

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Институт информационных технологий, математики и механики

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Исследование операций

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Направление подготовки / специальность

01.03.02 - Прикладная математика и информатика

Направленность образовательной программы

Математическое моделирование и вычислительная математика

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.16 Исследование операций 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
ОПК-1: Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1: Обладает фундаментальными знаниями, полученными в области математических и (или) естественных наук ОПК-1.2: Умеет использовать фундаментальные знания в профессиональной деятельности, осуществлять выбор методов решения задач профессиональной деятельности на основе теоретических знаний ОПК-1.3: Имеет практический опыт применения фундаментальных знаний, полученных в области математических и естественных наук в профессиональной деятельности	ОПК-1.1: Знать основные понятия и терминологию исследования операций и теории игр; примеры задач, решаемых методами исследования операций и теории игр; подходы к формализации прикладных задач в виде матричных игр, задач динамического программирования, целевого программирования, целочисленного программирования и сетевой оптимизации; классификацию игр, принцип максимина, понятие равновесия по Нэшу. ОПК-1.2: Уметь применять методы исследования операций и теории игр к исследованию теоретических проблем и решению прикладных задач; осуществлять правильный выбор метода, подходящего к решению той или иной задачи. ОПК-1.3: Владеть основными методами решения матричных игр – методом сведения к задаче линейного программирования, графическим методом и методом крайних стратегий,	Задачи	Экзамен: Задачи Контрольные вопросы

		методом решения неантагонистических матричных игр, методом Куна для решения позиционных игр, методами динамического, целевого и целочисленного программирования и сетевой оптимизации.		
--	--	--	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	5
Часов по учебному плану	180
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	56
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	28
- КСР	2
самостоятельная работа	58
Промежуточная аттестация	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/ лабора торные работы), часы	Всего	
	О Ф О	О Ф О	О Ф О	О Ф О	О Ф О
Тема 1. Предмет исследования операций	8	4	0	4	4
Тема 2. Принцип гарантированного результата	4	2	0	2	2
Тема 3. Вогнуто-выпуклые непрерывные игры	5	2	1	3	2
Тема 4. Критерий существования седловой точки	5	2	1	3	2
Тема 5. Смешанное расширение матричной игры	5	2	1	3	2
Тема 6. Метод доминирования	5	2	1	3	2
Тема 7. Графический метод	5	2	1	3	2

Тема 8. Метод сведения матричной игры к задаче линейного программирования	5	2	1	3	2
Тема 9. Метод крайних стратегий	5	2	1	3	2
Тема 10. Примеры прикладных задач, формализуемых в виде матричной игры	6	4	0	4	2
Тема 11. Многошаговые игры с полной информацией	6	2	0	2	4
Тема 12. Алгоритм Куна	6	2	2	4	2
Тема 13. Постановка задачи динамического программирования	4	2	0	2	2
Тема 14. Метод Беллмана	8	2	4	6	2
Тема 15. Игры с ненулевой суммой	12	4	4	8	4
Тема 16. Примеры прикладных задач, допускающих описание в виде биматричных и вогнутых игр	8	4	0	4	4
Тема 17. Постановка задачи целевого программирования	5	2	1	3	2
Тема 18. Методы целевого программирования	5	2	1	3	2
Тема 19. Постановка задачи целочисленного линейного программирования	5	2	1	3	2
Тема 20. Методы целочисленного линейного программирования	10	4	2	6	4
Тема 21. Постановка задачи о кратчайшем пути на графе	4	2	0	2	2
Тема 22. Алгоритм Дейкстры	6	2	2	4	2
Тема 23. Задача о максимальном потоке в сети	10	2	4	6	4
Аттестация	36				
КСР	2			2	
Итого	180	56	28	86	58

Содержание разделов и тем дисциплины

Тема 1. Предмет исследования операций. Предмет и задачи исследования операций. Примеры практических задач и их формализация. Краткая историческая справка. Общий план курса.

Тема 2. Принцип гарантированного результата. Предмет теории игр. Классификация игр.

Антагонистическая игра в нормальной форме: общая постановка, понятие выигрыша, принцип гарантированного результата, понятие максиминной и минимаксной стратегии, понятие седловой точки, основные свойства седловых точек, понятие равновесия по Нэшу, критерий седловой точки. Примеры.

Тема 3. Вогнуто-выпуклые непрерывные игры. Достаточные условия существования максиминных и минимаксных стратегий, достаточные условия существования седловой точки, алгоритм поиска седловой точки. Примеры.

Тема 4. Критерий существования седловой точки. Постановка матричной игры. Примеры матричных игр. Понятие нижнего и верхнего значения игры. Критерий существования седловой точки.

Тема 5. Смешанное расширение матричной игры. Примеры. Существование решения матричной игры в классе смешанных стратегий (теорема фон Неймана). Свойства решений в смешанных стратегиях.

Тема 6. Метод доминирования. Понятие доминирования стратегий, виды доминирования. Решение матричных игр методом доминирования.

Тема 7. Графический метод. Огибающие семейства выпуклых и вогнутых функций и их свойства. Решение матричных игр графическим методом.

Тема 8. Метод сведения матричной игры к задаче линейного программирования. Переход от матричной игры к паре двойственных задач линейного программирования и связь между ними. Решение матричных игр методом сведения к задаче линейного программирования.

Тема 9. Метод крайних стратегий. Понятие простого решения. Формула простого решения. Понятие крайней стратегии. Свойства множества крайних стратегий. Решение матричных игр методом крайних

стратегий.

Тема 10. Примеры прикладных задач, формализуемых в виде матричной игры.

Тема 11. Многошаговые игры с полной информацией. Многошаговые антагонистические игры с полной информацией. Игры на графе. Теорема Цермело. Примеры.

Тема 12. Алгоритм Куна. Алгоритм Куна и его обоснование. Решение многошаговых игр по алгоритму Куна.

Тема 13. Постановка задачи динамического программирования. Примеры прикладных задач, формализуемых в виде задачи динамического программирования. Принцип оптимальности Беллмана.

Тема 14. Метод Беллмана. Решение задач динамического программирования с помощью принципа оптимальности Беллмана.

Тема 15. Игры с ненулевой суммой. Множества наилучших ответов. Решение биматричных игр в чистых стратегиях. Решение непрерывной игры двух лиц. Существование решения в вогнутых играх.

Критерий равновесия по Нэшу в смешанных стратегиях. Свойство дополняющей нежесткости.

Доминирование строк и столбцов. Графический метод решения биматричных игр.

Тема 16. Примеры прикладных задач, допускающих описание в виде биматричных и вогнутых игр.

Тема 17. Постановка задачи целевого программирования. Общее понятие о многокритериальных задачах оптимизации. Постановка задачи целевого программирования. Примеры задач целевого программирования.

Тема 18. Методы целевого программирования. Метод весовых коэффициентов. Примеры решения задачи целевого программирования методом весовых коэффициентов. Метод приоритетов. Примеры решения задачи целевого программирования методом приоритетов.

Тема 19. Постановка задачи целочисленного линейного программирования. Примеры задач целочисленного линейного программирования.

Тема 20. Методы целочисленного линейного программирования. Метод ветвей и границ. Примеры решения задачи целочисленного линейного программирования методом ветвей и границ. Метод отсекающих плоскостей. Примеры решения задачи целочисленного линейного программирования методом отсекающих плоскостей.

Тема 21. Постановка задачи о кратчайшем пути на графе. Понятие взвешенного графа (сети). Задача о кратчайшем пути на графе и ее практическое истолкование. Примеры прикладных задач, формализуемых в виде задачи о кратчайшем пути на графе.

Тема 22. Алгоритм Дейкстры. Понятие дерева кратчайших путей на графе. Алгоритм Дейкстры для построения дерева кратчайших путей. Примеры.

Тема 23. Задача о максимальном потоке в сети. Постановка задачи о максимальном потоке и ее практическое истолкование. Алгоритм решения задачи о максимальном потоке. Примеры.

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" (<https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=344>).

Иные учебно-методические материалы: Модели выбора решений в конфликтных ситуациях : учебно-методическое пособие / А. В. Баркалов, Н. В. Шестакова ; ННГУ им. Н. И.

Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2021. - 47 с. - Текст : электронный.

Постоянная ссылка на документ: [http://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?](http://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=794034&idb=0)

[Action=FindDocs&ids=794034&idb=0](http://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=794034&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 - Задачи) для оценки сформированности компетенции ОПК-1:

I. Решить непрерывную антагонистическую игру.

1. $F(x, y) = -x^2 + y^3 + xy^2 - 4y + 3$, $X = [0; 1]$, $Y = [0; 1]$.

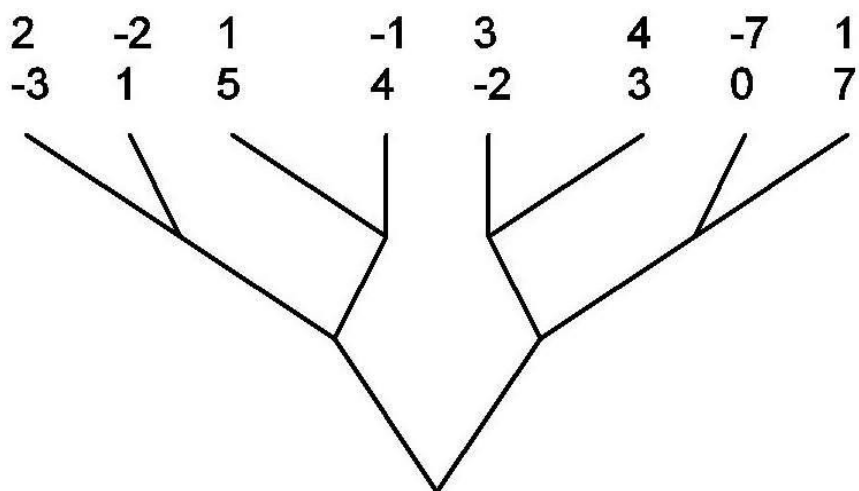
1. Дана матрица. Для соответствующей матричной игры варианты заданий:

1. решить матричную игру (любым способом);
2. проверить, что заданная тройка является решением игры (использовать критерий седловой точки в смешанных стратегиях);
3. найти ситуацию равновесия и значение игры;
4. по известному значению игры и оптимальной смешанной стратегии первого игрока найти оптимальную смешанную стратегию второго игрока или наоборот (использовать свойство дополняющей нежесткости);
5. решить графически;
6. решить, используя метод доминирования;
7. решить, используя метод сведения к задаче линейного программирования.

2. Решить методом динамического программирования задачу об эвакуации ценностей:

Предмет	1	2	3	4
Вес , кг	2	8	12	15
Стоимость , у.е.	5	12	21	31

Решить многошаговую игру, заданную графом:



4. Население города составляет 20 тыс. жителей. Городской совет разрабатывает ставки местного налогообложения. Ежегодная база налогообложения недвижимости составляет 550 млн. у.е. Ежегодная база налогообложения розничных и оптовых продаж составляет 35 и 55 млн. у.е. соответственно. Ежегодное потребление городом бензина оценивается в 7.5 млн. галлонов. Горсовет планирует разработать систему налоговых ставок, основанную на перечисленных базах налогообложения и учитывающую следующие ограничения и требования: 1) налоговые поступления должны составить не менее 16 млн. у.е. от всех баз налогообложения; 2) налог с розничных продаж не может превышать 10 % от суммы всех собираемых налогов; 3) налог с оптовых продаж не может превышать 20 % от суммы всех налогов; 4) налог на бензин не может превышать 0.02 у.е. за галлон. Сформулировать эту задачу как задачу целевого программирования и решить ее (одним из методов).

5. Решить (одним из методов) задачу целочисленного линейного программирования:

$$\begin{cases} f(x) = 5x_1 + 4x_2 \rightarrow \max \\ x_1 + x_2 \leq 5, & 10x_1 + 6x_2 \leq 45, \\ x_1, x_2 \geq 0, & x_1, x_2 \in Z. \end{cases}$$

6. Решить задачу о прокладке трассы:

	2	3	4	В
	35 28	3 7	2 15	1
А	1 21	16 18	14 19	13

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Задача решена полностью, подробно описан процесс решения, выполнена проверка
отлично	Задача решена полностью, описан процесс решения, выполнена проверка
очень хорошо	Задача решена полностью, описан процесс решения

Оценка	Критерии оценивания
хорошо	Задача решена с недочетами, процесс решения описан не полностью
удовлетворительно	Задача решена с недочетами
неудовлетворительно	Задача решена с грубыми ошибками
плохо	Нет решения задачи

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 и 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.	При решении стандартных задач не	Имеется минимальный набор	Продemonстрированы базовые	Продemonстрированы базовые	Продemonстрированы навыки	Продemonстрирован творческий

	Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами	навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	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 - Задачи) для оценки сформированности компетенции ОПК-1

I. Решить непрерывную антагонистическую игру.

- $F(x, y) = -x^2 + y^3 + xy^2 - 4y + 3$, $X = [0; 1]$, $Y = [0; 1]$.
- $F(x, y) = -2x^2 + y^3 + xy^2 - 4y + 3$, $X = [0; 1]$, $Y = [0; 1]$.

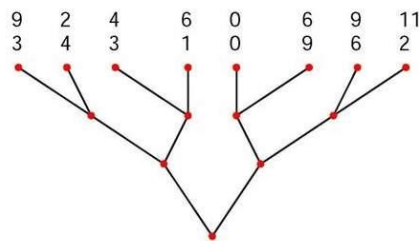
II. Матричные игры.

- Решить матричную игру:

$$\begin{pmatrix} 2 & 1 & 1 & 0 \\ 2 & 3 & 1 & 3 \\ 3 & 1 & 2 & 0 \\ 0 & 3 & 0 & 6 \end{pmatrix}$$

III. Решить многошаговую игру, заданную графом. В случае равных значений выигрыша для разных дуг выбирать крайнюю левую из таких дуг. Дуги нумеровать отдельно для каждой вершины (позиции в игре) слева направо.

01.



IV. Найти равновесие по Нэшу в бескоалиционной непрерывной игре двух лиц.

1. $F(x, y) = -2x^2 - 6xy - y^2 + 2x$, $G(x, y) = x^2 - 3xy - y^2 - 2x$, $X = [-1; 1]$, $Y = [-2; 1]$.
2. $F(x, y) = -x^2 - 3xy - y^2 + x$, $G(x, y) = x^2 + 2xy - y^2 - 3x$, $X = [0; 1]$, $Y = [0; 1]$.

V. Решить биматричную игру.

1.

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 4 & 3 \\ 2 & 2 & 1 \end{pmatrix}, \quad B = \begin{pmatrix} 3 & 2 & 1 \\ 0 & 2 & 5 \end{pmatrix}$$

2.

$$A = \begin{pmatrix} 4 & 2 & 3 \\ 1 & 2 & 1 \end{pmatrix}, \quad B = \begin{pmatrix} 5 & 2 & 1 \\ 3 & 2 & 0 \end{pmatrix}$$

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Задача решена полностью, подробно описан процесс решения, выполнена проверка
отлично	Задача решена полностью, описан процесс решения, выполнена проверка
очень хорошо	Задача решена полностью, описан процесс решения
хорошо	Задача решена с недочетами, процесс решения описан не полностью
удовлетворительно	Задача решена с недочетами
неудовлетворительно	Задача решена с грубыми ошибками
плохо	Нет решения задачи

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

1. Предмет и задачи исследования операций. Основные понятия.

2. Основные разделы исследования операций.
3. Принцип гарантированного результата.
4. Определение антагонистической игры в нормальной форме. Понятие седловой точки.
5. Теорема о существовании седловой точки в непрерывных антагонистических играх.
6. Определение матричной игры. Понятие максиминной и минимаксной стратегии, нижнего и верхнего значения игры.
7. Отыскание решения матричной игры в чистых стратегиях.
8. Определение смешанного расширения матричной игры. Теорема фон Неймана.
9. Критерий седловой точки в смешанных стратегиях в матричной игре.
10. Свойство дополняющей нежесткости смешанных решений матричных игр.
11. Теорема о масштабе и сдвиге.
12. Понятие простого решения матричной игры. Формулы простого решения.
13. Понятие крайних оптимальных смешанных стратегий в матричной игре. Теорема о крайних стратегиях.
14. Графический метод решения матричных игр (алгоритм).
15. Метод решения матричных игр сведением к паре двойственных задач линейного программирования (алгоритм).
16. Теорема о доминировании строк для матричных игр.
17. Теорема о доминировании столбцов для матричных игр.
18. Теорема о блочном доминировании для матричных игр.
19. Определение многошаговой игры.
20. Теорема Цермело о существовании решения в многошаговой игре с полной информацией. Процедура редукции (алгоритм Куна).
21. Решение многошаговых игр, представленных графом.
22. Общая постановка задачи динамического программирования. Принцип оптимальности Беллмана.
23. Алгоритм решения задачи динамического программирования методом Беллмана.
24. Примеры задач динамического программирования.
25. Множества наилучших ответов. Решение биматричных игр в чистых стратегиях.
26. Решение непрерывной игры двух лиц.
27. Существование решения в вогнутых играх.
28. Критерий равновесия по Нэшу в смешанных стратегиях в биматричных играх.
29. Свойство дополняющей нежесткости в биматричных играх.
30. Доминирование строк и столбцов в биматричных играх.
31. Графический метод решения биматричных игр.
32. Постановка задачи целевого программирования. Особенности многокритериальных задач оптимизации.
33. Метод весовых коэффициентов.
34. Метод приоритетов.
35. Примеры задач целочисленного линейного программирования.
36. Метод ветвей и границ.
37. Метод отсекающих плоскостей.
38. Примеры практических задач, допускающих формализацию в виде задачи о кратчайшем пути на графе.
39. Алгоритм Дейкстры.
40. Задача о прокладке трассы.
41. Задача о максимальном потоке. Метод разрезом.
42. Эффективный алгоритм решения задачи о максимальном потоке.
43. Пример решения задачи о максимальном потоке.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Не-возможность оценить полно-ту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа

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

Основная литература:

1. Стронгин Роман Григорьевич. Исследование операций : Модели экономического поведения : учеб. для студентов, обучающихся по направлению 510200 - Прикладная математика и информатика и по специальности 010200 - Прикладная математика и информатика / Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского. - Н. Новгород : Изд-во ННГУ, 2002. - 244 с. : ил., табл. - В надзаг.: Нац. фонд подгот. кадров. - ISBN 5-85746-682-2 : 100.00., 108 экз.
2. Давыдов Эрик Георгиевич. Исследование операций : учеб. пособие для студентов вузов. - М. : Высшая школа, 1990. - 383 с. : ил. - ISBN 5-06-001004-X : 19.00., 24 экз.
3. Вентцель Елена Сергеевна. Исследование операций : Задачи, принципы, методология. - 2-е изд., стер. - М. : Наука, 1988. - 206, [2] с. - (Проблемы науки и технического прогресса : ПНТП). - ISBN 5-02-013900-9 : 0.65., 10 экз.
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.

Дополнительная литература:

1. Баркалов Александр Валентинович. Модели выбора решений в конфликтных ситуациях : учебно-методическое пособие / А. В. Баркалов, Н. В. Шестакова ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2021. - 47 с. - Текст : электронный.,

<https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=794034&idb=0>.

2. Васин Александр Алексеевич. Исследование операций : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальностям "Приклад. математика и информатика", "Приклад. математика". - М. : Академия, 2008. - 464 с. - (Университетский учебник. Прикладная математика и информатика" / отв. ред. Ю. И. Димитриенко). - ISBN 978-5-7695-4190-2 : 473.00., 1 экз.

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

Стронгин Р.Г. Исследование операций. Модели экономического поведения. Электр. ресурс. Режим доступа свободный, <http://www.intuit.ru/studies/courses/1056/161/info>.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

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

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 01.03.02 - Прикладная математика и информатика.

Автор(ы): Чернов Андрей Владимирович, кандидат физико-математических наук, доцент.

Рецензент(ы): Баландин Дмитрий Владимирович, доктор физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Иванченко Михаил Васильевич, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 13.12.2023, протокол № 3.