

MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION OF THE RUSSIAN FEDERATION

**Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education
«National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod»**

Институт информационных технологий, математики и механики

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Working programme of the discipline

Operations research

Higher education level

Bachelor degree

Area of study / speciality

02.03.02 - Fundamental Informatics and Information Technology

Focus /specialization of the study programme

General Profile

Mode of study

full-time

Nizhny Novgorod

Year of commencement of studies 2024

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.22 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	<p>ОПК-1.1: Знает основные положения и концепции в области математических и естественных наук, базовые теории и истории основного, теории коммуникации; знает основную терминологию</p> <p>ОПК-1.2: Умеет осуществлять первичный сбор и анализ материала, интерпретировать различные математические объекты</p> <p>ОПК-1.3: Имеет практический опыт работы с решением стандартных математических задач и применяет его в профессиональной деятельности</p>	<p>ОПК-1.1: Знать базовые модели и принципы рационального выбора в условиях конфликта и неопределенности, включая основные математические утверждения об их свойствах. Понимать математическое единство моделей выбора решения, имеющих различную содержательную интерпретацию (например, задач планирования типа линейных программ и задач выбора при противоположных интересах типа матричных игр и др.), знать модели операций в нормальной и позиционной формах, принцип максимина, принцип Байеса, равновесие по Нэшу, оптимальность по Парето</p> <p>ОПК-1.2: Уметь применять теоретические знания для решения типовых задач выбора, преобразовывать модели (редуцировать игры, приводить позиционную модель к нормальной форме), и применять соответствующий задаче принцип выбора</p>	Тест Задачи	Экзамен: Контрольные вопросы Задачи

		ОПК-1.3: Владеть техникой доказательства математических утверждений и различными методами и способами отыскания решений стандартных задач выбора, аналитическими и графическими методами отыскания седловых точек, ситуаций равновесия, арбитражных решений, байесовских стратегий		
--	--	---	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	4
Часов по учебному плану	144
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	20
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	30
- КСР	2
самостоятельная работа	56
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			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0

Модель операции в нормальной форме и принципы выбора	17	3	4	7	10
Принцип максимина в конечных играх двух лиц с нулевой суммой	17	3	4	7	10
Смешанные стратегии	27	3	14	17	10
Кооперативный подход	15	3	2	5	10
Матричные игры и линейное программирование	14	4	2	6	8
Элементы теории статистических решений	16	4	4	8	8
Аттестация	36				
КСР	2			2	
Итого	144	20	30	52	56

Contents of sections and topics of the discipline

1. Модель операции в нормальной форме и принципы выбора
2. Принцип максимина в конечных играх двух лиц с нулевой суммой
3. Смешанные стратегии
4. Кооперативный подход
5. Матричные игры и линейное программирование
6. Элементы теории статистических решений

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.

Самостоятельная работа студента при изучении дисциплины «Исследование операций» включает выполнение заданий под контролем преподавателя, решение домашних заданий и подготовку к экзамену. Для самоконтроля у студента имеется возможность удаленного тестирования по дистанционному лекционному курсу «Исследование операций. Модели экономического поведения» (<http://www.intuit.ru/studies/courses/1056/161/info>) и выполнения заданий из УМК «Исследование операций» ННГУ (<https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=344>, требуется регистрация).

Тематика самостоятельной работы

Модель операции в нормальной форме и принципы выбора – теоретическая часть – разделы 1.1-1.4 [1], решение задач. Проверка задания.

Принцип максимина в конечных играх двух лиц с нулевой суммой– теоретическая часть – разделы 1.5, 2.1-2.3 [1], решение задач (типа 1,2). Проверка задания.

Смешанные стратегии– теоретическая часть – разделы 2.4 [1], решение задач (типа 3, 4). Проверка задания.

Кооперативный подход– теоретическая часть – глава 3 [1], решение задач (типа 5). Проверка задания.

Матричные игры и линейное программирование– теоретическая часть – разделы 2.5-2.6 [1], решение задач. Проверка задания.

Элементы теории статистических решений– теоретическая часть – глава 4 [1], решение задач (типа 6, 7, 8). Проверка задания.

5. Assessment tools for ongoing monitoring of learning progress and interim certification in the discipline (module)

5.1 Model assignments required for assessment of learning outcomes during the ongoing monitoring of learning progress with the criteria for their assessment:

5.1.1 Model assignments (assessment tool - Test) to assess the development of the competency ОПК-1:

1. Две противоборствующие стороны пытаются овладеть двумя позициями. Для этого первая сторона располагает тремя подразделениями, вторая – четырьмя подразделениями (например, полками). Каждый из противников может выделить для захвата любой из позиций целое число подразделений (в том числе и нулевое), полностью расходуя ресурсы. Позиция считается занятой той стороной, которая выделила для ее захвата большее число подразделений. Какой вид имеет критерий эффективности первой стороны, если ее цель состоит в захвате максимального числа позиций?

$$\text{a. } \begin{matrix} (3,0) \\ (2,1) \\ (1,2) \\ (0,3) \end{matrix} \begin{pmatrix} (4,0) & (3,1) & (2,2) & (1,3) & (0,4) \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix} (+)$$

$$\text{b. } \begin{matrix} (3,0) \\ (2,1) \\ (1,2) \\ (0,3) \end{matrix} \begin{pmatrix} (4,0) & (3,1) & (2,2) & (1,3) & (0,4) \\ 3 & 3 & 2 & 1 & 0 \\ 2 & 3 & 3 & 2 & 1 \\ 1 & 2 & 3 & 3 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & 3 & 3 \end{pmatrix}$$

$$\text{c. } \begin{matrix} (3,0) \\ (2,1) \\ (1,2) \\ (0,3) \end{matrix} \begin{pmatrix} (4,0) & (3,1) & (2,2) & (1,3) & (0,4) \\ -1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & -1 \end{pmatrix}$$

2.

Пара стратегий (\bar{x}_1, \bar{x}_2) называется оптимальной по Парето в игре $\langle X_1, X_2, M_1(x_1, x_2), M_2(x_1, x_2) \rangle$ если

a. из решения неравенств $M_1(x_1, x_2) \geq M_1(\bar{x}_1, \bar{x}_2)$, $M_2(x_1, x_2) \geq M_2(\bar{x}_1, \bar{x}_2)$ следует $x_2 = \bar{x}_2$ (+)

b. $M_1(\bar{x}_1, \bar{x}_2) = \max_{x_1 \in X_1, x_2 \in X_2} M_1(x_1, x_2)$, $M_2(\bar{x}_1, \bar{x}_2) = \max_{x_1 \in X_1, x_2 \in X_2} M_2(x_1, x_2)$

c. $M_1(\bar{x}_1, \bar{x}_2) + M_2(\bar{x}_1, \bar{x}_2) = \max_{x_1 \in X_1, x_2 \in X_2} (M_1(x_1, x_2) + M_2(x_1, x_2))$

d. $(\forall x_1, x_2) M_1(\bar{x}_1, \bar{x}_2) \geq M_1(x_1, x_2)$, $M_2(\bar{x}_1, \bar{x}_2) \geq M_2(x_1, x_2)$

3.

Пусть в игре двух лиц $\langle X_1, X_2, M_1(x_1, x_2), M_2(x_1, x_2) \rangle$ множества стратегий конечны $X_1 = \{1, 2\}$, $X_2 = \{1, 2\}$, а критерии заданы в виде $(M_1, M_2) = \begin{pmatrix} (1, 2) & (-1, 0) \\ (0, -1) & (2, 1) \end{pmatrix}$. Какое из утверждений справедливо?

- a. Множество ситуаций равновесия по Нэшу пусто
- b. Множество ситуаций равновесия по Нэшу состоит из пар стратегий (1,1) и (2,2) (+)
- c. В игре имеется единственная ситуация равновесия по Нэшу (1,1)
- d. В игре имеется единственная ситуация равновесия по Нэшу (2,2)

Assessment criteria (assessment tool — Test)

Grade	Assessment criteria
pass	60-100% правильных ответов
fail	0-59% правильных ответов

5.1.2 Model assignments (assessment tool - Tasks) to assess the development of the competency ОПК-1:

1. Установить, какие точки являются седловыми для функции

$$M(x, y) = \begin{cases} 1 - x^2, & x \geq y, \\ y^2, & x < y, \end{cases} \text{ в области } 0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1.$$

<input type="checkbox"/>	Седловых точек нет	<input type="checkbox"/>	$(x^*, y^*) = (\frac{1}{2}, \frac{1}{2})$	<input type="checkbox"/>	$(x^*, y^*) = (1, 0)$	<input type="checkbox"/>	$(x^*, y^*) = (\frac{1}{\sqrt{2}}, \frac{1}{\sqrt{2}})$
--------------------------	--------------------	--------------------------	---	--------------------------	-----------------------	--------------------------	---

2. Цена игры с матрицей $\begin{pmatrix} 0.8 & 0.0 & 0.0 & 0.0 \\ 0.4 & 0.6 & 0.6 & 0.4 \\ 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.8 \end{pmatrix}$ равна 0.4. Является ли стратегия второго

игрока $(1/2, 0, 0, 1/2)$ оптимальной по гарантированному результату?

3. Два производителя одного и того же товара могут производить его в объемах $0 \leq x_i \leq 0.5, i = 1, 2$. Затраты на выпуск единицы продукции составляют $c_i(x_i) = C_i x_i, C_i > 0$. Товар подается на рынке по цене $p(x) = 1 - x$, где $x = x_1 + x_2$ - совокупное предложение товара. Прибыль i -го производителя от выпуска товара в объеме x_i описывается функцией $M_i(x_1, x_2) = x_i * p(x) - c_i(x_i)$. Указать, какие объемы выпуска являются устойчивыми (образуют ситуацию равновесия по Нэшу) при $C_1 = 0.25, C_2 = 0.25$.

$x_1^0 = 1/10, x_2^0 = 1/10$	$x_1^0 = 1/5, x_2^0 = 1/5$	$x_1^0 = 1/4, x_2^0 = 1/4$	$x_1^0 = 3/10, x_2^0 = 3/10$
------------------------------	----------------------------	----------------------------	------------------------------

Assessment criteria (assessment tool — Tasks)

Grade	Assessment criteria
pass	Ответ полный и правильный на основании изученной теории; теоретический материал и решение поставленных задач изложены в необходимой логической последовательности, грамотный научный язык; ответ самостоятельный. Могут быть допущены две-три несущественные ошибки, исправленные по требованию преподавателя
fail	Ответ обнаруживает непонимание студентом основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые не могут быть исправлены при наводящих вопросах преподавателя

5.2. Description of scales for assessing learning outcomes in the discipline during interim certification

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	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 некоторыми и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми 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

Scale of assessment for interim certification

Grade		Assessment criteria
pass	outstanding	All the competencies (parts of competencies) to be developed within the discipline have been developed at a level no lower than "outstanding", the knowledge and skills for the relevant competencies have been demonstrated at a level higher than the one set out in the programme.
	excellent	All the competencies (parts of competencies) to be developed within the discipline have been developed at a level no lower than "excellent",
	very good	All the competencies (parts of competencies) to be developed within the discipline have been developed at a level no lower than "very good",
	good	All the competencies (parts of competencies) to be developed within the discipline have been developed at a level no lower than "good",
	satisfactory	All the competencies (parts of competencies) to be developed within the discipline have been developed at a level no lower than "satisfactory", with at least one competency developed at the "satisfactory" level.
fail	unsatisfactory	At least one competency has been developed at the "unsatisfactory" level.
	poor	At least one competency has been developed at the "poor" level.

5.3 Model control assignments or other materials required to assess learning outcomes during the interim certification with the criteria for their assessment:

5.3.1 Model assignments (assessment tool - Control questions) to assess the development of the competency ОПК-1

1. Построение функции полезности, представляющей отношение нестрогого предпочтения, на конечном множестве исходов.
2. Модель операции в нормальной форме.
3. Классификация моделей операций.
4. Оценка решений по гарантированному результату.
5. Устойчивость (равновесие по Нэшу) и эффективность (оптимальность по Парето) решений.
6. Совместимость устойчивости и эффективности.
7. Связь устойчивости с седловыми точками.
8. Устойчивые и эффективные решения в дуополии Курно.
9. Игра с фиксированной последовательностью шагов. Равновесие по Штакельбергу.

Assessment criteria (assessment tool — Control questions)

Grade	Assessment criteria
outstanding	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки
excellent	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок
very good	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок
good	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок
satisfactory	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок
unsatisfactory	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки
poor	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа

5.3.2 Model assignments (assessment tool - Tasks) to assess the development of the competency ОПК-1

1. Защищающаяся сторона – пехотинец – может укрываться в одном из четырех окопов, расположенных в одну линию. Атакующая сторона – артиллерист – одним выстрелом может поразить два соседних окопа – первый и второй, второй и третий, третий и четвертый. Поражение пехотинца оценивается -1, промах артиллериста +1. Найти решение игры, в которой артиллерист располагает одним выстрелом.
2. Игрок 1 выбирает одно из чисел {1, 2, 3}, одновременно (т. е. не зная выбора игрока1) игрок 2 выбирает одно из двух чисел: {1, 2. Затем бросается симметричная монета. При выпадении герба выигравшим считается игрок 1, в противном случае – игрок 2. Выигрыш первого игрока

составляет сумму выбранных чисел, выигрыш второго – абсолютное значение их разности. Найти оптимальные стратегии игроков, если сумма выигрышей равна нулю.

3. Игрок 1 прячет монету номинала 1 в одной из двух комнат – 1 или 2. Вторым игроком, не зная, где спрятана монета, выбирает комнату для поиска. Если монета спрятана в комнате 1, и 2-ой игрок ищет её в этой комнате, он найдет монету с вероятностью $\frac{1}{2}$. Если монета спрятана в комнате 2 и игрок ищет её в этой комнате, он найдет её с вероятностью $\frac{1}{3}$. Если игрок ищет в комнате, где нет монеты, он её не найдет. Если игрок 2 находит монету, он забирает её себе, в противном случае монета остается у игрока 1. Найти решение игры.

Найти ситуации равновесия в биматричной игре 2×2

$$(A, B) = \begin{pmatrix} (5, 0) & (3, 6) \\ (7, 0) & (9, 0) \end{pmatrix}$$

4.

Найти ситуации равновесия в биматричной игре 2×2

$$(A, B) = \begin{pmatrix} (6, 0) & (-1, 0) \\ (0, 6) & (-1, 2) \end{pmatrix}$$

5.

Assessment criteria (assessment tool — Tasks)

Grade	Assessment criteria
outstanding	Все задачи решены полностью
excellent	Одна из задач решена с недочетами
very good	Задачи решены, но неполностью, с недочетами
good	Задачи решены наполовину
satisfactory	Задачи решены наполовину, у некоторых задач сделан только первый этап решения
unsatisfactory	Сделаны только первые этапы решения задач
poor	Решения нет

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.

Дополнительная литература:

1. 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.

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

1. Стронгин Р.Г. Исследование операций. Модели экономического поведения. Электр. ресурс. Режим доступа свободный, <http://www.intuit.ru/studies/courses/1056/161/info>.
2. УМК «Исследование операций» система электронного обучения ННГУ (<https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=344>)

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 02.03.02 - Fundamental Informatics and Information Technology.

Author(s): Баркалов Александр Валентинович, кандидат физико-математических наук.
Заведующий кафедрой: Золотых Николай Юрьевич, доктор физико-математических наук.

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