

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

Многокритериальная оптимизация

Уровень высшего образования

Магистратура

Направление подготовки / специальность

09.04.03 - Прикладная информатика

Направленность образовательной программы

Проектирование и автоматизация производства изделий микроэлектроники

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.04 Многокритериальная оптимизация 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-3: Способен анализировать профессиональную информацию, выделять в ней главное, структурировать, оформлять и представлять в виде аналитических обзоров с обоснованными выводами и рекомендациями;	ОПК-3.1: Демонстрирует знание принципов, методов и средств анализа и структурирования профессиональной информации. ОПК-3.2: Демонстрирует умение анализировать профессиональную информацию, выделять в ней главное, структурировать, оформлять и представлять в виде аналитических обзоров. ОПК-3.3: Имеет практический опыт решения конкретных проблем, связанных с подготовкой научных докладов, публикаций и аналитических обзоров с обоснованными выводами и рекомендациями.	ОПК-3.1: Знать понятия и утверждения дисциплины «Многокритериальная оптимизация» ОПК-3.2: Уметь решать математические задачи и проблемы, аналогичные ранее изученным в области многокритериальной оптимизации; доказывать ранее изученные математические утверждения; проводить доказательства математических утверждений не аналогичных ранее изученным, но тесно примыкающих к ним. ОПК-3.3: Владеть различными методами решения многокритериальных задач, методами решения матричных игр и задач, основанных на применении принципов оптимальности, когда цели задаются с помощью связанных с ними отношений предпочтений	Задачи Контрольная работа Собеседование	Экзамен: Контрольные вопросы

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	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	16
- КСР	2
самостоятельная работа	94
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/лабораторные работы), часы	Всего	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
Задачи оптимизации со многими критериями оптимальности.	68	16	8	24	44
Задача принятия решений при задании целей с помощью связанных с ними бинарных отношений предпочтений.	30	6	4	10	20
Игровые задачи принятия решений.	44	10	4	14	30
Аттестация	36				
КСР	2			2	
Итого	180	32	16	50	94

Содержание разделов и тем дисциплины

Задачи оптимизации со многими критериями оптимальности. Эффективные и слабо эффективные стратегии (точки). Теорема существования эффективных точек. Множество Парето. Способы отыскания эффективных точек. Обобщенная функция цели. Скаляризация векторного критерия оптимальности при наличии дополнительной информации о важности частных критериев. Методы отыскания эффективных точек в линейных многокритериальных задачах. Бикритериальная задача о ранце, бикритериальная задача на сети. Понятие приближенно эффективных стратегий в задаче многокритериальной

оптимизации и алгоритмы его отыскания. Вопросы сходимости множества приближенно эффективных точек к множеству эффективных точек.

Задача принятия решений при задании целей с помощью связанных с ними бинарных отношений предпочтений. Аппарат теории отношений. Содержательное описание отношений. Специальные свойства отношений. Структура «доминирование-безразличие». Выявление предпочтений. Принцип недоминируемости. Задача ранжирования при заданном транзитивном отношении предпочтения. Принцип Неймана-Моргенштерна. Понятие ядра отношения. Алгоритм выделения ядра. Принцип «грубого» ранжирования. Алгоритм выделения контуров графа бинарного отношения. Принцип «тонкого» ранжирования. Понятие предельного вектора, связь с числом Перрона-Фробениуса матрицы бинарного отношения.

Игровые задачи принятия решений. Определение бескоалиционной игры. Приемлемые ситуации и ситуации равновесия. Стратегическая эквивалентность игр. Антагонистические игры. Седловые точки. Равенство минимаксов. Смешанные стратегии. Смешанное расширение игры. Существование минимаксов в смешанных стратегиях. Лемма о двух альтернативах. Значение игры и оптимальные стратегии игроков. Три свойства значения игры. Достаточные признаки значения игры. Частные классы матричных игр. Матричные игры и линейное программирование.

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 "Многокритериальная оптимизация (mag)"
(<https://e-learning.unn.ru/enrol/index.php?id=7033>).

Иные учебно-методические материалы: Коротченко А.Г., Е.А. Кумагина В.М. Сморякова Введение в многокритериальную оптимизацию. Учебно-методическое пособие. - Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2017, 55 с. (Регистрационный номер 1429.17.09 фонда компьютерных изданий Нижегородского госуниверситета)
http://www.unn.ru/books/met_files/VMO.pdf

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-3:

Задачи отыскания эффективных стратегий.

Задачи отыскания слабоэффективных стратегий.

Задачи на использование необходимых условий эффективности.

Задачи на использование необходимых условий эффективности в дифференциальной форме.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Выполнены все или большая часть этапов решения задачи или задача решена с незначительными недочетами. Результаты работы представлены преподавателю в срок.
не зачтено	Выполнены не все практические задания или выполнены не в полном объеме (представлено не полное описание этапов выполнения заданий, получен неверный ответ, результаты работы не представлены преподавателю).

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольная работа) для оценки сформированности компетенции ОПК-3:

Вариант 1.

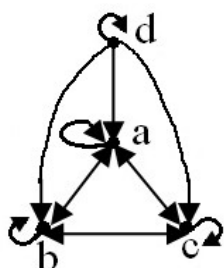
Задача 1. Найти множество эффективных стратегий $P(D)$ в задаче:

$$Q_1(x_1, x_2) = 5 - x_1 - x_2 \Rightarrow \min,$$

$$Q_2(x_1, x_2) = \sqrt{x_1 x_2} \Rightarrow \min,$$

$$D = \{(x_1, x_2) \in R^2, 0 \leq x_i \leq 1, i = 1, 2\}.$$

Задача 2. Пусть на множестве $A = \{a, b, c, d\}$ отношение r задано графом



Решить задачу ранжирования.

Вариант 2.

Задача 1. Найти множество слабоэффективных стратегий $S(D)$ в задаче:

$$Q_1(x) = \frac{x^4}{4} - \frac{x^2}{2} \Rightarrow \min,$$

$$Q_2(x) = x \Rightarrow \min,$$

$$x \in D = [-2, 2].$$

Задача 2. Пусть на множестве $A=\{a, b, c, d, f\}$ линейное транзитивное отношение r задано матрицей доминирования-безразличия.

ρ	a	b	c	d	f
a	1/2	1/2	1/2	0	0
b	1/2	1/2	1/2	0	0
c	1/2	1/2	1/2	0	0
d	1	1	1	1/2	1/2
f	1	1	1	1/2	1/2

Построить диаграмму квазиупорядочного множества (A, ρ) .

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольная работа)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Выполнены все или большая часть этапов решения задачи или задача решена с незначительными недочетами. Результаты работы представлены преподавателю в срок.
не зачтено	Выполнены не все практические задания или выполнены не в полном объеме (представлено не полное описание этапов выполнения заданий, получен неверный ответ, результаты работы не представлены преподавателю).

5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ОПК-3:

Построение области Парето для бикритериальной задачи о ранце.

Использование принципа недоминируемости при исследовании задач выбора.

Использование принципа Неймана-Моргенштерна.

Использование принципов ранжирования.

Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Студент дал развернутый ответ на все вопросы без существенных ошибок.
не зачтено	При ответе студент допускает грубые ошибки в основном материале.

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 ОПК-3

1.Эффективные и слабоэффективные стратегии. Теорема существования эффективных стратегий.
2.Структура множества эффективных и слабоэффективных векторов.
3.Метод скаляризации векторного критерия на примере аддитивной функции.
4.Метод скаляризации векторного критерия на примере функции максимума.
5.Бикритериальная задача о ранце и метод динамического программирования для ее решения.
6.Бикритериальная задача на сети.
7.Приближенно-эффективные точки, метод их отыскания. Теорема сходимости множества приближенно-эффективных точек к множеству эффективных точек.
8.Структура доминирование-безразличие и ее задание одним отношением предпочтения.
9.Способы задания предпочтений.
10.Алгоритм выделения контуров графа.
11.Отношение порядка, диаграмма упорядоченного множества, максимальный и наибольший элементы. Связь с принципом недоминируемости.
12.Понятие ядра отношения. Решение по Нейману-Моргенштерну. Алгоритм выделения ядра.

13.Факторизация отношения квазипорядка по его симметричной части. Связь с задачей ранжирования.
14.Алгоритм выделения ядра графа.
15.Алгоритм выделения ядра графа при наличии контуров.
16.Задача ранжирования объектов при заданном линейном транзитивном отношении предпочтения.
17.Задача грубого ранжирования.
18.Понятие предельного вектора и способы его отыскания.
19.Задача тонкого ранжирования.
20.Определение бескоалиционной игры. Приемлемые ситуации и ситуации равновесия.
21.Седловые точки. Неравенство минимаксов. Критерий седловой точки.
22.Матричные игры. Смешанные стратегии. Смешанное расширение игры. Лемма о переходе к смешанным стратегиям. Критерий равновесности ситуации.
23.Теоремы о существовании минимаксов.
24. Лемма о двух альтернативах.
25.Теорема о минимаксах.
26.Значение игры и оптимальные стратегии игроков. Три свойства значения игры.
27. 2х2 игры.
28. Метод решения 2хn и mх2 игр.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Студент дал развернутый ответ на все вопросы и при этом продемонстрировал знание дополнительного материала.
отлично	Студент дал развернутый ответ на все вопросы.
очень хорошо	Студент дал ответ на все вопросы, возможно с незначительными недочетами.
хорошо	Студент ответил на большую часть вопросов с незначительными недочетами.

Оценка	Критерии оценивания
удовлетворительно	Студент ответил на большую часть вопросов с существенными недочетами.
неудовлетворительно	При ответе студент допускает грубые ошибки в основном материале и решении стандартных задач.
плохо	Отсутствие знаний материала, отсутствует способность решения стандартных задач.

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

Основная литература:

1. Коротченко Анатолий Григорьевич. Принципы оптимальности в задачах принятия решений : учебно-методическое пособие / А. Г. Коротченко, Н. Н. Чернышова, В. М. Сморякова ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2015. - 44 с. - Текст : электронный., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=850078&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Батищев Дмитрий Иванович. Методы оптимального проектирования : [учеб. пособие для радиотехнических специальностей вузов]. - М. : Радио и связь, 1984. - 247 с. : граф. - 0.70., 31 экз.

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

1. Операционные системы семейства MicrosoftWindows, лицензия по подписке MicrosoftImagine.
2. Браузер Google Chrome, предоставляется бесплатно на условиях лицензионных соглашений на программное обеспечение с открытым исходным кодом.
3. Среда разработки семейства MicrosoftVisualStudio, лицензия по подписке MicrosoftImagine.

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 09.04.03 - Прикладная информатика.

Автор(ы): Коротченко Анатолий Григорьевич, кандидат физико-математических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Прилуцкий Михаил Хаимович, доктор технических наук.

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