

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Институт экономики и предпринимательства

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

Форма обучения

очная, заочная

г. Нижний Новгород

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. | Тест | Экзамен: Контрольные вопросы Задачи |
| ОПК-1: Способен применять естественнонаучные и общетеоретические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в | 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 | ОПК-1.1: Знать основы математики, вычислительной техники и программирования. ОПК-1.2: Уметь решать задачи анализа экономических систем с | Тест | Экзамен: Контрольные вопросы Задачи |

| | | | | |
|---|---|--|---|---|
| профессиональной деятельности; | общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования ОПК-1.3: Демонстрирует наличие практического опыта теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности | применением естественнонаучных знаний, методов математического моделирования. 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: навыками построения математических моделей и анализа эффективности функционирования экономических и информационных систем. | Задачи Отчет по лабораторным работам | Экзамен: Контрольные вопросы Задачи |

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

| | очная | заочная |
|--|-----------------------------|----------------------------|
| Общая трудоемкость, з.е. | 5 | 5 |
| Часов по учебному плану | 180 | 180 |
| в том числе | | |
| аудиторные занятия (контактная работа): | | |
| - занятия лекционного типа | 32 | 6 |
| - занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы) | 64 | 12 |
| - КСР | 2 | 2 |
| самостоятельная работа | 46 | 151 |
| Промежуточная аттестация | 36 Экзамен | 9 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 | ЗФО | ОФО | ЗФО | ОФО | ЗФО | ОФО | ЗФО | ОФО | ЗФО |
| Тема 1 | 6 | 12 | 2 | 1 | 2 | 1 | 4 | 2 | 2 | 10 |
| Тема 2 | 30 | 46 | 6 | 2 | 12 | 4 | 18 | 6 | 12 | 40 |
| Тема 3 | 70 | 78 | 16 | 2 | 34 | 5 | 50 | 7 | 20 | 71 |
| Тема 4 | 36 | 33 | 8 | 1 | 16 | 2 | 24 | 3 | 12 | 30 |
| Аттестация | 36 | 9 | | | | | | | | |
| КСР | 2 | 2 | | | | | 2 | 2 | | |
| Итого | 180 | 180 | 32 | 6 | 64 | 12 | 98 | 20 | 46 | 151 |

Содержание разделов и тем дисциплины

Тема 1.

Системный подход к задачам принятия решений

Тема 2.

Нелинейное программирование

Тема 3.

Дискретное программирование

Тема 4.

Многокритериальная оптимизация

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:

- электронный курс "«Исследование операций и методы оптимизации»"

(<https://e-learning.unn.ru/enrol/index.php?id=4701>).

Иные учебно-методические материалы: Для самостоятельной работы по дисциплине используется электронный ресурс: Громницкий В.С. Исследование операций и методы оптимизации: учебно-методическое пособие. - ННГУ, 2022. - 147 с. - Текст : электронный. – URL:

<http://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=824993&idb=0>

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 - Тест) для оценки сформированности компетенции УК-2:

Выберите один или несколько правильных ответов на поставленный вопрос.

1 вопрос

Задачей математического программирования является

1. программирование математических расчетов на ЭВМ.
2. определение экстремума функции в заданной области.
3. имитационное моделирование экономических процессов.

2 вопрос

Достаточным условием локального безусловного минимума функции в стационарной точке является

1. равенство нулю всех элементов матрицы Гессе.
2. положительная определенность матрицы Гессе.
3. отрицательная определенность матрицы Гессе.

3 вопрос

В задаче квадратичного программирования

1. целевая функция квадратичная, ограничения линейные.
2. целевая функция линейная, ограничения квадратичные.
3. целевая функция и ограничения квадратичные.

4 вопрос

К задачам дискретной оптимизации относятся задачи

1. линейного программирования.
2. булевого программирования.
3. комбинаторного программирования.
4. целочисленного программирования.

5 вопрос

Оптимальное значение критерия релаксированной задачи максимизации

1. совпадает с оптимальным значением критерия исходной задачи.
2. \leq оптимального значения критерия исходной задачи.
3. \geq оптимального значения критерия исходной задачи.

6 вопрос

Методом ветвей и границ могут быть решены задачи

1. целочисленного линейного программирования.
2. коммивояжера.
3. задача о ранце.
4. транспортная задача.

7 вопрос

Метод множителей Лагранжа предназначен для решения задачи

1. дискретной оптимизации.
2. определения безусловного экстремума функции.
3. определения условного экстремума функции.

8 вопрос

Решение \bar{x}^* задачи векторной оптимизации $\max \bar{F}(\bar{x})$ является Парето-оптимальным

1. если для любого \bar{x}' выполняется условие $\bar{F}(\bar{x}') \leq \bar{F}(\bar{x}^*)$.
2. если не существует $\bar{x}' \neq \bar{x}^*$, такого, что $\bar{F}(\bar{x}') > \bar{F}(\bar{x}^*)$.
3. если не существует $\bar{x}' \neq \bar{x}^*$, такого, что $\bar{F}(\bar{x}') \geq \bar{F}(\bar{x}^*)$ и хотя бы для одной компоненты \bar{F} неравенство строгое.

9 вопрос

Правило отсева неперспективного подмножества в методе ветвей и границ (в задаче максимизации):

1. если прогноз оптимального значения критерия на подмножестве не превосходит рекорда (наилучшего достигнутого значения критерия).
2. если прогноз оптимального значения критерия на подмножестве превосходит рекорд (наилучшее достигнутое значение критерия).
3. если область допустимых решений релаксированной задачи на подмножестве пуста.

10 вопрос

Какими методами может быть решена задача о многомерном ранце?

1. Симплекс-методом.
2. Методом ветвей и границ.
3. Методом множителей Лагранжа.
4. Венгерским методом.

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

ОПК-1

Выберите один или несколько правильных ответов на поставленный вопрос.

1 вопрос

Достаточным условием локального безусловного максимума функции в стационарной точке является

1. равенство нулю всех элементов матрицы Гессе.
2. положительная определенность матрицы Гессе.
3. отрицательная определенность матрицы Гессе

.

2 вопрос

Метод ветвей и границ предназначен для решения задач

1. линейного программирования.
2. комбинаторного программирования.
3. квадратичного программирования.

3 вопрос

Задача целочисленного линейного программирования может быть решена

1. методом Гомори.

2. симплекс-методом.
3. методом ветвей и границ.
4. методом множителей Лагранжа.

4 вопрос

Оптимальное значение критерия релаксированной задачи минимизации

1. \leq оптимального значения критерия исходной задачи.
2. \geq оптимального значения критерия исходной задачи.
3. совпадает с оптимальным значением критерия исходной задачи.

5 вопрос

Какими методами может быть решена задача коммивояжера?

1. Двойственным симплекс-методом.
2. Методом множителей Лагранжа.
3. Венгерским методом.
4. Методом ветвей и границ.

6 вопрос

Для ветвления в методе ветвей и границ (для задачи максимизации) выбирается подмножество

1. с минимальным прогнозом.
2. с максимальным прогнозом.
3. произвольное подмножество.

7 вопрос

Какие из перечисленных решений будут Парето-оптимальными решениями задачи векторной оптимизации $\max \bar{F}(\bar{x})$, $\bar{F}(\bar{x}) = (F_1(\bar{x}), F_2(\bar{x}))$?

1. $\bar{x}^* = \text{Arg max}(F_1(\bar{x}) + F_2(\bar{x}))$
2. $\bar{x}^* = \text{Arg max}(F_1(\bar{x}) - F_2(\bar{x}))$
3. $\bar{x}^* = \text{Arg max}(F_1(\bar{x}) * F_2(\bar{x}))$
4. $\bar{x}^* = \text{Arg max}(F_1(\bar{x}) / F_2(\bar{x}))$

8 вопрос

Укажите, какие утверждения верные:

1. Необходимым условием локального безусловного экстремума функции является равенство нулю всех ее частных производных.
2. Достаточным условием локального безусловного экстремума функции является равенство нулю всех ее частных производных.

3. Необходимым и достаточным условием локального безусловного экстремума функции является равенство нулю всех ее частных производных.

9 вопрос

Задача выпуклого программирования относится к классу задач

1. линейного программирования.
2. нелинейного программирования.
3. дискретной оптимизации.

10 вопрос

Релаксированной к задаче оптимизации является

1. любая задача с тем же критерием.
2. задача с тем же критерием на подмножестве решений исходной задачи.
3. задача с тем же критерием на расширенном множестве решений.

Критерии оценивания (оценочное средство - Тест)

| Оценка | Критерии оценивания |
|---------------------|-----------------------------------|
| превосходно | От 96-100% правильных ответов |
| отлично | От 86% до 95% правильных ответов |
| очень хорошо | От 81 % до 85% правильных ответов |
| хорошо | От 66% до 80% правильных ответов |
| удовлетворительно | От 51% до 65% правильных ответов |
| неудовлетворительно | От 46% до 50% правильных ответов |
| плохо | Меньше 46% правильных ответов |

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

Задание 1

Цех молокозавода М осуществляет сбыт готовой продукции четырем потребителям А,В,С,Д. Доставка ежедневно осуществляется одним транспортным средством. Определить оптимальный маршрут доставки продукции, требующий минимальных затрат, если путевые расходы на перемещение между пунктами задаются матрицей.

М А В С D
 М - 6 2 4 3
 А 7 - 5 3 5
 В 3 5 - 3 2
 С 5 2 3 - 4
 D 4 5 2 4 -

Задание 2

Завод Красное Сормово получил заявки на строительство 5 судов. Затраты на строительство составляют 5, 4, 2, 5, 3 млрд. руб. соответственно, доход от строительства - 7, 6, 4, 4, 2 млрд.руб.

Какие заявки принять к исполнению, чтобы доход был возможно больший, а затраты не превосходили 15 млрд. руб.?

Задание 3

Время перестройки гибкого автоматизированного производства (ГАП) при переходе от изготовления партий изделий одного типа к другому задается матрицей:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| - | 7 | 5 | 4 | 3 |
| 6 | - | 5 | 7 | 4 |
| 5 | 4 | - | 6 | 8 |
| 4 | 6 | 5 | - | 6 |
| 5 | 7 | 4 | 2 | - |

Определить порядок обработки изделий, минимизирующий общее время перестройки ГАП. После завершения обработки последней партии деталей производство следует настроить на обработку исходной партии.

Задание 4

Емкость для химического электролиза должна иметь форму параллелепипеда с диагональю основания 5 дм. Боковые стенки емкости необходимо выложить плиткой специального состава, запасы которой составляют 70 дм².

Определить размеры емкости наибольшего объема.

Задание 5

Продукция из двух пунктов производства объемами 50 и 80 тонн поставляется к трем пунктам потребления с потребностями соответственно 60, 40, 30 тонн. Затраты горючего в литрах на перевозку одной тонны продукции от пунктов производства к пунктам потребления определяется матрицей

| | | |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 1 |
| 3 | 8 | 3 |

Затраты в рублях на оплату обслуживающего персонала по обеспечению перевозки одной тонны продукции задаются матрицей

| | | |
|---|---|---|
| 2 | 3 | 1 |
| 5 | 3 | 6 |

Определить планы перевозок, эффективные по критериям затрат горючего и затрат на оплату перевозок.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

| Оценка | Критерии оценивания |
|------------|--|
| зачтено | Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами. |
| не зачтено | При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки. |

5.1.4 Типовые задания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам) для оценки сформированности компетенции ОПК-6:

Лабораторная работа 1. Задачи безусловной оптимизации.

По содержательной постановке построить математическую модель задачи. Нелинейная целевая функция должна содержать не менее 3-х управляемых параметров. Сформулировать необходимые и достаточные условия локального экстремума. Найти все стационарные точки функции. Анализируя матрицу Гессе в этих точках, найти среди них точки локального минимума и локального максимума.

Лабораторная работа 2. Метод множителей Лагранжа решения задачи условной оптимизации.

По содержательной постановке построить математическую модель задачи. Нелинейная целевая функция должна содержать не менее 3-х управляемых параметров, в модели должно быть не менее 2-х ограничений. Построить функцию Лагранжа. Сформулировать необходимые

и достаточные условия локального экстремума. Найти все стационарные точки функции Лагранжа. Анализируя окаймляющую матрицу Гессе в этих точках, найти среди них точки локального минимума и локального максимума. Привести экономическую интерпретацию множителей Лагранжа.

Лабораторная работа 3. Задачи квадратичного программирования.

По содержательной постановке построить математическую модель задачи. Нелинейная целевая функция должна содержать не менее 2-х управляемых параметров, в модели должно быть не менее 2-х ограничений. Построить функцию Лагранжа. Записать условия оптимальности Куна-Таккера. Найти оптимальное решение. Привести экономическую интерпретацию множителей Лагранжа.

Для поиска допустимого решения построенной системы линейных уравнений можно использовать диалоговую систему IBLP или Visual Simplex, не забывая на каждой итерации контролировать отсутствие сопряженных векторов условий в базисе каждого промежуточного опорного плана.

Лабораторная работа 4. Решение задач целочисленного линейного программирования методами отсечений.

По содержательной постановке построить математическую модель задачи. Отказываясь от условий целочисленности, решить непрерывную задачу симплекс-методом с помощью диалоговой системы IBLP или Visual Simplex. Если полученное решение не целочисленное, построить, используя последнюю симплекс-таблицу, правильное отсечение по одному из алгоритмов Гомори. Скорректировать математическую модель задачи, добавив к ней полученное ограничение. Решить задачу симплекс-методом. Процесс повторять до получения целочисленного решения. Избыточные ограничения своевременно исключать из условий задачи. Оценить влияние вычислительных погрешностей на полученный результат.

Лабораторная работа 5. Решение модельной задачи дискретной оптимизации методом ветвей и границ.

5.1 Решить сгенерированную модельную задачу максимизации с помощью диалоговой системы решения и анализа задач управления дискретным производством UDP. Разбиение множества решений на подмножества и расчет оценок сверху и снизу оптимального значения критерия выполняет ЭВМ, отображая в графическом режиме полученное дерево решений. От пользователя требуется выбрать исключаемые подмножества, не содержащие оптимального решения, и множества, подлежащие разбиению. Дать обоснование всех принимаемых решений.

5.2 Аналогично решить задачу минимизации.

Лабораторная работа 6. Решение задачи о ранце методом ветвей и границ.

6.1 Сформулировать содержательно постановку экономической задачи, описываемой математической моделью задачи об одномерном ранце с пятью неизвестными (Задачи оптимальной загрузки оборудования, формирования портфеля заказов, загрузки транспортных средств ...).

6.2 Решить задачу методом ветвей и границ вручную и с помощью диалоговой системы UDP в обучающем режиме. Сравнить результаты.

Лабораторная работа 7. Решение задачи о многомерном ранце методом ветвей и границ.

7.1 Сформулировать содержательно постановку экономической задачи, описываемой математической моделью задачи о многомерном ранце с пятью неизвестными.

7.2 Решить задачу о многомерном ранце тремя способами, используя различные схемы релаксации:

- Каждая релаксированная задача – это задача об одномерном **непрерывном** ранце. Получить решение вручную и с помощью диалоговой системы UDP в обучающем режиме. Сравнить результаты.

- Каждая релаксированная задача – это задача об одномерном **целочисленном** ранце, ее решение получать с помощью диалоговой системы UDP в автоматическом режиме.

- Каждая релаксированная задача – это непрерывная многомерная задача о ранце, решаемая с помощью диалоговой системы решения и анализа задач линейного программирования IBLP или Visual Simplex.

Для каждого способа привести дерево решений.

7.3 Сравнить вычислительные затраты и затраты пользователя (по количеству поставленных релаксированных задач) на решение многомерной задачи о ранце с использованием трех схем релаксации.

Лабораторная работа 8. Решение задачи коммивояжера методом ветвей и границ.

8.1 Привести постановку экономической задачи, описываемой математической моделью задачи коммивояжера (Задачи минимизации времени переналадки гибкого автоматизированного производства, выбора оптимальных маршрутов сбыта готовой продукции ...).

8.2 Решить задачу с пятью переменными методом ветвей и границ вручную и с помощью диалоговой системы UDP в обучающем режиме. Сравнить результаты.

8.3 Решить задачу коммивояжера, используя в качестве релаксированной транспортную задачу (или задачу о назначениях).

8.4 Сравнить приведенные два способа решения по трудоемкости.

Лабораторная работа 9. Решение задачи целочисленного линейного программирования методом ветвей и границ.

Поставить экономически и решить методом ветвей и границ задачу целочисленного линейного программирования. Количество переменных и ограничений должно быть не менее трех. Диалоговую систему IBLP или Visual Simplex использовать для построения и решения релаксированных задач. В отчете дерево ветвлений изобразить графически. Обосновать использование всех процедур ветвления, расчета оценок и отсева.

Лабораторная работа 10. Решение задачи о назначениях.

Поставить экономически, привести математическую модель классической задачи о назначениях с пятью исполнителями и пятью работами. Решить венгерским методом.

Лабораторная работа 11. Решение минимаксной и максиминной задач о назначениях.

11.1 Поставить экономически, привести математическую модель минимаксной задачи о назначениях с пятью исполнителями и пятью работами. Получить оптимальное решение.

11.2 Поставить экономически, привести математическую модель максиминной задачи о назначениях с пятью исполнителями и пятью работами. Получить оптимальное решение. Можно использовать ту же матрицу затрат, что и в предыдущем пункте.

Лабораторная работа 12. Решение многокритериальной дискретной задачи.

12.1 Сформулировать экономически многокритериальную задачу с не менее, чем тремя частными критериями оптимальности на дискретном множестве, содержащем не менее 10 решений.

12.2 Найти все Парето-оптимальные и оптимальные по Слейтеру решения этой задачи.

12.3 Решить графически 3 двухкритериальные задачи, выбирая каждый раз в качестве частных критериев пару различных целевых функций. На графиках в пространстве критериев отобразить все векторные оценки, отметить среди них эффективные и слабо эффективные.

Лабораторная работа 13. Решение двухкритериальной задачи линейного программирования.

13.1 Привести экономическую постановку задачи и построить математическую модель задачи векторной оптимизации с двумя частными критериями оптимальности.

13.2 Найти все множество Парето-оптимальных решений. Для определения эффективных опорных решений использовать линейные свертки частных критериев оптимальности, выбирая необходимые для этого коэффициенты важности частных критериев. Полученные скалярные задачи решать с помощью диалоговой системы IBLP или Visual Simplex. Множество эффективных оценок изобразить графически в пространстве критериев. Множество эффективных решений представить параметрически.

Критерии оценивания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам)

| Оценка | Критерии оценивания |
|------------|--|
| зачтено | Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами. |
| не зачтено | При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки. |

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

Шкала оценивания сформированности компетенций

| Уровень сформированности компетенций (индикатор достижения компетенций) | плохо | неудовлетворительно | удовлетворительно | хорошо | очень хорошо | отлично | превосходно |
|---|---|---|--|--|--|--|--|
| | не зачтено | | зачтено | | | | |
| <u>Знания</u> | Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту | Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки | Минимально допустимый уровень знаний. Допущено | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе | Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. |

| | | | | | | | |
|---------------|--|--|--|---|--|--|--|
| | знаний вследствие отказа обучающегося от ответа | | много негрубых ошибок | подготовки . Допущено несколько негрубых ошибок | подготовки . Допущено несколько несущественных ошибок | подготовк и. Ошибок нет. | |
| <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 | Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме | Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами | Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами | Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме | Продемонстрированы 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 некоторым и недочетами | Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами | Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов | Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов | Продемонстрирован 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. Общая теория систем и системный анализ. Решаемые задачи и составные части.
2. Классификация систем.
3. Методы формализованного представления систем.
4. Методы активизации использования интуиции специалистов.
5. Обзор и сравнительная характеристика количественных методов решения задач системного анализа.

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

1. Постановка задачи многокритериальной оптимизации.
2. Графическая интерпретация задачи многокритериальной оптимизации.
3. Отношения предпочтения на множестве решений и оценок в задачах принятия решений.
4. Понятие оптимальности в задачах многокритериальной оптимизации. Решения, оптимальные по Парето и Слейтеру.
5. Допустимые преобразования векторных критериев оптимальности.
6. Нормировка частных критериев оптимальности в задачах многокритериальной оптимизации.
7. Скаляризация векторного критерия оптимальности.
8. Виды обобщенных критериев оптимальности в задачах многокритериальной оптимизации.
9. Условие эффективности оптимального решения задачи оптимизации по обобщенному критерию оптимальности.
10. Методы определения множества Парето-оптимальных решений задач векторной оптимизации.
11. Способы определения частных решений задач векторной оптимизации.
12. Алгоритм определения Парето-оптимальных решений двухкритериальных задач векторной оптимизации.
13. Определение эффективных решений двухкритериальных задач линейного программирования.
14. Определение эффективных решений двухкритериальных транспортных задач.

15. Определение эффективных решений двухкритериальных задач о назначениях.
16. Определение эффективных решений двухкритериальных задач коммивояжера.
17. Определение эффективных решений двухкритериальных задач о ранце.
18. Определение эффективных решений двухкритериальных задач о многомерном ранце.

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

1. Постановка задачи математического программирования.
2. Локальные и глобальные экстремумы функции.
3. Положительно и отрицательно определенные квадратичные формы. Необходимые и достаточные условия.
4. Необходимые условия локального безусловного экстремума.
5. Достаточные условия локального безусловного экстремума.
6. Метод множителей Лагранжа решения задачи определения условного экстремума функции.
7. Необходимые условия локального условного экстремума.
8. Достаточные условия локального условного экстремума.
9. Задачи выпуклого программирования.
10. Теорема Куна-Таккера о необходимых и достаточных условиях оптимального решения задачи выпуклого программирования.
11. Решение задачи квадратичного программирования.
12. Классификация задач дискретной оптимизации.
13. Методы отсечений решения задач целочисленного линейного программирования.
14. I алгоритм Гомори решения целочисленных задач линейного программирования.
15. Теорема о правильном отсечении для задач целочисленного линейного программирования.
16. Метод ветвей и границ решения задач дискретной оптимизации.
17. Свойства релаксированных задач. Схемы релаксации в различных задачах дискретной оптимизации.
18. Сравнение схем релаксации в задаче о многомерном ранце.
19. Сравнение схем релаксации в задаче коммивояжера.
20. Способы ветвления в различных задачах дискретной оптимизации.
21. Решение задачи о ранце методом ветвей и границ.

22. Решение многомерной задачи о ранце методом ветвей и границ.
23. Задача коммивояжера. Математическая модель в форме задачи линейного программирования.
24. Доказательство условия отсутствия подциклов в задаче коммивояжера.
25. Решение задачи коммивояжера методом ветвей и границ.
26. Решение общей задачи целочисленного линейного программирования методом ветвей и границ.
27. Задача о назначениях и ее математические свойства.
28. Венгерский метод решения задачи о назначениях.
29. Минимаксная задача о назначениях.
30. Максиминная задача о назначениях.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

| Оценка | Критерии оценивания |
|---------------------|--|
| 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» |
| неудовлетворительно | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно». |
| плохо | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо» |

5.3.4 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции УК-2

Задание 1

Портфель заказов организации включает 6 тем. Потребности в финансовых затратах на темы составляют соответственно 4, 6, 5, 7, 2, 8 млн. руб. Ожидаемая прибыль от реализации заказов - 5, 4, 10, 7, 1, 12 млн. руб. Организация может выделить на освоение тем не более 22 млн. руб. Отобрать темы для исполнения с максимальной суммарной прибылью. Темы должны быть выполнены полностью.

Задание 2

Определить, по каким из 5 проектов необходимо построить предприятия (проект индивидуальный - по нему строится только одно предприятие), если затраты на строительство составляют соответственно 6, 4, 7, 3, 6 млн. руб., годовой доход - 5, 4, 6, 3, 4 млн. руб. На все объекты выделяется не более 17 млн. руб. Спланировать строительство так, чтобы суммарный доход был максимален.

Задание 3

Торговый агент курсирует между пятью пунктами, торгуя в пути продукцией. Объем сбыта продукции на каждом переезде пропорционален пассажиропотоку между пунктами. Пассажиропоток задается матрицей:

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | - | 4 | 6 | 8 | 3 |
| 2 | 5 | - | - | 2 | 7 |
| 3 | 7 | 5 | - | 3 | 8 |
| 4 | 9 | 7 | 4 | - | 6 |
| 5 | - | 6 | 2 | 5 | - |

Между 2 и 3 пунктами и между 5 и 1 нет прямого сообщения. В каждом пункте агент должен побывать один раз и вернуться в исходный пункт.

Задание 4

Производственная система состоит из трех производственных единиц. Каждая из производственных единиц, получая ресурс в объеме x_i , производит продукт в количестве A_i . A_i – параметр, отражающий эффективность использования ресурса.

Производственная система должна обеспечить суммарный выпуск продукта в количестве 100 единиц. Определить объемы ресурсов, которые следует выделить каждой производственной единице с тем, чтобы суммарный расход ресурса был наименьшим. $\rightarrow (3, 4, 5)$.

Задание 5

Из прямоугольного листа жести площадью 900 см^2 требуется изготовить открытую сверху коробку максимальной вместимости (объема), вырезав из всех углов одинаковые квадраты. Определить высоту коробки и размеры листа жести.

5.3.5 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ОПК-1

Задача 1

Каждая из пяти работ может быть выполнена одним из 5 типов промышленных роботов. Известно время выполнения каждой работы каждым роботом (час.)

| Работа Робот | I | II | III | IV | V |
|-----------------|---|----|-----|----|---|
| 1 | 4 | 3 | 5 | 6 | 3 |
| 2 | 5 | 4 | 3 | 5 | 2 |
| 3 | 3 | 2 | 7 | 4 | 5 |
| 4 | 6 | 1 | 5 | 3 | 8 |
| 5 | 4 | 5 | 6 | 7 | 4 |

Найти распределения работ между роботами, требующее минимальных суммарных затрат времени. Каждый робот должен выполнять только одну работу.

Задача 2

Четыре заказа могут быть выполнены на четырех предприятиях. Время (в месяцах) и себестоимость (в млн. руб.) исполнения каждого заказа на каждом предприятии задаются матрицами

| | | | |
|----|---|---|----|
| 10 | - | 3 | 12 |
|----|---|---|----|

| | | | |
|---|----|---|---|
| 6 | 2 | 7 | 7 |
| 8 | 10 | 4 | 6 |
| 5 | 4 | 3 | 2 |

| | | | |
|----|---|---|---|
| 2 | - | 9 | 5 |
| 7 | 8 | 4 | 3 |
| 3 | 2 | 7 | 6 |
| 10 | 3 | 5 | 8 |

Каждое предприятие может выполнить только один заказ и все заказы должны быть выполнены. Первый заказ не может исполняться на втором предприятии.

Эффективность выполнения заказов оценивается по двум минимизируемым показателям:

- а) Суммарному времени выполнения всех заказов
- б) Суммарной себестоимости заказов

Найти все эффективные варианты распределения заказов по предприятиям.

Задача 3

Четыре госзаказа требуют распределения между четырьмя предприятиями так, чтобы каждое предприятие получило по одному заказу.

Известны затраты в млн. руб. на реализацию каждого заказа на каждом предприятии:

| | I | II | III | IV |
|---|----|----|-----|----|
| 1 | 2 | 4 | 8 | 2 |
| 2 | 6 | 15 | 7 | 8 |
| 3 | 10 | 10 | 6 | 6 |
| 4 | 9 | 10 | 9 | 10 |

А также выброс вредных веществ в атмосферу в тоннах:

| | I | II | III | IV |
|---|---|----|-----|----|
| 1 | 1 | 9 | 8 | 7 |
| 2 | 3 | 9 | 9 | 10 |
| 3 | 2 | 5 | 10 | 7 |
| 4 | 3 | 2 | 4 | 2 |

Найти распределения, эффективные по двум критериям:

Суммарным затратам
Суммарному загрязнению атмосферы

Задача 4

Выпускники трех вузов в количестве 30, 70 и 60 человек должны быть распределены на два машиностроительных предприятия с потребностями по 80 человек на каждом предприятии.

Комиссия минвуза оценила эффективность выпускников каждого вуза на каждом предприятии по 10-балльной шкале следующим образом:

| | I | II |
|---|---|----|
| 1 | 7 | 9 |
| 2 | 6 | 3 |
| 3 | 4 | 2 |

Отраслевая комиссия минмаша дала другие оценки:

| | I | II |
|---|---|----|
| 1 | 5 | 1 |
| 2 | 4 | 3 |
| 3 | 7 | 5 |

Найти распределение выпускников вузов между предприятиями, эффективные по двум максимизируемым критериям:

- Суммарной эффективности выпускников по оценке минвуза
- Суммарной эффективности выпускников по оценке отраслевой комиссии.

Задача 5

Кафедра должна прочитать 6 дисциплин: Системный анализ (СА), Экономико-математические методы (ЭММ), Экспертные системы (ЭС), Основы алгоритмизации (ОА), Операционные системы (ОС), Базы данных (БД). Уровень знаний, даваемый преподавателями, оценивается по 10-балльной шкале следующей матрицей:

| | С А | ЭМ М | Э С | О А | О С | Б Д |
|---------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|
| Андреев | 9 | 7 | 5 | 9 | 8 | 4 |

| | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |
| Борисов | 8 | 9 | 4 | 3 | - | 5 |
| Васильев | 3 | 5 | 4 | 7 | 6 | 7 |
| Гаврилов | 6 | 7 | 9 | 6 | - | 9 |
| Дмитриев | 5 | 6 | 6 | 8 | 7 | 6 |
| Ефимов | - | - | 4 | 6 | 6 | 7 |

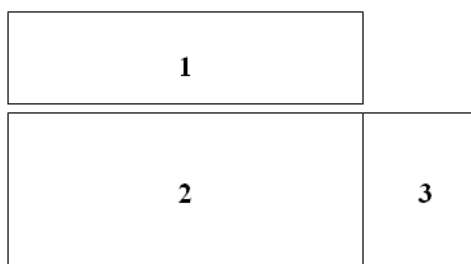
Каждый преподаватель должен прочесть только один курс. Прочерки означают невозможность назначения. Уровень знаний выпускников кафедры определяется суммарным количеством баллов, полученных по всем предметам.

Распределить дисциплины между преподавателями так, чтобы уровень знаний ее выпускников был наибольшим.

5.3.6 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ОПК-6

Задача 1

Здание состоит из трех блоков. Блоки 1 и 2 одноэтажные, блок 3 четырехэтажный. Полупериметр блока 1 составляет 40 метров. Полупериметр блока 3 - 20 метров. Найти размеры здания с наибольшей полезной жилой площадью.



Задача 2

На подводную лодку можно установить 5 различных кислородных резервуаров массой соответственно 4, 6, 9, 5, 8 тонн. С каждым из них она может проплыть под водой 7, 10, 6, 9, 12 суток соответственно. На борт субмарина может взять резервуары, суммарная масса которых не превышает 21 тонну.

Какими резервуарами необходимо укомплектовать подводную лодку для наиболее долгого погружения под воду?

Задача 2

На подводную лодку можно установить 5 различных кислородных резервуаров массой соответственно 4, 6, 9, 5, 8 тонн. С каждым из них она может проплыть под водой 7, 10, 6, 9, 12 суток соответственно. На борт субмарина может взять резервуары, суммарная масса которых не превышает 21 тонну.

Какими резервуарами необходимо укомплектовать подводную лодку для наиболее долгого погружения под воду?

Задача 3

Отобрать для реализации проекты строительства хлебозаводов, требующие минимальных суммарных затрат и обеспечивающие производство не менее 20 т хлеба в сутки. Проектные мощности хлебозаводов – 5, 7, 6, 9, 4 т хлеба в сутки. Затраты на строительство - 11, 12, 14, 15, 10 млн. рублей.

Задача 4

Генштаб ВКС России должен отобрать для реализации коммерческие проекты, затраты на которые составляют 5, 4, 3, 6, 2 млрд рублей соответственно. Суммарный объем финансирования не может превосходить 13 млрд рублей. Эффективность каждого проекта оценивается по двум показателям – ожидаемому эффекту от освоения космического пространства в млрд рублей и площади создаваемого защитного щита в тысячах квадратных километров. По первому показателю эффект от проектов составляет 10, 4, 7, 9, 12 млрд рублей соответственно, по второму – 3, 5, 8, 2, 6 тыс км². Найти эффективные варианты внедрения проектов.

Задача 5

Путешественник должен посетить четыре чуда света и вернуться в родной город. В каждом пункте побывать по одному разу. Затраты на перемещение между каждыми двумя пунктами даны в таблице. Определить маршрут путешественника, требующий минимальных суммарных затрат.

| | | | | |
|---|---|---|----|----|
| - | 7 | 6 | 10 | 3 |
| 6 | - | 9 | 2 | 4 |
| 9 | 4 | - | 6 | 8 |
| 3 | 6 | 2 | - | 10 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |
| 8 | 5 | 7 | 1 | - |
| | | | | |

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

| Оценка | Критерии оценивания |
|---------------------|---|
| превосходно | Продemonстрированы все основные умения и навыки. Решены все задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, без недочетов. |
| отлично | Продemonстрированы все основные умения и навыки. Решены все задачи в полном объеме с отдельными несущественными недочетами. |
| очень хорошо | Продemonстрированы все основные умения и навыки. Решены все задачи, в полном объеме, но некоторые с недочетами. |
| хорошо | Продemonстрирована большая часть основных умений и навыков. Решены все типовые задачи с негрубыми ошибками и недочетами. |
| удовлетворительно | Продemonстрированы некоторые умения и навыки. Решена большая часть типовых задач с негрубыми ошибками и недочетами. |
| неудовлетворительно | Задачи не решены или решены неверно. При решении стандартных задач не продemonстрированы основные умения и навыки. Имеют место грубые ошибки. |
| плохо | Решение всех задач отсутствует. Невозможность оценить наличие умений и навыков вследствие несданной контрольной работы. |

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

Основная литература:

1. Громницкий Владимир Семенович. Исследование операций и методы оптимизации : учебно-методическое пособие / В. С. Громницкий ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского, Институт экономики и предпринимательства. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2022. - 147 с. - Текст : электронный., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=824993&idb=0>.
2. Пантелеев А. В. Методы оптимизации в примерах и задачах / Пантелеев А. В., Летова Т. А. - 4-е изд., испр. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 512 с. - Допущено УМО по образованию в области прикладной математики и управления качеством в качестве учебного пособия для студентов вузов, обучающихся по направлению «Прикладная математика». - Книга из коллекции Лань - Математика. - ISBN 978-5-8114-1887-9., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?>

Action=FindDocs&ids=800160&idb=0.

3. Новиков А.И. Исследование операций в экономике : учебник / Новиков А.И. - Москва : Дашков и К, 2022. - 352 с. - ISBN 978-5-394-04810-4., [https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?](https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=808262&idb=0)

Action=FindDocs&ids=808262&idb=0.

4. Таха Хэмди А. Введение в исследование операций = Operations Research / [пер. с англ. В. И. Тюпти]. - 6-е изд. - М. [и др.] : Вильямс, 2001. - 912 с. : ил., табл. - ISBN 5-8459-0180-4 : 343.90., 3 экз.

5. Сигал И. Х. Введение в прикладное дискретное программирование: модели и вычислительные алгоритмы / Сигал И. Х., Иванова А. П. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2007. - 304 с. - Допущено Министерством образования Российской Федерации в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению и специальности «Прикладная математика и информатика». - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ФИЗМАТЛИТ - Математика. - ISBN 978-5-9221-0808-9., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=665789&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Громницкий Владимир Семенович. Экономико-математическое моделирование : учебно-методическое пособие / В. С. Громницкий ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского, Институт экономики и предпринимательства. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2017. - 114 с. - Текст : электронный., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=823227&idb=0>.

2. Исследование операций в экономике : учебник / под редакцией Н. Ш. Кремера. - 4-е изд. ; пер. и доп. - Москва : Юрайт, 2023. - 414 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-534-12800-0. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., [https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?](https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=839520&idb=0)
Action=FindDocs&ids=839520&idb=0.

3. Батищев Дмитрий Иванович. Задачи и методы векторной оптимизации : учеб. пособие / ГГУ им. Н. И. Лобачевского. - Горький : ГГУ, 1979. - 92 с. : граф. - 0.23., 4 экз.

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

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. Диалоговая система решения и анализа задач линейного программирования IBLP.
2. Пакет прикладных программ Visual Simplex.
3. Пакет прикладных программ SimplexWin.
4. Инструментальные средства Excel.
5. Электронно-библиотечная система «КнигаФонд»: <http://www.knigafund.ru/>.
6. Электронно-библиотечная система «Лань»: <http://e.lanbook.com/>.
7. Электронно-библиотечная система «Znanium.com»: <http://znanium.com/>.

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): Громницкий Владимир Семенович, кандидат технических наук, доцент.

Рецензент(ы): Визгунов Александр Николаевич, кандидат экономических наук.

Заведующий кафедрой: Трифонов Юрий Васильевич, доктор экономических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 12.12.2023, протокол № 6.