргтехникой, персональными компьютерами, объединенными в сеть с выходом в Интернет; установленное лицензионное и свободное программное обеспечение.