

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Горбунов Алексей Александрович

Должность: Заместитель начальника университета по учебной работе

Дата подписания: 30.09.2024 14:41:29

Уникальный программный ключ:

286e49ee1471d400cc1f45539d51ed7bbf0e9cc7

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский университет
Государственной противопожарной службы МЧС России»**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ И МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ

**Бакалавриат по направлению подготовки
27.03.03 - Системный анализ и управление
направленность (профиль) «Системный анализ и управление в
организационно-технических системах»**

1. Цели и задачи дисциплины

Цель освоения дисциплины:

- формирование теоретических и практических знаний в области исследование операций и методов оптимизации;
- выработка приёмов и практических навыков решения задач организационного управления методами исследования операций с использованием современных информационных технологий.

Перечень компетенций, формируемых в процессе изучения дисциплины

Компетенции	Содержание
ОПК-2	Способен формулировать задачи профессиональной деятельности на основе знаний профильных разделов математических и естественно-научных дисциплин (модулей).
ОПК-4	Способен осуществлять оценку эффективности технических систем методами системного анализа и управления.

Задачи дисциплины:

- изучение основных положений теории исследования операций и методов оптимизации необходимых для решения задач управления;
- изучение состава и сущности математических методов решения задач исследования операций при количественном обосновании принимаемых решений;
- формирование практических навыков решения задач исследования операций.

2. Перечень планируемых результатов обучения дисциплины, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
Тип задачи профессиональной деятельности: эксплуатационно-технологический	
Формулирует задачи в области управления в организационно-технических системах ОПК-2.1.	Знает
	Принципы формулирования задач исследования операций и оптимизации в организационно-технических системах
	Умеет
	Формулировать задачи исследования операций и оптимизации в организационно-технических системах
Грамотно и аргументированно формирует собственные суждения и оценки на основе знаний по профильным разделам математических и естественно-научных дисциплин ОПК-2.2.	Знает
	Методы формирования собственных суждений о результатах решении задач исследования операций и оптимизации
	Умеет

	Анализировать результаты решения задач исследования операций и оптимизации
Определяет критерии оценки эффективности технических систем методами системного анализа ОПК-4.1.	Знает
	Методы формирования критериев оценки эффективности технических систем
	Умеет
	Разрабатывать критерии оценки эффективности задач исследования операций и оптимизации
Применяет типовые критерии оценки эффективности полученных результатов ОПК-4.2.	Знает
	Типовые критерии оценки эффективности результатов решения задач исследования операций и оптимизации
	Умеет
	Обосновывать выбор наиболее подходящий критерий для оценки эффективности решения типовых задач исследования операций и оптимизации

3. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина относится к обязательной части основной профессиональной образовательной программы бакалавриата по направлению подготовки 27.03.03 Системный анализ и управление, направленность (профиль) Системный анализ и управление в организационно-технических системах.

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетные единицы, 216 часов.

4.1 Распределение трудоемкости учебной дисциплины по видам работ по семестрам и формам обучения

для очной формы обучения

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	з.е.	час.	по семестрам	
			4	5
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	6	216	108	108
Контактная работа, в том числе:		92	54	38
Аудиторные занятия		92	54	36
Лекции (Л)		34	20	14

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	з.е.	час.	по семестрам	
			4	5
Практические занятия (ПЗ)		56	34	22
Консультации перед экзаменом		2		2
Самостоятельная работа (СРС)		88	54	34
в том числе:				
Зачет		+	+	
Экзамен		36		36

**4.2. Тематический план, структурированный по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий.
для очной формы обучения**

№ п/п	Наименование тем	Всего часов	Количество часов по видам занятий			Консультация	Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы		
1	2	3	4	5	6	7	8
	Раздел 1. Линейное программирование и теория игр						
1	Тема №1. Методологические основы исследования операций и методов оптимизации.	8	4				4
2	Тема №2. Линейное программирование. Основы теории	28	4	8			16
3	Тема №3. Двойственность в линейном программировании	14	2	6			6
4	Тема 4. Транспортные задачи	18	4	6			8
5	Тема 5. Целочисленные задачи.	18	2	6			10
6	Тема 6. Теория игр	22	4	8			10
	Зачет	+					
	Итого за 1 раздел	108	20	34			54
	Итого за 4 семестр	108	20	34			54
	Раздел 2. Нелинейное программирование						
7	Тема 7. Методы поиска экстремума нелинейных функций	12	4	2			6
8	Тема 8. Методы решения задач математического программирования с ограничениями в виде равенств	6	2	2			6

9	Тема 9. Методы решения задач математического программирования с ограничениями в виде неравенств	24	2	10			6
10	Тема 10. Численные методы решения задач математического программирования с ограничениями в виде неравенств	8	2	2			6
11	Тема 11. Динамическое программирование	6	2	2			6
12	Тема 12. Сетевые методы исследования операций	14	2	4			4
	Консультация	2				2	
	Экзамен	36					
	Итого за 5 семестр	108	14	22		2	34
	Итого за дисциплину	216	34	56		2	88

4.3 Содержание дисциплины для обучающихся: очной формы обучения

Тема 1. Методологические основы исследования операций и методов оптимизации.

Лекция 1.1. Вводная.

Самостоятельная работа.

Роль дисциплины в процессе подготовки специалиста

Рекомендуемая литература

Основная:

Основная литература: [1, 2]

Дополнительная литература: [1,2]

Лекция 1.2. Методологические основы исследования операций и методов оптимизации.

Самостоятельная работа.

Типовые задачи исследования операций и оптимизации МЧС

Рекомендуемая литература

Основная:

Основная литература: [1, 2]

Дополнительная литература: [2,3]

Тема 2. Линейное программирование. Основы теории.

Лекция 2.1. Линейное программирование (основы теории)

Самостоятельная работа.

Типовые задачи линейного программирования

Рекомендуемая литература

Основная литература: [1, 2]

Дополнительная литература: [1,2]

Лекция 2.2. Теоретические основы алгебраических методов решения задач линейного программирования.

Самостоятельная работа Элементы матричной алгебры

Рекомендуемая литература

Основная:

Основная литература: [1, 2]

Дополнительная литература: [3,4]

Практическое занятие 2.3. Симплексный метод решения задач линейного программирования.

Самостоятельная работа.

Освоить надстройку Excel «Поиск решения» решения задач линейного программирования.

Рекомендуемая литература

Основная литература: [1, 2]

Дополнительная литература: [2,3]

Практическое занятие 2.4. Решение задачи линейного программирования с помощью надстройки электронных таблиц Excel «Поиск решения».

Самостоятельная работа.

Освоить правила установки надстройки электронных таблиц Excel «Поиск решения».

Основная литература: [2]

Дополнительная литература: [2,4]

Практическое занятие 2.5. Методы искусственного базиса.

Самостоятельная работа.

Ознакомиться в каких случаях необходимо использовать методы искусственного базиса для получения начального допустимого решения задач линейного программирования.

Основная литература: [1,]

Дополнительная литература: [3]

Лекция 2.6. Особые случаи решения задач линейного программирования.

Самостоятельная работа.

Ознакомиться с причинами возникновения особых случаев задач линейного программирования

Основная литература: [2]

Дополнительная литература: [2,3]

Тема 3. Двойственность в линейном программировании

Лекция 3.1. Основные соотношения двойственности

Самостоятельная работа.

Взаимоотношения между прямой и двойственной задачами линейного программирования.

Основная литература: [1, 2]

Дополнительная литература: [1,2,3]

Практическое занятие 3.2. Двойственная задача линейного программирования

Самостоятельная работа.

Взаимоотношения между прямой и двойственной задачами линейного программирования.

Основная литература: [1, 2]

Дополнительная литература: [1,2,3]

Практическое занятие 3.3. Анализ чувствительности оптимального решения задачи линейного программирования

Самостоятельная работа.

Взаимоотношения между прямой и двойственной задачами линейного программирования.

Основная литература: [1, 2]

Дополнительная литература: [2,3,4]

Тема 4. Транспортные задачи

Лекция 4.1. Транспортная задача по критерию стоимости.

Самостоятельная работа.

Приобрести умение постановки стандартной транспортной задачи по критерию стоимости.

Основная литература: [1, 2]

Дополнительная литература: [1,2]

Практическое занятие 4.2. Определение начального допустимого решения транспортной задачи.

Самостоятельная работа.

Ознакомиться с методом Фогеля определения начального допустимого решения транспортной задачи.

1. Основная литература: [1, 2]

2. Дополнительная литература: [3,4]

Лекция 4.3. Метод потенциалов решения транспортной задачи по критерию стоимости.

Самостоятельная работа.

Метод Фогеля определения начального опорного плана транспортной задачи.

Основная литература: [1, 2]

Дополнительная литература: [2]

Практическое занятие 4.4. Решение транспортной задачи по критерию времени методом разгрузочных цепей.

Самостоятельная работа.

Метод Фогеля определения начального опорного плана транспортной задачи.

Основная литература: [1, 2]

Дополнительная литература: [1,2,3]

Практическое занятие 4.5. Решение задачи о назначениях венгерским методом.

Самостоятельная работа.

Метод Фогеля определения начального опорного плана транспортной задачи.

Основная литература: [1, 2]

Дополнительная литература: [1]

Тема 5. Целочисленные задачи

Лекция 5.1. Задача целочисленного программирования

Самостоятельная работа.

Ознакомиться с методами отсечений решения целочисленных задач.

Основная литература: [1, 2]

Дополнительная литература: [1,2,3]

Практическое занятие 5.2. Решение задачи целочисленного программирования методом ветвей и границ.

Самостоятельная работа.

Ознакомиться с аддитивным алгоритмом.

1. Основная литература: [1, 2]

2. Дополнительная литература: [1,2]

Практическое занятие 5.3. Решение задачи целочисленного программирования с двоичными переменными с помощью аддитивного алгоритма.

Самостоятельная работа.

Ознакомиться с аддитивным алгоритмом.

Основная литература: [1, 2]

Дополнительная литература: [3,4]

Тема 6. Теория игр

Лекция 6. 1. Основные понятия теории игр

Самостоятельная работа.

Ознакомиться с коалиционными играми

Основная литература: [1, 2]

Дополнительная литература: [1]

Лекция 6.2. Матричные игры.

Самостоятельная работа.

Ознакомиться с понятием биматричной игры.

Основная литература: [1, 2]

Дополнительная литература: [1,2]

Практическое занятие 6.3. Определение решения игры с седловой точкой.

Самостоятельная работа.

Ознакомиться с понятием минимаксной стратегии.

Основная литература: [1, 2]

Дополнительная литература: [1,2]

Практическое занятие 6.4. Упрощение платежной матрицы матричной игры.

Самостоятельная работа.

Ознакомиться с понятием доминирования строк и столбцов платежной матрицы.

Основная литература: [1, 2]

Дополнительная литература: [1,2]

Практическое занятие 6.5. Сведение матричной игры к двойственной паре задач линейного программирования.

Самостоятельная работа.

Ознакомиться с аддитивным алгоритмом.

Основная литература: [1, 2]
Дополнительная литература: [1,2]

Практическое занятие 6.6. Представление игры с природой в виде дерева и определение ее решения.

Самостоятельная работа.

Основные особенности игр с природой.

Основная литература: [1, 2]
Дополнительная литература: [1,2]

Тема 7. Методы поиска экстремумов нелинейных функций

Лекция 7.1. Необходимые и достаточные условия существования экстремума нелинейной функции.

Самостоятельная работа.

Вспомнить методы умножения векторов и матриц.

Основная литература: [1, 2]
Дополнительная литература: [1,2,3]

Лекция 7.2. Одномерный оптимальный поиск.

Самостоятельная работа. Изучить метод золотого сечения

Основная литература: [1, 2]
Дополнительная литература: [1,2,3,4]

Практическое занятие 7.3. Поиск экстремума функции методом Ньютона.

Самостоятельная работа.

Ознакомиться с методом наискорейшего подъема (спуска) и методом случайного поиска.

Основная литература: [1, 2]
Дополнительная литература: [1,2]

Тема 8. Методы решения задач математического программирования с ограничениями в виде равенств

Лекция 8.1. Метод множителей Лагранжа.

Самостоятельная работа.

Ознакомиться с методом приведенного градиента.

Основная литература: [1, 2]
Дополнительная литература: [1,2,3]

Практическое занятие 8.2. Решение задачи поиска решения задачи нелинейного программирования с ограничениями в виде равенств методом множителей Лагранжа.

Самостоятельная работа.

Ознакомиться с методом наискорейшего подъема (спуска) и методом случайного поиска.

Основная литература: [1, 2]

Дополнительная литература: [3,4]

Тема 9. Методы решения задач математического программирования с ограничениями в виде неравенств

Практическое занятие 9.1. Решение задач математического программирования с ограничениями в виде неравенств обобщенным методом множителей Лагранжа.

Самостоятельная работа.

Достоинства и недостатки обобщенного метода множителей Лагранжа.

Основная литература: [1, 2]

Дополнительная литература: [1,2]

Лекция 9.2. Основная теорема математического программирования

Самостоятельная работа.

Элементы теории выпуклых функций

Основная литература: [1, 2]

Дополнительная литература: [1,2,3]

Практическое занятие 9.3. Сепарабельное программирование

Самостоятельная работа.

Сепарабельные функции

Основная литература: [1, 2]

Дополнительная литература: [1,2,3]

Практическое занятие 9.4. Квадратичное программирование.

Самостоятельная работа.

Квадратичные формы

Основная литература: [1, 2]

Дополнительная литература: [1,2,3]

Практическое занятие 9.5. Стохастическое программирование

Самостоятельная работа.

Основные характеристики многомерного нормального закона распределения

Основная литература: [1, 2]

Дополнительная литература: [1,2,3]

Практическое занятие 9.6. Геометрическое программирование

Самостоятельная работа.

Усвоить при решении каких задач целесообразно использовать геометрическое программирование.

Основная литература: [1, 2]

Дополнительная литература: [1,3]

Тема 10. Численные методы решения задач математического программирования с ограничениями в виде неравенств

Лекция 10.1. Численные методы решения задач математического программирования с ограничениями в виде неравенств

Самостоятельная работа.

Необходимые условия для решения задачи методом возможных направлений.

Основная литература: [1, 2]

Дополнительная литература: [1,4]

Практическое занятие 10.2. Решение задачи математического программирования методом штрафов/методом линейных комбинаций.

Самостоятельная работа.

Понятие штрафных функций. Понятие выпуклых функций.

Основная литература: [1, 2]

Дополнительная литература: [1,2,3]

Тема 11. Динамическое программирование

Лекция 11.1. Динамическое программирование

Самостоятельная работа.

Ознакомиться с теорией оптимального управления

Основная литература: [1, 2]

Дополнительная литература: [3,4]

Практическое занятие 11.2. Решение задачи динамического программирования методом прямой и обратной прогонки.

Самостоятельная работа.

Ознакомиться с элементами теории дифференциальных игр.

Основная литература: [1, 2]

Дополнительная литература: [2]

Тема 12. Сетевые методы исследования операций

Лекция 12.1. Методы оптимизации сетей

Самостоятельная работа.

Ознакомиться с задачами, для решения которых лучше подходят сетевые методы исследования операций

Основная литература: [1, 2]

Дополнительная литература: [1,3]

Практическое занятие 12.3. Методика решения задач сетевого планирования и управления.

Самостоятельная работа.

Ознакомиться с задачами, для решения которых лучше подходит сетевое планирование и управление

Рекомендуемая литература

Основная литература: [1, 2]

Дополнительная литература: [3,4]

Практическое занятие 12.3. Решение задачи сетевого планирования и управления в MS Project.

Самостоятельная работа.

Изучить справку по MS Project.

Основная литература: [1, 2]

Дополнительная литература: [3,4]

5. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

При реализации программы дисциплины используются лекционные и практические занятия.

Общими целями занятий являются:

- обобщение, систематизация, углубление, закрепление теоретических знаний по конкретным темам дисциплины;
- формирование умений применять полученные знания на практике, реализация единства интеллектуальной и практической деятельности;
- выработка при решении поставленных задач профессионально значимых качеств: самостоятельности, ответственности, точности, творческой инициативы.

Целями лекции являются:

- дать систематизированные научные знания по дисциплине, акцентируя внимание на наиболее сложных вопросах;
- стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся, способствовать формированию их творческого мышления.

В ходе практического занятия обеспечивается процесс активного взаимодействия обучающихся с преподавателем; приобретаются практические навыки и умения. Цель практического занятия: углубление и закрепление знаний, полученных на лекции, формирование навыков использования знаний для решения практических задач; выполнение тестовых заданий по проверке полученных знаний и умений.

Самостоятельная работа обучающихся направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях и практических занятиях, выработку навыков самостоятельного активного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим занятиям.

6. Оценочные материалы по дисциплине

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценивание хода освоения дисциплины, проводится в соответствии с содержанием дисциплины по видам занятий в форме опроса, решения задач под руководством преподавателя и самостоятельно, в форме тестирования.

Промежуточная аттестация обеспечивает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине, проводится в форме зачета и экзамена.

6.1. Примерные оценочные материалы:

6.1.1. Текущего контроля

Типовые вопросы для опроса:

1. Предметная область исследования операций
 2. Основные понятия и определения теории исследования операций
 3. Типовые задачи исследования операций и их математические модели
 4. Классификация методов исследования операций
 5. Принципы и этапы исследования операций
 6. Постановка задачи линейного программирования
 7. Двойственная пара задач линейного программирования
 8. Транспортная задача по критерию стоимости
 9. Транспортная задача по критерию времени
1. Метод северо-западного угла
 2. Метод минимального элемента
 3. Метод потенциалов

4. Метод ветвей и границ
5. Задача дробно-линейного программирования
6. Задача параметрического линейного программирования
7. Матричные игры с седловой точкой
8. Матричные игры без седловой точки
9. Необходимые и достаточные условия экстремума нелинейной функции
10. Численные методы поиска экстремума нелинейной функции
11. Метод множителей Лагранжа
12. Обобщенный метод множителей Лагранжа
13. Основная теорема математического программирования
14. Сепарабельное программирование
15. Квадратичное программирование
16. Геометрическое программирование
17. Стохастическое программирование
18. Сетевые методы исследования операций
19. Сетевое планирование и управление
20. Сетевое планирование и управление с учетом неопределенности и затрат
21. Метод критического пути

Типовые задачи:

1. Решить графически задачу линейного программирования
2. Решить симплекс методом задачу линейного программирования
3. Решить задачу линейного программирования с помощью надстройки «Поиск решения» Excel.
4. Проанализировать чувствительность решения задачи линейного программирования
5. Сформулировать и решить двойственную задачу линейного программирования.
6. Решить матричную игру с седловой точкой вручную.
7. Решить матричную игру без седловой точки вручную.
8. Упростить платежную матрицу.
9. Свести матричную игру к двойственной паре задач линейного программирования
10. Найти экстремум нелинейной функции многих переменных.
11. Найти экстремум нелинейной функции многих переменных методом Ньютона
12. Решить задачу математического программирования с ограничениями в виде равенств методом Лагранжа
13. Решить задачу квадратичного программирования
14. Решить задачу стохастического программирования
15. Решить задачу минимизации сети
16. Решить задачу поиска кратчайшего пути на графе методом динамического программирования
17. Найти максимальный поток на графе

18.Найти критический путь на календарном графе.

19.Составить сетевой граф

20.Составить календарный план

Типовые задания для тестирования:

1	Задача линейного программирования это задача у которой	Целевая функция линейная Ограничения линейные Целевая функция и ограничения линейные, а переменные неотрицательные Переменные неотрицательные
2	Задачу линейного программирования можно решить графически, если	она содержит 2 или 3 переменных и сколь угодно ограничений она содержит четыре и более переменных при четырех и более ограничениях она содержит сколь угодно переменных и ограничений все ее переменные неотрицательны
3	Оптимальное решение задачи линейного программирования находится	в любой точке многогранника допустимых решений на одной из граней многогранника допустимых решений в одной из вершин многогранника допустимых решений за пределами многогранника допустимых решений
4	Задача линейного программирования называется стандартной (канонической) если	все ограничения записывает в виде равенств все ограничения записывает в виде неравенств на все переменные накладывается условие неотрицательности все ограничения записывает в виде равенств, а на переменные накладывается условие неотрицательности
5	Преобразование ограничений от неравенств к равенствам осуществляется прибавлением к левой части ограничений	остаточной переменной для ограничений типа $\leq$ и вычитанием избыточной переменной для ограничений типа $\geq$ остаточной переменной для ограничений типа $\geq$ и вычитанием избыточной переменной для ограничений типа $\leq$ прибавлением к каждому ограничению типа $\leq$ остаточной переменной в квадрате и вычитанием избыточной переменной в квадрате для ограничений типа $\geq$ остаточной переменной в квадрате для ограничений типа $\geq$ и вычитанием избыточной переменной в квадрате для ограничений т
6	Решение, соответствующее нулевым значениям небазисных переменных, называется	базисным небазисным начальным оптимальным
7	Базисное решение, удовлетворяющее условию неотрицательности переменных, называется	недопустимым базисным решением. допустимым базисным решением. нулевым решением ненулевым решением

8	Область допустимых решений есть выпуклый многогранник,	в одной из вершин которого целевая функция достигает экстремума. в одной из вершин которого все ограничения превращаются в равенства в одной из вершин которого функция достигает минимума в двух и более вершинах которого целевая функция достигает максимума
9	Первый этап двухэтапного метода искусственных переменных применяется	для поиска оптимального решения задачи линейного программирования для поиска начального допустимого решения задачи линейного программирования для поиска неоптимальных значений переменных поиска экстремума в задаче минимизации
10	Двойственный симплекс метод	решает задачу начиная с оптимального допустимого решения решает задачу, начиная с оптимального недопустимого решения лучше, чем прямой симплекс метод хуже, чем прямой симплекс метод
11	В точке оптимума величина целевой функции при прямом и двойственном методах	не совпадают целевая функция прямой задачи больше, чем двойственной целевая функция прямой задачи меньше, чем двойственной совпадают
12	Наиболее простой метод поиска начального допустимого решения транспортной задачи это	метод Фогеля метод минимального элемента метод северо-западного угла зависит от особенностей задачи
13	Транспортной задачей является	задача по критерию стоимости задача по критерию времени задача о назначениях все три вышеуказанные задачи
14	Методом потенциалов решается	задача по критерию стоимости задача по критерию времени задача о назначениях все три вышеуказанные задачи
15	Методом разгрузочных цепей решается	задача по критерию стоимости задача по критерию времени задача о назначениях все три вышеуказанные задачи
16	Венгерским методом решается	задача по критерию стоимости задача по критерию времени задача о назначениях все три вышеуказанные задачи
17	Задача целочисленного программирования это задача	у которой все переменные целочисленные у которой хотя одна переменная целочисленная у которой коэффициенты целевой функции целочисленные у которой коэффициенты в ограничениях целочисленные
18	Для решения задачи целочисленного	симплекс метод

	программирования можно использовать	метод потенциалов метод северо-западного угла метод ветвей и границ
19	Для решения задачи целочисленного программирования с двоичными переменными лучше подходит	метод отсечений Гомори аддитивный алгоритм метод ветвей и границ все три метода равнозначны
20	К задачам целочисленного программирования относятся	только задачи с неделимостями только экстремальные комбинаторные задачи только нелинейные задачи сводящиеся к частично целочисленным все вышеуказанные задачи
21	К экстремальным комбинаторным задачам относятся	задача о ранце задача о покрытии задача коммивояжера все три вышеуказанные задачи
22	Метод ветвей и границ включает в себя	определение оценки верхней (нижней границы целевой функции ветвление области допустимых решений и определение рекорда зондирование и определение оптимального решения все три вышеуказанных этапа
23	Наиболее эффективным методом решения задач с двоичными переменными является	метод отсечений Гомори метод ветвей и границ аддитивный алгоритм симплекс метод
24	Вычислительная сложность решения целочисленных задач зависит от	точности вычисления верхних (нижних) границ множества допустимых последовательности просмотра подмножеств при ветвлении точности вычисления границ множества допустимых решений и посл не зависит от всех вышеуказанных факторов
25	Необходимыми условиями экстремума нелинейной функции являются	равенство нулю градиента функции равенство нулю хотя одной из частных производных функции неравенство нулю градиента функции неравенство нулю хотя одной из частных производных функции
26	Стационарная точка нелинейной функции является точкой минимума если	матрица вторых производных в ней положительно определена матрица вторых производных в ней отрицательно определена матрица вторых производных в ней не определена матрица вторых производных в ней определена
27	Стационарная точка нелинейной функции является точкой максимума если	матрица вторых производных в ней положительно определена матрица вторых производных в ней отрицательно определена матрица вторых производных в ней не определена матрица вторых производных в ней определена
28	Метод Ньютона предназначен для поиска экстремума нелинейной целевой функции	в задачах без ограничений в задачах с ограничениями в виде равенств в задачах с ограничениями в виде неравенства в любых из вышеуказанных задач

29	Метод множителей Лагранжа предназначен для поиска экстремума нелинейной целевой функции	в задачах без ограничений в задачах с ограничениями в виде равенств в задачах с ограничениями в виде неравенства в любых из вышеуказанных задач
30	Обобщенный метод множителей Лагранжа предназначен для поиска экстремума нелинейной целевой функции	в задачах без ограничений в задачах с ограничениями в виде равенств в задачах с ограничениями в виде неравенств в любых из вышеуказанных задач
31	Условия Куна-Таккера предназначены для поиска экстремума нелинейной целевой функции	в задачах без ограничений в задачах с ограничениями в виде равенств в задачах с ограничениями в виде неравенств в любых из вышеуказанных задач
32	Условия Куна-Таккера предназначены для поиска экстремума нелинейной целевой функции	в задачах без ограничений в задачах с ограничениями в виде равенств в задачах с ограничениями в виде неравенств в любых из вышеуказанных задач
33	Задачей нелинейного программирования называется задача у которой	целевая функция является нелинейной хоть одно ограничение является нелинейным целевая функция и ограничения являются нелинейными целевая функция и (или) хоть одно ограничение являются нелинейными
34	Разложение функции в ряд Тейлора используется при выводе	метода Ньютона метода множителей Лагранжа обобщенного метода множителей Лагранжа условий Куна Таккера
35	Надстройка Excel "Поиск решения" применяется для	анализа статистических данных для решения задач линейного и нелинейного программирования для решения задач линейного программирования для решения задач нелинейного программирования
36	Условия Куна Таккера применяются для задач у которых	целевая функция непрерывна и имеет непрерывные первую и вторую целевая функция непрерывна в области допустимых решений целевая функция и функции ограничений непрерывны и имеют непрерывные первую и вторую функции ограничений непрерывны и имеют непрерывные первую и вторую
37	Метод наискорейшего спуска (подъема) применяется для решения задач	в задачах без ограничений в задачах с ограничениями в виде равенств в задачах с ограничениями в виде неравенства в любых из вышеуказанных задач
38	Метод множителей Лагранжа позволяет найти	достаточные условия экстремума в задачах с ограничениями в виде равенств необходимые условия существования экстремума в задачах с ограничениями в виде равенств необходимые и достаточные условия существования экстремума в задачах с ограничениями в виде равенств необходимые условия существования экстремума в задачах с ограничениями в виде равенств
39	В обобщенном методе	один или несколько раз

	множителей Лагранжа задачу методом множителей Лагранжа приходится решать	один раз множество раз ни разу
40	Основная теорема математического программирования есть иная формулировка	метода множителей Лагранжа обобщенного метода множителей Лагранжа условий Куна Таккера всего вышеотмеченного
41	Область, формируемая системой ограничений $G(X) \leq 0$, называется регулярной, если	она задается ограничениями $G(X)=0$ она содержит хотя одну точку, такую что в ней $G(X)=0$ найдется хотя бы одна точка $X > 0$, такая, что $g_i(X) < 0$ для всех i . верны все три вышеприведенных определения
42	Условия Куна Таккера в задаче максимизации являются достаточными если	целевая функция вогнута, а область допустимых решений выпуклая целевая функция и область допустимых решений выпуклые целевая функция и область допустимых решений вогнутые целевая функция выпуклая, а область допустимых решений вогнута
43	Условия Куна Таккера в задаче минимизации являются достаточными если	целевая функция вогнута, а область допустимых решений выпуклая целевая функция и область допустимых решений выпуклые целевая функция и область допустимых решений вогнутые целевая функция выпуклая, а область допустимых решений вогнута
44	Выпуклыми называются функции, удовлетворяющие условиям	$f(\lambda X^1 + (1 - \lambda)X^2) \leq \lambda f(X^1) + (1 - \lambda)f(X^2)$ $f(\lambda X^1 + (1 - \lambda)X^2) = \lambda f(X^1) + (1 - \lambda)f(X^2)$ $f(\lambda X^1 + (1 - \lambda)X^2) \geq \lambda f(X^1) + (1 - \lambda)f(X^2)$ $f(\lambda X^1 + (1 - \lambda)X^2) \neq \lambda f(X^1) + (1 - \lambda)f(X^2)$
45	Вогнутыми называются функции, удовлетворяющие условиям	$f(\lambda X^1 + (1 - \lambda)X^2) \leq \lambda f(X^1) + (1 - \lambda)f(X^2)$ $f(\lambda X^1 + (1 - \lambda)X^2) = \lambda f(X^1) + (1 - \lambda)f(X^2)$ $f(\lambda X^1 + (1 - \lambda)X^2) \geq \lambda f(X^1) + (1 - \lambda)f(X^2)$ $f(\lambda X^1 + (1 - \lambda)X^2) \neq \lambda f(X^1) + (1 - \lambda)f(X^2)$
46	Область допустимых решений G называется выпуклой, если	вместе с любыми двумя точками X_1, X_2 из G она содержит отрезок между ними вместе с любыми двумя точками X_1, X_2 из G она содержит отрезок между ними если для любых двух точек X_1, X_2 из G она содержит хотя одну точку на отрезке между ними вместе с любыми двумя точками X_1, X_2 из G она содержит отрезок между ними
47	Область допустимых решений G называется вогнутой, если	вместе с любыми двумя точками X_1, X_2 из G она содержит отрезок между ними если для любых двух точек X_1, X_2 из G она содержит хотя одну точку на отрезке между ними вместе с любыми двумя точками X_1, X_2 из G она содержит отрезок между ними верно все сказанное во втором и третьем пунктах
48	Задачей квадратичного программирования называется задача поиска максимума (минимума)	квадратичной формы в области, формируемой квадратичной системой ограничений квадратичной формы в области, формируемой нелинейной системой ограничений квадратичной формы в области, формируемой линейной системой ограничений линейной целевой функции в области формируемой квадратичной системой ограничений
49	Целевая функция в задаче максимизации квадратичного программирования	положительно определена положительно полуопределена отрицательно определена

	должна быть	отрицательно полуопределена
50	Целевая функция в задаче минимизации квадратичного программирования должна быть	положительно определена положительно полуопределена отрицательно определена отрицательно полуопределена
51	Метод решения задач квадратичного программирования выводится	из метода множителей Лагранжа из метода обобщенных множителей Лагранжа из условий Куна Такукера из метода Ньютона
52	Метод решения задачи квадратичного программирования позволяет получить	необходимые условия существования решения достаточные условия существования решения необходимые и достаточные условия существования решения неверно все сказанное выше
53	Решение задачи квадратичного программирования можно свести к задаче	М-метода искусственных переменных первого этапа двухэтапного метода искусственных переменных с учетом линейного программирования, решаемой симплекс методом линейного программирования, решаемой двойственным симплекс мет
54	В задаче квадратичного программирования условия неотрицательности переменных	необязательны обязательны условия неположительности обязательны не имеют значения
55	В задаче квадратичного программирования ограничения должны иметь вид	$A \cdot X \leq B$ $A \cdot X \geq 0$ $A \cdot X = 0$ знак не имеет значения
56	Задачей стохастического программирования называются задачи у которых	коэффициенты c_j целевой функции являются случайными величинами коэффициенты a_{ij} левой части системы ограничений являются случайными величинами правые части b_i системы ограничений являются случайными величинами хоть один коэффициент целевой функции или системы ограничений д
57	Случайные коэффициенты целевой функции должны иметь	нормальное распределение распределение Пуассона равномерное распределение показательное распределение
58	Случайные коэффициенты в левых частях системы ограничений должны иметь	нормальное распределение распределение Пуассона равномерное распределение показательное распределение
59	Случайные коэффициенты в правых частях системы ограничений должны иметь	нормальное распределение распределение Пуассона равномерное распределение показательное распределение
60	Закон распределения случайных величин в	математическим ожиданием среднеквадратическим отклонением

	задаче стохастического программирования задается	коэффициентом корреляции или ковариацией всеми тремя вышеуказанными параметрами.
61	Нормированная и центрированная случайная величина имеет	математическое ожидание равное 0 дисперсию равную 1 математическое ожидание равное 0 и дисперсию равную 1 математическое ожидание равное 1
62	Задача стохастического программирования с вероятностными коэффициентами сводится	к задаче линейного программирования к задаче сепарабельного , программирования к задаче квадратичного программирования в зависимости от ее вида к задаче сепарабельного или линейного прог
63	Найти максимум функции $Z=10x_1+12x_2$ при ограничениях: $14x_1+5x_2 \leq 350$; $14x_1+8x_2 \leq 392$; $6x_1+12x_2 \leq 408$; $x_1, x_2 \geq 0$	$x_1=12, x_2=28, Z=456$ $x_1=14, x_2=23, Z=402$ $x_1=12, x_2=28, Z=484$ $x_1=8,3; x_2=33,3; Z=300$
64	Найти максимум функции $Z=9x_1+12x_2$ при ограничениях: $10x_1+4x_2 \leq 400$; $9x_1+9x_2 \leq 333$; $6x_1+12x_2 \leq 360$; $x_1, x_2 \geq 0$	$x_1=12, x_2=28, Z=456$ $x_1=14, x_2=23, Z=402$ $x_1=12, x_2=28, Z=484$ $x_1=8,3; x_2=33,3; Z=300$
65	Найти максимум функции $Z=10x_1+13x_2$ при ограничениях: $14x_1+5x_2 \leq 350$; $14x_1+8x_2 \leq 392$; $6x_1+12x_2 \leq 408$; $x_1, x_2 \geq 0$	$x_1=12, x_2=28, Z=456$ $x_1=14, x_2=23, Z=402$ $x_1=12, x_2=28, Z=484$ $x_1=8,3; x_2=33,3; Z=300$
66	Найти максимум функции $Z=8x_1+7x_2$ при ограничениях: $8x_1+7x_2 \leq 300$; $10x_1+8x_2 \leq 350$; $12x_1+7x_2 \leq 370$; $x_1, x_2 \geq 0$	$x_1=12, x_2=28, Z=456$ $x_1=14, x_2=23, Z=402$ $x_1=12, x_2=28, Z=484$ $x_1=8,3; x_2=33,3; Z=300$
67	Найти максимум функции $Z=2x_1+3x_2$ при ограничениях $x_1+2x_2 \leq 10$; $2x_1+x_2 \leq 10$; x_1, x_2 целые неотрицательные	$x_1=2, x_2=4. Z=16$ $x_1=4, x_2=2, Z=16$ $x_1=2, x_2=5, Z=25$ $x_1=5, x_2=2, Z=25$
68	Найти максимум функции $Z=3x_1+2x_2$ при ограничениях $x_1+2x_2 \leq 10$; $2x_1+x_2 \leq 10$; x_1, x_2 целые	$x_1=2, x_2=4. Z=16$ $x_1=4, x_2=2, Z=16$ $x_1=2, x_2=5, Z=25$ $x_1=5, x_2=2, Z=25$

	неотрицательные	
69	Найти максимум функции $Z=2x_1+5x_2$ при ограничениях $x_1+2x_2 \leq 10; 2x_1+x_2 \leq 10$; x_1, x_2 целые неотрицательные	$x_1=2, x_2=4, Z=16$ $x_1=4, x_2=2, Z=16$ $x_1=2, x_2=5, Z=25$ $x_1=5, x_2=2, Z=25$
70	Найти максимум функции $Z=5x_1+2x_2$ при ограничениях $x_1+2x_2 \leq 10; 2x_1+x_2 \leq 10$; x_1, x_2 целые неотрицательные	$x_1=2, x_2=4, Z=16$ $x_1=4, x_2=2, Z=16$ $x_1=2, x_2=5, Z=25$ $x_1=5, x_2=2, Z=25$
71	Найти минимум квадратичной формы $Z=4x_1+2x_1^2+x_1x_2+x_2^2$ при ограничении $x_1+2x_2 \geq 6$	$x_1=0, x_2=3, z=9$ $x_1=0, x_2=6, z=36$ $x_1=1.75, x_2=2.54, z=23.75$ $x_1=4, x_2=4, z=80$
72	Найти минимум квадратичной формы $Z=4x_1+2x_1^2+x_1x_2+x_2^2$ при ограничении $x_1+2x_2 \geq 12$	$x_1=0, x_2=3, z=9$ $x_1=0, x_2=6, z=36$ $x_1=1.75, x_2=2.54, z=23.75$ $x_1=4, x_2=4, z=80$
73	Найти минимум квадратичной формы $Z=4x_1+2x_1^2+x_1x_2+x_2^2$ при ограничении $2x_1+2x_2 \geq 6$	$x_1=0, x_2=3, z=9$ $x_1=0, x_2=6, z=36$ $x_1=1.75, x_2=2.54, z=23.75$ $x_1=4, x_2=4, z=80$
74	Найти минимум квадратичной формы $Z=4x_1+2x_1^2+x_1x_2+x_2^2$ при ограничении $2x_1+2x_2 \geq 12$	$x_1=0, x_2=3, z=9$ $x_1=0, x_2=6, z=36$ $x_1=1.75, x_2=2.54, z=23.75$ $x_1=4, x_2=4, z=80$
75	Для решения задачи динамического программирования используется	метод прямой прогонки метод обратной прогонки методы прямой и обратной прогонки метод множителей Лагранжа
76	Принцип оптимальности Беллмана может быть сформулирован так	подпуть оптимального пути сам является оптимальным путем подпуть оптимального пути не является оптимальным путем оптимальный путь есть самый длинный путь между начальной и конечной вершинами графа оптимальный путь есть самый короткий путь между начальной и конечной вершинами графа
77	Под стратегией в динамическом программировании понимается	процедура, которая определяет решение для каждого состояния задачи динамического программирования процедура, которая определяет выбор решения для начального состояния задачи динамического программирования процедура, которая определяет принадлежность очередного решения к оптимальному пути

		процедура выбора решения если предыдущее решение не принадлежало оптимальному пути
78	Для решения задачи динамического программирования необходимо	разделить задачу на этапы разделить задачу на этапы, а каждый этап - на состояния представить задачу в виде ненаправленного графа задать правила перехода между состояниями одного этапа
79	В графе, отображающем задачу динамического программирования	возможны переходы между состояниями внутри одного этапа возможны переходы между состояниями смежных этапов возможны переходы между состояниями несмежных этапов возможны переходы между несмежными состояниями одного этапа
80	Задача минимизации сети состоит в нахождении	множества ребер, соединяющих все узлы сети и имеющих минимальную суммарную длину. пути минимальной длины, соединяющего начальную и конечную вершины графа определения заданного количества ребер минимальной длины связное множество ребер минимальной длины
81	В задаче о кратчайшем пути заданными считаются	топология сети расстояния между узлами сети топология сети и расстояния между узлами сети разрешенные пути между вершинами графа
82	Задача определения пропускной способности сети получила название	задачи минимизации сети задачи поиска кратчайшего пути задачи о максимальном потоке задачи поиска наиболее длинного пути на графе
83	В качестве критерия эффективности в задачах сетевого планирования и управления чаще всего	применяют время выполнения комплекса работ. применяют общую стоимость комплекса работ применяют количество людей, занятых на работах применяют вероятность своевременного завершения комплекса работ
84	Сетевое планирование и управление состоит	из двух основных этапов: структурного планирования и календарного планирования из двух основных этапов: планирования и управления из трех основных этапов: структурного планирования, календарного планирования, оперативного управления из двух основных этапов: календарного планирования и оперативного управления
85	В сетевом планировании никакие две работы не должны	определяться разными начальными и конечными событиями иметь одинаковую длительность иметь одинаковую стоимость определяться одинаковыми начальными и конечными событиями
86	В сетевом планировании и управлении работа называется критической	если это наиболее важная работа если задержка ее начала ведет к увеличению срока окончания всего к если стоимость ее выполнения максимальна если для ее выполнения требуется максимальное время
87	При корректуре плана на этапе оперативного	приписать нулевые длительности уже выполненным работам откорректировать длительности частично завершенных работ

	управления его выполнением необходимо	исключить работы, ставшие ненужными и добавить новые работы, необходимость которых возникла выполнить все вышеуказанные пункты
--	---	--

6.1.2. Промежуточной аттестации

Примерный перечень вопросов, выносимых на зачет

1. Предметная область исследования операций
2. Основные понятия и определения теории исследования операций
3. Типовые задачи исследования операций и их математические модели
4. Классификация методов исследования операций
5. Принципы и этапы исследования операций
6. Постановка задачи линейного программирования
7. Графический метод решения задачи линейного программирования
8. Алгебраические основы решения задачи линейного программирования
9. Симплекс метод решения задачи линейного программирования
10. Особые случаи задачи линейного программирования
11. Методы определения начального допустимого решения задачи линейного программирования
12. Двойственный симплекс метод решения задачи линейного программирования
13. Основные соотношения двойственности
14. Транспортная задача по критерию стоимости
15. Транспортная задача по критерию времени
16. Метод северо-западного угла
17. Метод минимального элемента
18. Метод потенциалов
19. Метод разгрузочных цепей
20. Постановка задачи целочисленного программирования
21. Метод ветвей и границ.
22. Основные понятия теории игр
23. Матричные игры с седловой точкой
24. Матричные игры без седловой точки
25. Минимаксный метод решения матричных игр
26. Решение матричных игр в смешанных стратегиях
27. Методы упрощения платежных матриц
28. Решение матричных игр с помощью двойственной пары задач линейного программирования
29. Решение игр 2 на 2
30. Решение игр 2 на m и n на 2.

Практические вопросы

- П1. Решение задачи линейного программирования графическим методом

П2. Решение задачи линейного программирования симплекс-методом (улучшение плана)

П3. Решение задачи линейного программирования двойственным симплекс методом.

П4. Определение начального допустимого решения задачи линейного программирования методом искусственных переменных.

П5. Нахождение начального опорного плана транспортной задачи методом северо-западного угла

П6. Решение транспортной задачи по критерию стоимости методом потенциалов.

П7. Решение транспортной задачи с помощью надстройки Excel «Поиск решения»

П8. Решение целочисленной задачи методом ветвей и границ

П9. Решение матричной игры методом минимакса

П10. Сведение матричной игры к двойственной паре задач линейного программирования

Примерный перечень вопросов, выносимых на экзамен

Теоретические вопросы

1. Необходимые и достаточные условия существования экстремума нелинейной функции.
2. Метод одномерного оптимального поиска.
3. Метод Ньютона.
4. Метод наискорейшего подъема (спуска).
5. Метод множителей Лагранжа.
6. Условия и теорема Куна-Таккера.
7. Элементы теории выпуклых функций.
8. Метод линейных комбинаций
9. Метод штрафных функций
10. Сепарабельное программирование.
11. Квадратичное программирование.
12. Стохастическое программирование.
13. Геометрическое программирование.
14. Постановка задачи динамического программирования.
15. Принцип оптимальности Беллмана.
16. Метод прямой прогонки решения задачи динамического программирования.
17. Метод обратной прогонки решения задачи динамического программирования.
18. Метод минимизации сети.
19. Метод определения максимального потока на графе.
20. Метод определения кратчайшего пути на графе.
21. Постановка задачи сетевого планирования и управления.

22. Построение сетевого графика задачи сетевого планирования и управления.
23. Построение календарного плана сетевого планирования и управления.
24. Определение критического пути.
25. Учет неопределенности и затрат в сетевом планировании и управлении.
26. Управление ходом реализации календарного плана.

Практические вопросы

- П1. Решение задачи нелинейного программирования методом множителей Лагранжа
- П2. Решение задачи нелинейного программирования методом линейных комбинаций
- П3. Решение задачи нелинейного программирования методом штрафных функций
- П4. Решение задачи квадратичного программирования.
- П5. Решение задачи стохастического программирования.
- П6. Решение задачи динамического программирования.
- П7. Решение задачи минимизации сети.
- П8. Решение задачи о максимальном потоке.
- П9. Решение задачи о кратчайшем пути.
- П10. Решение задачи определения критического пути.

6.2. Шкала оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок

Система оценивания включает:

Форма контроля	Показатели оценивания	Критерии выставления оценок	Шкала оценивания
зачет	правильность и полнота ответа	дан правильный, полный ответ на поставленный вопрос, показана совокупность осознанных знаний по дисциплине, доказательно раскрыты основные положения вопросов; могут быть допущены недочеты, исправленные самостоятельно в процессе ответа; дан правильный, недостаточно полный ответ на поставленный вопрос, показано умение выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи; могут быть допущены недочеты, исправленные с помощью преподавателя; дан недостаточно правильный и полный ответ; логика и последовательность изложения имеют нарушения; в	зачтено

		ответе отсутствуют выводы.	
		ответ представляет собой разрозненные знания с существенными ошибками по вопросу; присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения; дополнительные и уточняющие вопросы не приводят к коррекции ответа на вопрос.	не зачтено
экзамен	правильность и полнота ответа	дан правильный, полный ответ на поставленный вопрос, показана совокупность осознанных знаний по дисциплине, доказательно раскрыты основные положения вопросов; могут быть допущены недочеты, исправленные самостоятельно в процессе ответа.	отлично
		дан правильный, недостаточно полный ответ на поставленный вопрос, показано умение выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи; могут быть допущены недочеты, исправленные с помощью преподавателя.	хорошо
		дан недостаточно правильный и полный ответ; логика и последовательность изложения имеют нарушения; в ответе отсутствуют выводы.	удовлетворительно
		ответ представляет собой разрозненные знания с существенными ошибками по вопросу; присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения; дополнительные и уточняющие вопросы не приводят к коррекции ответа на вопрос.	неудовлетворительно

7. Ресурсное обеспечение дисциплины

7.1. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение отечественного производства

- Статистическая диалоговая система STADIA [ПО-6FF-561] - Статистическая диалоговая система [Лицензионное. Номер в Едином реестре российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных - 9064]

- SMath Studio [ПО-A68-516] - Программное обеспечение для вычисления математических выражений и построения графиков функций [Свободно

распространяемое. Номер в Едином реестре российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных - 12849]

- МойОфис Образование [ПО-41В-124] - Полный комплект редакторов текстовых документов и электронных таблиц, а также инструментарий для работы с графическими презентациями [Свободно распространяемое. Номер в Едином реестре российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных - 4557]

- Astra Linux Common Edition релиз Орел [ПО-25В-603] - Операционная система общего назначения "Astra Linux Common Edition" [Коммерческая (Full Package Product). Номер в Едином реестре российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных - 4433]

7.2. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru> (свободный доступ).

2. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://window.edu.ru/>, доступ только после самостоятельной регистрации.

3. Научная электронная библиотека «eLIBRARY.RU» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/>, доступ только после самостоятельной регистрации.

4. Электронная библиотека университета <http://elib.igps.ru> (авторизованный доступ).

5. Электронно-библиотечная система «ЭБС IPR BOOKS» <http://www.iprbookshop.ru> (авторизованный доступ).

7.3. Литература

Основная литература:

1. Куватов В. И. Системный анализ и принятие решений. Учебник/ Куватов В. И., Артамонов В. С., Антюхов В. И. и др. - 2-е изд., перераб. и доп. - СПб. : СПбУ ГПС МЧС России, 2017. 352 с.
2. Исследование операций и методы оптимизации. Лекционный курс Составитель А.А. Мицель. ТОМСК: Изд. ТУСУР, 2019. – 167 с

Дополнительная литература:

1. Куватов В. И. Исследование операций. Учебник/ Куватов В. И., Величко Г. А.-СПб: ВМИРЭ им. А. С. Попова, 2005 – 378 с.
2. Х. А. Таха. Введение в исследование операций. 7-е изд.: Пер. с англ.-М.: Издательский дом «Вильямс», 2005.-912 с.

3. У. С. Вентцель, Исследование операций : задачи, принципы, методология / Е. С. Вентцель. - 5-е изд., стер. - Москва : КноРус, 2010. - 191 с.
4. Есипов Б. А. Методы оптимизации и исследование операций. Учебное пособие. Самара. Изд-во СГАУ, 2007 г. – 180 с.

7.4. Материально-техническое обеспечение

Для проведения и обеспечения лекционных занятий используются помещения, которые представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой бакалавриата, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: автоматизированное рабочее место преподавателя, маркерная доска, мультимедийный проектор, документ-камера, посадочные места обучающихся.

Помещения для практических занятий и самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой из расчета 1 компьютер на одного обучающегося, с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде университета.

Автор: Заслуженный работник высшей школы России, доктор технических наук, профессор Куватов Валерий Ильич.