

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования_
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Павловский филиал ННГУ

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Исследование операций и методы оптимизации

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Направление подготовки / специальность

09.03.03 - Прикладная информатика

Направленность образовательной программы

Прикладная информатика в экономике и управлении

Форма обучения

очная, очно-заочная

г. Павлово

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.12 Исследование операций и методы оптимизации относится к обязательной части образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
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	УК-2.1: Демонстрирует знание необходимых для осуществления профессиональной деятельности правовых норм УК-2.2: Демонстрирует умение определять круг задач в рамках избранных видов профессиональной деятельности, рационально планировать свою деятельность с учетом имеющихся ресурсов и существующих ограничений УК-2.3: Демонстрирует наличие практического опыта применения нормативной базы и решения задач в области избранных видов профессиональной деятельности	УК-2.1: Знать: методы принятия оптимальных решений в задачах анализа и управления экономическими системами УК-2.2: Уметь: анализировать альтернативные варианты решений для достижения намеченных результатов; определять цели и этапы выполнения работ. УК-2.3: Владеть: методиками разработки целей и задач проекта; методами принятия оптимальных решений с учетом имеющихся ресурсов и ограничений.	Контрольная работа Тест	Экзамен: Контрольные вопросы
ОПК-1: Способен применять естественнонаучные и общетеоретические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности	ОПК-1.1: Демонстрирует знание основ высшей математики, физики, вычислительной техники и программирования ОПК-1.2: Демонстрирует умение решать профессиональные задачи с применением естественнонаучных и общетеоретических знаний, методов математического анализа и моделирования	ОПК-1.1: Знать: основы математики, вычислительной техники и программирования. ОПК-1.2: Уметь: решать задачи анализа экономических систем с применением естественнонаучных знаний, методов математического моделирования.	Контрольная работа Тест	Экзамен: Контрольные вопросы

	ОПК-1.3: Демонстрирует наличие практического опыта теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности	ОПК-1.3: Владеть: навыками теоретического и экспериментального исследования экономических и управленческих систем.		
ОПК-6: Способен анализировать и разрабатывать организационно-технические и экономические процессы с применением методов системного анализа и математического моделирования	ОПК-6.1: Демонстрирует знание основ теории систем и системного анализа, дискретной математики, теории вероятностей и математической статистики, методов оптимизации и исследования операций, нечетких вычислений, математического и имитационного моделирования ОПК-6.2: Применяет 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 ОПК-6.3: Имеет практический опыт выполнения инженерных расчетов основных показателей результативности создания и применения информационных систем и технологий	ОПК-6.1: Знать: основы теории систем и системного анализа, методов оптимизации и исследования операций, экономико-математического моделирования. ОПК-6.2: Уметь: применять методы теории систем и системного анализа, экономико-математического моделирования для автоматизации задач принятия решений в экономико-управленческой сфере. ОПК-6.3: Владеть: навыками построения математических моделей и анализа эффективности функционирования экономических и информационных систем.	Контрольная работа Тест	Экзамен: Контрольные вопросы

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная	очно-заочная
Общая трудоемкость, з.е.	5	5

Часов по учебному плану	180	180
в том числе		
аудиторные занятия (контактная работа):		
- занятия лекционного типа	32	16
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	64	16
- КСР	2	2
самостоятельная работа	46	110
Промежуточная аттестация	36 Экзамен	36 Экзамен

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)		в том числе								
			Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них						Самостоятельная работа обучающегося, часы		
			Занятия лекционного типа		Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы		Всего				
	ОФО	ОЗФО	ОФО	ОЗФО	ОФО	ОЗФО	ОФО	ОЗФО	ОФО	ОЗФО	
ТЕМА 1. СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ЗАДАЧАМ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ	8	8	2	1	4	1	6	2	2	6	
ТЕМА 2. НЕЛИНЕЙНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ	44	44	10	5	20	5	30	10	14	34	
ТЕМА 3. ДИСКРЕТНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ	18	18	4	2	8	2	12	4	6	14	
ТЕМА 4. ЗАДАЧИ ЛИНЕЙНОГО, НЕЛИНЕЙНОГО И ДИСКРЕТНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ В EXCEL	18	18	4	2	8	2	12	4	6	14	
ТЕМА 5. МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ	18	18	4	2	8	2	12	4	6	14	
ТЕМА 6. ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ	18	18	4	2	8	2	12	4	6	14	
ТЕМА 7. ДИНАМИЧЕСКОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ	18	18	4	2	8	2	12	4	6	14	
Аттестация	36	36									
КСР	2	2						2	2		
Итого	180	180	32	16	64	16	98	34	46	110	

Содержание разделов и тем дисциплины

ТЕМА 1. СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ЗАДАЧАМ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Основные понятия дисциплины «Исследование операций и методы оптимизации». Методы принятия решений.

ТЕМА 2. НЕЛИНЕЙНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ

Общая постановка задачи нелинейного программирования. Графический метод решения задач с линейной целевой функцией и нелинейной системой ограничений. Графический метод решения задач нелинейной целевой функцией и линейной системой ограничений. Графический метод решения задач

нелинейной целевой функцией и нелинейной системой ограничений. Локальные и глобальные экстремумы функции. Метод множителей Лагранжа решения задачи определения условного экстремума функции. Математическая модель задачи дробно-линейного программирования. Алгоритм решения задач дробно-линейного программирования.

ТЕМА 3. ДИСКРЕТНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ

Классификация задач дискретной оптимизации. Решение задач целочисленного программирования графическим методом. Задача о назначениях. Венгерский алгоритм решения задачи о назначениях.

ТЕМА 4. ЗАДАЧИ ЛИНЕЙНОГО, НЕЛИНЕЙНОГО И ДИСКРЕТНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ В EXCEL

Решение задач нелинейного программирования средствами Excel. Решение задач целочисленного программирования средствами Excel. Примеры. Решение задачи о назначениях средствами Excel.

ТЕМА 5. МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ

Постановка задачи многокритериальной оптимизации. Математическая модель нахождения компромиссного решения. Определение оптимального выпуска продукции при многокритериальных экономических показателях.

ТЕМА 6. ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ

Постановка задачи параметрического программирования. Графический метод решения задач параметрического программирования. Симплекс-метод решения задач параметрического программирования.

ТЕМА 7. ДИНАМИЧЕСКОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ

Динамическое программирование: оптимальная стратегия замены оборудования. Распределение инвестиций для эффективного использования потенциала предприятия. Нахождение рациональных затрат при строительстве трубопроводов и транспортных артерий.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:

Электронные курсы, созданные в системе электронного обучения ННГУ:

Исследование операций и методы оптимизации (Голубева Е.А.),

<https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=6751>.

Иные учебно-методические материалы:

Цель самостоятельной работы - формирование навыков непрерывного самообразования и профессионального совершенствования.

Самостоятельная работа способствует формированию аналитического и творческого мышления, совершенствует способы организации исследовательской деятельности, воспитывает целеустремленность, системность и последовательность в работе студентов, развивает у них навык завершать начатую работу.

Основные виды самостоятельной работы студентов:

- работа с основной и дополнительной литературой;
- изучение категориального аппарата дисциплины;
- самостоятельное изучение тем дисциплины;
- подготовка к экзамену;

- работа в библиотеке;
- изучение сайтов по темам дисциплины в сети Интернет.

Работа с основной и дополнительной литературой

Изучение рекомендованной литературы следует начинать с учебников и учебных пособий, затем переходить к научным монографиям и материалам периодических изданий. Работа с литературой предусматривает конспектирование наиболее актуальных и познавательных материалов. Это не только мобилизует внимание, но и способствует более глубокому осмыслению материала, его лучшему запоминанию, а также позволяет студентам проводить систематизацию и сравнительный анализ изучаемой информации. Таким образом, конспектирование – одна из основных форм самостоятельного труда, которая требует от студента активно работать с учебной литературой и не ограничиваться конспектом лекций. Студент должен уметь самостоятельно подбирать необходимую литературу для учебной и научной работы, уметь обращаться с предметными каталогами и библиографическим справочником библиотеки.

Изучение категориального аппарата дисциплины

Изучение и осмысление экономических категорий требует проработки лекционного материала, выполнения практических заданий, изучение словарей, энциклопедий, справочников.

Индивидуальная самостоятельная работа студента направлена на овладение и грамотное применение экономической терминологии в области компьютерного моделирования.

Самостоятельное изучение тем дисциплины

Особое место отводится самостоятельной проработке студентами отдельных разделов и тем изучаемой дисциплины. Такой подход вырабатывает у студентов инициативу, стремление к увеличению объема знаний, умений и навыков, всестороннего овладения способами и приемами профессиональной деятельности.

Изучение вопросов определенной темы направлено на более глубокое усвоение основных категорий экономической теории, понимание экономических процессов, происходящих в обществе, совершенствование навыка анализа теоретического и эмпирического материала.

Подготовка к экзамену

Промежуточная аттестация студентов по дисциплине проходит в виде экзамена и предусматривает оценку. Условием успешного прохождения промежуточной аттестации является систематическая работа студента в течение семестра. В этом случае подготовка к экзамену является систематизацией всех полученных знаний по данной дисциплине.

Рекомендуется внимательно изучить перечень вопросов к экзамену, а также использовать в процессе обучения программу, учебно-методический комплекс, другие методические материалы.

Желательно спланировать троекратный просмотр материала перед экзаменом. Во-первых, внимательное чтение с осмыслением, подчеркиванием и составлением краткого плана ответа. Во-вторых, повторная проработка наиболее сложных вопросов. В-третьих, быстрый просмотр материала или планов ответов для его систематизации в памяти.

Самостоятельная работа в библиотеке

Важным аспектом самостоятельной подготовки студентов является работа с библиотечным фондом.

Это работа предполагает различные варианты повышения профессионального уровня студентов:

- а) получение книг для подробного изучения в течение семестра на научном абонементе;
- б) изучение книг, журналов, газет - в читальном зале;

- в) возможность поиска необходимого материала посредством электронного каталога;
- г) получение необходимых сведений об источниках информации у сотрудников библиотеки.

Изучение сайтов по темам дисциплины в сети Интернет

Ресурсы Интернет являются одним из альтернативных источников быстрого поиска требуемой информации. Их использование возможно для получения основных и дополнительных сведений по изучаемым материалам. Необходимо помнить об оформлении ссылок на Интернет-источники.

Для повышения эффективности самостоятельной работы студентов преподавателю целесообразно использовать следующие виды деятельности:

- консультации,
- выдача заданий на самостоятельную работу,
- информационное обеспечение обучения,
- контроль качества самостоятельной работы студентов.

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольная работа) для оценки сформированности компетенции УК-2:

7.1. Дана задача с линейной целевой функцией и нелинейной системой ограничений.

Используя графический метод, найти глобальные экстремумы функции, при этом с 1-го по 5-й вариант выполнения работ принять математическую модель задачи вида

$$L = c_1x_1 + c_2x_2$$

при ограничениях:

$$\begin{aligned}x_1^2 + x_2^2 &\leq b_1, \\ x_{1,2} &\geq 0;\end{aligned}$$

с 6-го по 10-й вариант — вида

$$L = c_1x_1 + c_2x_2$$

при ограничениях:

$$\begin{aligned}x_1x_2 &\leq b_1, \\ x_1 &\leq b_2, \\ x_2 &\leq b_3, \\ x_{1,2} &\geq 0.\end{aligned}$$

Значения коэффициентов целевых функций и систем ограничений

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Значения										
c_1	2	1	-1	2	-3	2	3	-2	2	-1
c_2	3	2	-2	1	-1	3	2	-1	1	-2
b_1	16	36	25	4	9	3	2	5	4	2
b_2	-	-	-	-	-	4	6	5	7	8
b_3	-	-	-	-	-	5	7	4	5	6

7.2. Дана задача с нелинейной целевой функцией и линейной системой ограничений.

Используя графический метод, найти глобальные экстремумы функции

$$L = (x_1 + a)^2 + (x_2 + b)^2$$

при ограничениях:

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 \leq b_1, \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 \leq b_2, \\ x_{1,2} \geq 0. \end{cases}$$

Значения коэффициентов целевой функции и системы ограничений

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Значения										
a	-5	-6	-1	-2	-3	-1	-3	-2	-2	1
b	-4	-2	-1	-1	-4	-1	-1	-6	-2	-1
a_{11}	5	2	5	2	3	3	3	3	6	6
a_{12}	-4	5	-4	5	8	5	8	5	7	7
b_1	-20	20	-20	20	24	15	24	15	42	42
a_{21}	3	2	3	2	4	5	4	5	3	3
a_{22}	2	1	2	1	7	3	7	3	-2	-2
b_2	30	10	30	10	28	15	28	15	-6	-6

7.3. Дана задача с нелинейной целевой функцией и нелинейной системой ограничений.

Используя графический метод, найти глобальные экстремумы функции, при этом с 1-го по 5-й вариант выполнения работ принять математическую модель задачи вида

$$L = (x_1 + a)^2 + (x_2 + b)^2$$

при ограничениях:

$$\begin{aligned} x_1 x_2 &\leq b_1, \\ x_1 &\leq b_2, \\ x_2 &\leq b_3, \\ x_{1,2} &\geq 0; \end{aligned}$$

с 6-го по 10-й вариант — вида

$$L = (x_1 + a)^2 + (x_2 + b)^2$$

при ограничениях:

$$\begin{aligned} x_1 + x_2 &\leq b_1, \\ x_1 &\leq b_2, \\ x_2 &\leq b_3, \\ x_{1,2} &\geq 0. \end{aligned}$$

Значения коэффициентов целевой функции и системы ограничений

№ варианта Значения	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a	1	-2	1	-1	2	-1	-1	1	0	-2
b	-1	1	-2	-1	2	-2	1	-1	-2	0
b_1	4	5	6	3	2	16	25	36	4	9
b_2	6	5	4	5	3	3,5	4,5	5,5	6,5	2,8
b_3	5	6	5	4	6	3,5	4,5	5,5	6,5	2,8

7.4. Решить задачу дробно-линейного программирования.

Для производства двух изделий A и B предприятие использует три типа технологического оборудования. Каждое из изделий должно пройти обработку на данном типе оборудования. Время обработки каждого из изделий, затраты, связанные с производством одного изделия, даны в таблице.

Оборудование 1-го и 3-го типов предприятие может использовать не менее b_1 и b_3 ч соответственно, оборудование 2-го типа — не более b_2 ч.

Определить, сколько изделий следует изготовить предприятию, чтобы средняя себестоимость одного изделия была минимальной.

Тип оборудования	Затраты времени на обработку одного изделия, ч	
	A	B
1	a_{11}	a_{12}
2	a_{21}	a_{22}
3	a_{31}	a_{32}
Затраты на производство одного изделия, тыс. р.	c_1	c_2

Значения коэффициентов условия задачи

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Значения										
c_1	1	3	1	4	1	2	5	3	2	5
c_2	2	1	4	2	3	4	3	4	5	2
a_{11}	12	12	7	8	8	8	4	11	16	12
a_{12}	4	1	4	3	6	10	8	1	4	6
b_1	48	12	28	24	48	80	32	11	32	70
a_{21}	10	10	5	1	6	12	9	4	7	8
a_{22}	5	4	10	1	9	6	5	6	5	9
b_2	50	40	45	5	54	72	45	24	35	72
a_{31}	1	5	2	2	8	3	10	1	2	1
a_{32}	1	8	11	8	1	14	2	10	7	10
b_3	6	30	22	16	8	42	20	10	14	12

7.5. Дана задача нелинейного программирования

$$L = ax_1x_2$$

при ограничении

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 = b_1.$$

Найти условный экстремум с использованием метода множителей Лагранжа.

Значения коэффициентов целевой функции и системы ограничений

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Значения										
a	1	2	1	3	-1	-2	-3	1	2	-1
a_{11}	1	2	3	2	-1	1	3	1	1	3
a_{12}	1	3	1	1	3	-2	-1	3	3	-3
b_1	1	4	2	3	2	2	3	1	2	2

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольная работа) для оценки сформированности компетенции ОПК-1:

6.16. Решить задачу о назначениях.

В цехе предприятия имеется 5 универсальных станков, которые могут выполнять 4 вида работ. Каждую работу одновременно может выполнять только один станок, и каждый станок можно загружать только одной работой.

В таблице даны затраты времени при выполнении станком определенной работы.

Определить наиболее рациональное распределение работ между станками, минимизирующее суммарные затраты времени.

Работа	1	2	3	4
Станок				
1	c_{11}	c_{12}	c_{13}	c_{14}
2	c_{21}	c_{22}	c_{23}	c_{24}
3	c_{31}	c_{32}	c_{33}	c_{34}
4	c_{41}	c_{42}	c_{43}	c_{45}
5	c_{51}	c_{52}	c_{53}	c_{55}

Значения коэффициентов распределительной таблицы

№ варианта Значения	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
c ₁₁	5	4	3	4	5	6	3	5	7	6
c ₁₂	6	5	4	4	4	5	4	6	6	7
c ₁₃	4	3	5	3	6	4	6	7	8	4
c ₁₄	7	5	5	5	5	5	5	6	7	6
c ₂₁	4	6	3	4	6	5	4	6	6	7
c ₂₂	5	5	5	5	4	6	5	4	5	6
c ₂₃	3	4	4	3	5	4	5	5	6	5
c ₂₄	6	6	4	6	5	6	6	6	7	6
c ₃₁	4	3	5	5	5	6	3	5	6	6
c ₃₂	5	4	5	5	4	7	6	5	7	5
c ₃₃	5	3	4	4	6	5	5	6	5	4
c ₃₄	7	5	5	3	6	7	4	7	6	5
c ₄₁	5	5	4	3	4	5	6	4	6	4
c ₄₂	4	4	4	3	5	5	6	7	5	4
c ₄₃	3	3	5	4	5	6	5	4	7	4
c ₄₄	6	4	4	3	5	6	5	4	6	7
c ₅₁	6	4	3	4	4	4	5	5	4	7
c ₅₂	3	4	5	4	6	4	3	6	7	5
c ₅₃	4	5	4	5	4	6	4	7	6	6
c ₅₄	5	4	5	3	4	7	5	6	4	5

6.17. Решить задачу о назначениях.

Служба занятости имеет в наличии четыре вакантных места по разным специальностям, на которые претендуют шесть человек. Проведено тестирование претендентов, результаты которого в виде баллов представлены в матрице

$$\begin{pmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} & c_{14} & c_{15} & c_{16} \\ c_{21} & c_{22} & c_{23} & c_{24} & c_{25} & c_{26} \\ c_{31} & c_{32} & c_{33} & c_{34} & c_{35} & c_{36} \\ c_{41} & c_{42} & c_{43} & c_{44} & c_{45} & c_{46} \end{pmatrix}.$$

Распределить претендентов на вакантные места таким образом, чтобы на каждое место был назначен человек с наибольшим набранным по тестированию баллом.

Значения коэффициентов матрицы

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Значения										
c ₁₁	8	5	3	4	3	5	9	5	4	6
c ₁₂	5	6	4	3	7	6	5	3	5	6
c ₁₃	6	7	7	6	5	7	6	3	6	5
c ₁₄	7	3	5	5	5	3	6	6	3	6
c ₁₅	5	9	6	6	8	5	7	8	3	7
c ₁₆	4	7	7	5	7	4	5	7	7	5
c ₂₁	7	6	3	3	5	6	6	6	5	7
c ₂₂	6	4	5	4	9	7	7	4	8	8
c ₂₃	5	8	8	8	4	9	4	6	9	9
c ₂₄	6	4	4	9	6	4	3	5	6	4
c ₂₅	4	7	6	7	5	4	5	9	3	3
c ₂₆	6	5	7	4	4	5	6	5	5	5
c ₃₁	6	5	5	4	4	4	7	3	5	5
c ₃₂	3	3	5	5	8	5	8	6	6	4
c ₃₃	6	8	9	7	6	8	3	5	7	7
c ₃₄	5	3	6	8	5	3	5	7	5	5
c ₃₅	3	8	7	7	6	6	4	6	6	4
c ₃₆	7	4	6	5	3	6	5	6	3	6
c ₄₁	4	4	4	5	6	3	7	3	6	6
c ₄₂	5	5	6	3	9	5	7	6	7	5
c ₄₃	4	9	6	6	3	4	4	4	6	5
c ₄₄	8	5	5	5	4	4	6	6	4	3
c ₄₅	6	6	8	5	4	5	3	9	4	3
c ₄₆	5	5	5	3	5	5	4	5	5	4

6.18. Дана задача линейного программирования с двумя целевыми функциями

$$L_1 = c_1x_1 + c_2x_2 \rightarrow \max, \quad L_2 = d_1x_1 + d_2x_2 \rightarrow \min$$

при ограничениях:

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 \geq b_1, \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 \leq b_2, \\ a_{31}x_1 + a_{32}x_2 \leq b_3, \\ a_{41}x_1 + a_{42}x_2 \leq b_4, \\ x_{1,2} \geq 0. \end{cases}$$

Составить математическую модель нахождения компромиссного решения и найти его (решение математической модели рекомендуется проводить на персональном компьютере).

Значения коэффициентов целевой функции и системы ограничений

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Значения										
c ₁	2	2	2	2	3	3	2	3	2	2
c ₂	1	1	1	1	2	2	1	2	1	1
a ₁₁	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
a ₁₂	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
b ₁	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
a ₂₁	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
a ₂₂	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
b ₂	32	32	32	24	32	32	24	24	24	24
a ₃₁	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
a ₃₂	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
b ₃	4	2	4	4	4	4	4	4	4	4
a ₄₁	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
a ₄₂	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2
b ₄	2	2	0	2	2	0	0	0	0	0
d ₁	1	1	1	1	2	2	1	2	1	2
d ₂	3	3	3	3	1	1	3	1	1	1

5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Контрольная работа) для оценки сформированности компетенции ОПК-6:

6.13. Дана задача параметрического программирования

$$L(\bar{x}) = (c'_1 + c''_1 \lambda)x_1 + (c'_2 + c''_2 \lambda)x_2 \rightarrow \max(\min)$$

при ограничениях:

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 - x_3 = b_1, \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + x_4 = b_2, \\ a_{31}x_1 + a_{32}x_2 + x_5 = b_3. \\ x_j \geq 0, \quad j = \overline{1,5}. \end{cases}$$

Решить задачу симплексным методом.

Значения коэффициентов целевой функции и системы ограничений

№ варианта Значения	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
c'_1	1	1	2	-1	3	2	-2	1	-3	2
c''_1	1	-2	-1	2	-1	3	1	-3	1	3
c'_2	2	2	1	-2	-1	3	-1	3	4	1
c''_2	-1	1	1	1	-2	-1	1	1	-1	2
a_{11}	1	1	2	2	3	3	-1	-1	1	1
a_{12}	2	2	1	1	1	1	1	1	2	2
b_1	4	4	6	6	3	3	3	3	2	2
a_{21}	-1	-1	-1	-1	1	1	2	2	2	2
a_{22}	1	1	3	3	1	1	1	1	-1	-1
b_2	1	1	11	11	2	2	7	7	1	1
a_{31}	2	2	3	3	4	4	-3	-3	-1	-1
a_{32}	-3	-3	-2	-2	-1	-1	2	2	1	1
b_3	3	3	2	2	3	3	7	7	0	0
$L(x)$	min	min	min	max	min	max	max	min	max	min
Диапазон										
изменения λ [-5;5] [-10;1] [-10;10] [0;8] [-6;6] [-8;8] [-4;4] [-3;3] [-7;7] [-3;-3/4]										

6.14. Решить транспортную параметрическую задачу, заданную распределительной таблицей

b_j	35	25	15	20
a_i				
40	c_{11}	c_{12}	c_{13}	c_{14}
30	c_{21}	c_{22}	c_{23}	c_{24}
25	c_{31}	c_{32}	c_{33}	c_{34}

Значения коэффициентов распределительной таблицы

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Значения										
c_{11}	4	4	4	4	2	$2+\lambda$	2	8	8	8
c_{12}	3	3	3	3	7	7	$7-\lambda$	3	6	6
c_{13}	6	6	$6-\lambda$	6	3	6	6	5	5	5
c_{14}	4	4	4	4	6	6	6	2	2	2
c_{21}	1	1	1	1	4	4	4	4	4	$4-\lambda$
c_{22}	6	6	6	6	3	3	3	$1+\lambda$	1	1
c_{23}	2	7	7	7	$1-2\lambda$	1	1	6	6	6
c_{24}	8	8	8	8	4	4	4	7	7	7
c_{31}	2	2	2	2	5	3	3	1	$1+2\lambda$	1
c_{32}	8	4	8	$8-\lambda$	4	4	4	9	9	9
c_{33}	$5-\lambda$	5	5	5	6	6	6	4	4	4
c_{34}	7	$7-2\lambda$	7	7	2	2	2	3	3	3

Диапазон
изменения λ $[-8; 4]$ $[-2; 2]$ $[-5; 5]$ $[-6; 6]$ $[-3; 0]$ $[0; 5]$ $[-1; 6]$ $[0; 5]$ $[-4; 4]$ $[-5; 3]$

8.1. Определить оптимальный цикл замены оборудования при следующих исходных данных: $S(t) = 0$, $f(t) = r(t) - u(t)$.

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8
$f(t)$	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9

Значения коэффициентов условия задачи

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Значения										
P	12	10	14	11	13	15	16	15	14	11
a_1	12	10	14	11	13	15	16	15	14	11
a_2	10	9	12	10	12	14	15	14	13	10
a_3	8	8	10	9	11	12	13	13	12	9
a_4	6	7	8	7	9	10	11	11	10	8
a_5	4	5	6	5	7	8	8	9	7	7
a_6	2	3	4	3	4	6	5	7	4	5
a_7	0	1	1	0	1	3	2	4	1	3
a_8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
a_9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольная работа)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	выставляется студенту, если он решил безошибочно все задачи, продемонстрировав безупречное владение методами решения
отлично	выставляется студенту, если он решил все задачи, но допустил 1-2 незначительные ошибки в решении, которые не относятся к контролируемой теме
очень хорошо	выставляется студенту, если он достаточно хорошо применяет теоретический материал при решении задач, но допускает 1-2 заметные ошибки в решении,

Оценка	Критерии оценивания
	которые может самостоятельно исправить
хорошо	выставляется студенту, если он достаточно хорошо применяет теоретический материал при решении задач, но допускает 1-2 заметные ошибки в решении, которые самостоятельно исправить не может
удовлетворительно	выставляется студенту, если он безошибочно решил 50% заданий, с остальными заданиями, либо справился частично, либо не справился совсем
неудовлетворительно	выставляется студенту, если он не умеет решать типовые задачи, в его работе менее 50% правильно решённых заданий
плохо	выставляется студенту, если он не приступал к решению задач на контрольной работе

5.1.4 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции УК-2:

1. Для задачи математического программирования к задаче оптимизации без ограничений из перечисленных используется:

- а) Метод кусочно-линейной аппроксимации;
- б) Метод потенциалов;
- в) Распределительный метод;
- г) Метод функции Лагранжа.

2. При решении задачи математического программирования методом функции Лагранжа оптимальный план исходной задачи ищется среди:

- а) Вершин многогранника решений;
- б) Точек границы области;
- в) Внутренних точек области;
- г) Точек стационарности функции Лагранжа.

3. При решении задачи безусловной оптимизации на максимум частные производные в точке решения:

- а) равны нулю;
- б) больше нуля;
- в) меньше нуля;
- г) неотрицательны.

4. При решении задачи безусловной оптимизации на минимум частные производные в точке решения:

- а) равны нулю;
- б) больше нуля;
- в) меньше нуля;
- г) неотрицательны.

5. Компонентами градиента функции являются:

- а) частные производные первого порядка;
- б) частные производные второго порядка;
- в) частные производные третьего порядка;
- г) частные производные четвертого порядка;

6. Коммивояжер должен посетить один, и только один, раз каждый из n городов и вернуться в исходный пункт. Его маршрут должен минимизировать суммарную длину пройденного пути это

- 1. задача коммивояжера
- 2. задача о диете
- 3. задача о назначении
- 4. задача о рюкзаке

7. Наука, занимающаяся разработкой и практическим применением методов наиболее оптимального управления организационными системами, называется

- 1. экономическая математика
- 2. теория систем и системный анализ
- 3. исследование операций
- 4. динамическое программирование

8. Под экономико-математической моделью понимается:

- А) Отображение свойств экономической системы в виде таблиц, диаграмм, схем
- В) Формально-математическое отображение основных с точки зрения поставленной цели свойств экономической системы
- С) Математическое отображение входов экономической системы
- Д) Математическое отображение выходов экономической системы
- Е) Множество существующих знаний об экономической системе

9. Экономико-математическая модель считается дробно-линейной моделью лишь в том случае, если:

- А) Целевая функция модели построены в виде отношения двух линейных функций
- В) Коэффициенты целевой функции являются дробными величинами
- С) Коэффициенты переменных в ограничениях модели являются дробными величинами

- D) Свободные члены ограничений модели являются дробными величинами
- E) Значения эндогенных параметров модели должны быть дробными величинами

10. Экономико-математическая модель считается нелинейной моделью лишь в том случае, если:

- A) Система ограничений модели нелинейна, а целевая функция обязательно линейна
- B) Целевая функция модели нелинейна, а система ограничений обязательно линейна
- C) Как целевая функция, так и система ограничений модели обязательно нелинейны
- D) Или целевая функция, или система ограничений модели, или же и та, и другая нелинейны
- E) Как целевая функция, так и система ограничений модели линейны, однако на эндогенные параметры поставлены условия неотрицательности

5.1.5 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ОПК-1:

1. Задачей дискретного линейного программирования называется

- а) Задача линейного программирования без условий неотрицательности переменных;
- б) Задача линейного программирования с дополнительным условием целочисленности некоторых переменных;
- в) Задача линейного программирования без ограничений типа равенств;
- г) Задача линейного программирования без ограничений типа неравенств.

2. Задача коммивояжера относится к типу задач

- а) Линейного программирования;
- б) Линейного дискретного программирования;
- в) Нелинейного программирования;
- г) Динамического программирования.

3. Метод многокритериальной оптимизации, где все критерии кроме одного используются в качестве ограничений, называется:

- а) Метода выделения главного критерия;
- б) Метода лексикографической оптимизации;
- в) Метода последовательных уступок;
- г) Метода Монте-Карло.

4. Метод многокритериальной оптимизации, где критерии упорядочиваются по степени важности, после чего оптимальный план по очередному критерию ищется на надмножестве планов, оптимальных по всем предыдущим критериям, называется:

- а) Метод выделения главного критерия;
- б) Метод лексикографической оптимизации;
- в) Метод последовательных уступок;
- г) Метод Монте-Карло.

5. Метод многокритериальной оптимизации, где критерии упорядочиваются по степени важности, после чего оптимальный план по очередному критерию ищется на множестве планов, оптимальных по всем предыдущим критериям, называется:

- а) Метод выделения главного критерия;
- б) Метод лексикографической оптимизации;
- в) Метод последовательных уступок;
- г) Метод Монте-Карло.

6. Множество планов задачи многокритериальной оптимизации, где улучшение значения любого критерия невозможно без ухудшения значения хотя бы одного из остальных критериев, называется:

- а) Множеством оптимальных планов задачи многокритериальной оптимизации;
- б) Парето-оптимальным множеством;
- в) Множеством условно-оптимальных планов задачи многокритериальной оптимизации;
- г) Множеством опорных планов задачи многокритериальной оптимизации.

5.1.6 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ОПК-6:

1. Как меняется положение линии уровня целевой функции при геометрической интерпретации задачи параметрического линейного программирования с параметром в коэффициентах целевой функции с изменением значения параметра:

- а) Только параллельный перенос;
- б) Параллельный перенос и поворот;
- в) Только поворот;
- г) Изменение кривизны.

2. Как меняется положение сторон многоугольника решений при геометрической интерпретации задачи параметрического линейного программирования с параметром в правых частях ограничений с изменением значения параметра:

- а) Только параллельный перенос;
- б) Параллельный перенос и поворот;
- в) Только поворот;
- г) Изменение кривизны.

3. Функция в математическом программировании, для которой требуется найти экстремум, называется

- 1. функция Эйлера
- 2. функция Лапласа
- 3. характеристическая функция
- 4. целевая функция

4. Адекватность экономико-математической модели – это:

- А) Полное соответствие модели экономической системы
- В) Существование методов решения модели
- С) Соответствие модели экономической системе по тем свойствам, которые считаются существенными для исследования
- Д) Непротиворечивость условий модели
- Е) Противоречивость условий модели

5. Какие из нижеприведенных операций нельзя считать этапом процесса моделирования?

- А) Построение модели
- В) Проведение модельных экспериментов
- С) Перенос знаний с модели на объект
- Д) Проверка полученных с помощью модели знаний и их использование
- Е) Постановка задачи управления и выбор цели

6. Экзогенные параметры экономико-математических моделей – это такие параметры:

- А) Значения, которых определяются вне модели и включаются в нее в готовом виде
- В) Значения, которых определяются только после решения модели
- С) Значения, которых являются случайными величинами
- Д) Значения, которых являются детерминированными величинами
- Е) Значения, которых являются вероятностными величинами

7. Эндогенные параметры экономико-математических моделей – это такие параметры:
- А) Значения, которых определяются вне модели и включаются в модель в готовом виде
 - В) Значения, которых определяются только после решения модели
 - С) Значения, которых являются случайными величинами
 - Д) Значения, которых являются детерминированными величинами
 - Е) Значения, которых являются вероятностными величинами

8. Согласно какому классификационному признаку экономико-математические модели подразделяются на статические и динамические модели?

- А) По учету фактора неопределенности
- В) По характеру математического аппарата
- С) По учету фактора времени
- Д) По степени агрегации объектов
- Е) По общему целевому назначению

Критерии оценивания (оценочное средство - Тест)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	100% правильных ответов
отлично	90-99% правильных ответов
очень хорошо	81-89% правильных ответов
хорошо	66-80% правильных ответов
удовлетворительно	51-65% правильных ответов
неудовлетворительно	31-50% правильных ответов
плохо	30% и меньше правильных ответов

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой

	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции УК-2

1. Основные понятия дисциплины «Исследование операций и методы оптимизации».
2. Методы принятия решений.
3. Общая постановка задачи нелинейного программирования.
4. Графический метод решения задач с линейной целевой функцией и нелинейной системой ограничений. Примеры.
5. Графический метод решения задач нелинейной целевой функцией и линейной системой ограничений. Примеры.
6. Графический метод решения задач нелинейной целевой функцией и нелинейной системой ограничений. Примеры.
7. Локальные и глобальные экстремумы функции.
8. Метод множителей Лагранжа решения задачи определения условного экстремума функции. Примеры.
9. Решение задач нелинейного программирования средствами Excel. Примеры.

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-1

1. Математическая модель задачи дробно-линейного программирования.
2. Алгоритм решения задач дробно-линейного программирования.
3. Классификация задач дискретной оптимизации.
4. Решение задач целочисленного программирования графическим методом. Примеры.
5. Решение задач целочисленного программирования средствами Excel. Примеры.
6. Задача о назначениях.
7. Венгерский алгоритм решения задачи о назначениях.
8. Решение задачи о назначениях средствами Excel.
9. Постановка задачи многокритериальной оптимизации.
10. Математическая модель нахождения компромиссного решения.

5.3.3 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-6

1. Постановка задачи параметрического программирования.
2. Графический метод решения задач параметрического программирования.
3. Симплекс-метод решения задач параметрического программирования.
4. Определение оптимального выпуска продукции при многокритериальных экономических показателях.
5. Динамическое программирование: оптимальная стратегия замены оборудования.
6. Распределение инвестиций для эффективного использования потенциала предприятия.
7. Нахождение рациональных затрат при строительстве трубопроводов и транспортных артерий.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Вся компетенция (части компетенции), на формирование которой направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
отлично	Вся компетенция (части компетенции), на формирование которой направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
очень хорошо	Вся компетенция (части компетенции), на формирование которой направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
хорошо	Вся компетенция (части компетенции), на формирование которой направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
удовлетворительно	Вся компетенция (части компетенции), на формирование которой направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
неудовлетворительно	Хотя бы одна часть компетенции сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
плохо	Хотя бы одна часть компетенции сформирована на уровне «плохо»

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Громницкий В. С. Исследование операций и методы оптимизации / Громницкий В. С. - Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2022. - 147 с. - Рекомендовано методической комиссией Института экономики и предпринимательства ННГУ для студентов, обучающихся по направлению подготовки 09.03.03 «Прикладная информатика». - Книга из коллекции ННГУ им. Н. И. Лобачевского - Математика., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=867979&idb=0>.

2. Бабеньшев С. В. Системный анализ и исследование операций / Бабеньшев С. В., Матеров Е. Н. - Железногорск : СПСА, 2022. - 122 с. - Допущено Министерством Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий в качестве учебного пособия для курсантов, студентов и слушателей образовательных организаций МЧС России. - Книга из коллекции СПСА - Математика., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=806614&idb=0>.
3. Исследование операций в экономике / под ред. Кремера Н.Ш. - 4-е изд. ; пер. и доп. - Москва : Юрайт, 2022. - 414 с. - (Высшее образование). - URL: <https://urait.ru/bcode/488643> (дата обращения: 05.01.2022). - ISBN 978-5-534-12800-0 : 1259.00. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=784496&idb=0>.
4. Трушков А. С. Исследование операций. Том 1. Линейное программирование : учебник для вузов / Трушков А. С. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2023. - 292 с. - Книга из коллекции Лань - Информатика. - ISBN 978-5-507-47110-2., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=864323&idb=0>.
5. Зырянова С. А. Исследование операций / Зырянова С. А., Юрина Т. А. - Омск : СибАДИ, 2022. - 78 с. - Книга из коллекции СибАДИ - Инженерно-технические науки., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=806993&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Сосина Н. А. Исследование операций : Учебное пособие. Ч. 1. Исследование операций. В 2 ч. Ч. 1 / Сосина Н. А. - Тольятти : ТГУ, 2022. - 118 с. - Книга из коллекции ТГУ - Математика. - ISBN 978-5-8259-1045-1., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=804684&idb=0>.
2. Сосина Н. А. Исследование операций : Учебное пособие. Ч. 2. Исследование операций. В 2 ч. Ч. 2 / Сосина Н. А. - Тольятти : ТГУ, 2022. - 98 с. - Книга из коллекции ТГУ - Математика. - ISBN 978-5-8259-1043-7., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=804685&idb=0>.
3. Ржевский С. В. Исследование операций / Ржевский С. В. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 480 с. - Книга из коллекции Лань - Математика. - ISBN 978-5-8114-1480-2., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=800474&idb=0>.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

1. Операционная система Microsoft Windows
2. Пакет прикладных программ Microsoft Office
3. Правовая система «Консультант плюс»
4. Правовая система «Гарант».
5. Интернет браузеры (Mozilla Firefox, Google Chrome)

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 09.03.03 - Прикладная информатика.

Автор(ы): Голубева Екатерина Александровна, кандидат физико-математических наук.

Рецензент(ы): Васин Дмитрий Юрьевич, кандидат технических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 27.11.2023, протокол № 5.