

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

(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО
президиумом Ученого совета ННГУ
протокол от
«14» декабря 2021 г. № 4

Рабочая программа дисциплины

Исследование операций

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

бакалавриат

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

01.03.02 Прикладная математика и информатика

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

Прикладная математика и информатика (общий профиль)

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения

очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород

2022 год

1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина относится к обязательной части

Код дисциплины Б1.О.16

| № варианта | Место дисциплины в учебном плане образовательной программы | Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД |
|------------|--|---|
| 1 | Блок 1. Дисциплины (модули) Обязательная часть | Дисциплина Б1.О.16 «Исследование операций» относится к обязательной части ООП направления подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика». |

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** | |
| 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 | 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 | собеседование |
| | ОПК-1.2: Умеет использовать фундаментальные знания в профессиональной деятельности, осуществлять выбор методов решения задач профессиональной деятельности на основе теоретических знаний | 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 | тест |

| | | | |
|--|--|---|--------|
| | ОПК-1.3.: Имеет практический опыт применения фундаментальных знаний, полученных в области математических и естественных наук в профессиональной деятельности. | 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 | задачи |
|--|--|---|--------|

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины

| | |
|---|-----------------------------|
| | очная форма обучения |
| Общая трудоемкость | 5 ЗЕТ |
| Часов по учебному плану | 180 |
| в том числе | |
| контактная работа: | 86 |
| - занятия лекционного типа | 56 |
| - занятия семинарского типа | 28 |
| - текущий контроль (КСР) | 2 |
| самостоятельная работа | 58 |
| Промежуточная аттестация – экзамен | 36 |

3.2. Содержание дисциплины

| Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины | Всего (часы) | в том числе | | | | |
|--|--------------|---|---------------------------|----------------------------|------------------------|---|
| | | контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы | | | | Самостоятельная работа обучающегося, часы |
| | | из них | | | | |
| | | Занятия лекционного типа | Занятия семинарского типа | Занятия лабораторного типа | Всего контактных часов | |
| Модель операции в нормальной форме и принципы выбора | 26 | 12 | 4 | | 16 | 10 |
| Принцип максимина в конечных играх двух лиц с нулевой суммой | 26 | 12 | 4 | | 16 | 10 |
| Смешанные стратегии | 36 | 12 | 14 | | 26 | 10 |
| Кооперативный подход | 22 | 10 | 2 | | 12 | 10 |
| Матричные игры и линейное программирование | 14 | 4 | 0 | | 4 | 10 |

| | | | | | | |
|--|-----|----|----|--|----|----|
| Элементы теории статистических решений | 18 | 6 | 4 | | 10 | 8 |
| Текущий контроль (КСР) | 2 | | | | 2 | |
| Промежуточная аттестация - экзамен | 36 | | | | | |
| Итого | 180 | 56 | 28 | | 86 | 58 |

Текущий контроль успеваемости реализуется в форме опросов на занятиях семинарского типа. Промежуточная аттестация проходит в традиционной форме (экзамен).

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

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.

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине, включающий:

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

| Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций) | Шкала оценивания сформированности компетенций | | | | | |
|--|---|---------------------|-------------------|--------|--------------|-------------|
| | плохо | неудовлетворительно | удовлетворительно | хорошо | очень хорошо | отлично |
| | Не зачтено | | зачтено | | | |
| | | | | | | превосходно |

| | | | | | | | |
|---------------|--|--|---|---|---|--|---|
| <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, без ошибок. | 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 несущественным 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 владения материалом. 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 оценки при промежуточной аттестации

| Оценка | | Уровень подготовки |
|---------|--------------|--|
| зачтено | Превосходно | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно» |
| | Отлично | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично» |
| | Очень хорошо | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на |

| | | |
|---------------|---------------------|--|
| | | уровне «очень хорошо» |
| | Хорошо | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «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», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо» |
| | Плохо | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо» |

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

5.2.1. Контрольные вопросы

| Вопросы | Код формируемой компетенции |
|---|-----------------------------|
| Построение функции полезности, представляющей отношение нестрогого предпочтения, на конечном множестве исходов. | ОПК-1 |
| Модель операции в нормальной форме. | ОПК-1 |
| Классификация моделей операций. | ОПК-1 |
| Оценка решений по гарантированному результату. | ОПК-1 |
| Устойчивость (равновесие по Нэшу) и эффективность (оптимальность по Парето) решений. | ОПК-1 |
| Совместимость устойчивости и эффективности. | ОПК-1 |
| Связь устойчивости с седловыми точками. | ОПК-1 |
| Устойчивые и эффективные решения в дуополии Курно. | ОПК-1 |
| Игра с фиксированной последовательностью шагов. Равновесие по Штакельбергу. | ОПК-1 |
| Рынок одного товара. Баланс спроса и предложения. | ОПК-1 |
| Роль посредников в стабилизации баланса. | ОПК-1 |
| Верхняя и нижняя цена антагонистической игры. Связь между ними. | ОПК-1 |
| Условия совпадения верхней и нижней цены игры. | ОПК-1 |
| Борьба за рынок сбыта скоропортящейся продукции как шумная дуэль. Оптимальные стратегии участников. | ОПК-1 |
| Принцип максимина в конечных играх двух лиц с нулевой суммой | ОПК-1 |

| | |
|--|-------|
| Позиционная форма игры и переход к нормальной форме. | ОПК-1 |
| Устойчивые решения в играх с полной информацией. | ОПК-1 |
| Смешанные стратегии | ОПК-1 |
| Смешанное расширение матричной игры. | ОПК-1 |
| Смешанное расширение биматричной игры. | ОПК-1 |
| Упрощение условий устойчивости в конечных играх (сужение множества проверяемых неравенств). | ОПК-1 |
| Решение матричных 2x2 игр. | ОПК-1 |
| Решение биматричных 2x2 игр. | ОПК-1 |
| Графический метод решения матричных 2xN игр. | ОПК-1 |
| Кооперативный подход к биматричным играм. Модель совместных действий. | ОПК-1 |
| Сделки без побочных платежей и с побочными платежами. | ОПК-1 |
| Аксиомы справедливого дележа. | ОПК-1 |
| Единственность решения оптимизационной задачи, определяющей арбитражное решение. | ОПК-1 |
| Существование опорной гиперплоскости, проходящей через точку арбитражного решения. | ОПК-1 |
| Выполнение аксиом справедливого дележа для решения оптимизационной задачи, определяющей арбитражное решение. | ОПК-1 |
| Единственность арбитражного решения (дележа, удовлетворяющего аксиомам Нэша). | ОПК-1 |
| Арбитражное решение с угрозами сделки без побочных платежей. Оптимальные стратегии угроз. | ОПК-1 |
| Решение двойственных задач линейного программирования как седловая точка игры «производитель-поставщик». | ОПК-1 |
| Сведение задачи решения антагонистической игры к решению задачи линейного программирования. | ОПК-1 |
| Разрешимость задачи линейного программирования, соответствующей матричной игре (существование решения матричной игры). | ОПК-1 |
| Выбор решений в условиях неопределенности. Статистическая игра с единичным испытанием. | ОПК-1 |
| Принцип Байеса. | ОПК-1 |
| Система неравенств, определяющая байесовскую решающую функцию через апостериорное распределение вероятностей. | ОПК-1 |
| Байесовская решающая функция в задаче проверки простой гипотезы относительно простой альтернативы. | ОПК-1 |
| Ошибки I и II рода в задаче проверки простой гипотезы относительно простой альтернативы. Байесовский риск как функция вероятностей ошибок. | ОПК-1 |

| | |
|---|-------|
| Функция байесовского риска в задаче проверки простой гипотезы относительно простой альтернативы и ее свойства. | ОПК-1 |
| Минимаксная стратегия для задач с неизвестным априорным распределением. Наименее выгодное распределение вероятностей на состояниях природы. | ОПК-1 |
| Задание байесовских стратегий разбиением пространства распределений вероятностей для состояний природы. | ОПК-1 |
| Выбор простой гипотезы из конечного множества гипотез. | ОПК-1 |
| Байесовская решающая функция в задаче с двумя состояниями природы и тремя решениями статистика. | ОПК-1 |

5.2.2. Типовые тестовые задания для оценки сформированности компетенции ОПК-1

Вариант 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?

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

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

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

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

5.2.3. Типовые задачи для оценки сформированности компетенции ОПК-1

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

1. Установить, какие точки являются седловыми для функции области $0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1$.

| | | | | | | | |
|--|--------------------|--|---|--|-----------------------|--|---|
| | Седловых точек нет | | $(x^*, y^*) = (\frac{1}{2}, \frac{1}{2})$ | | $(x^*, y^*) = (1, 0)$ | | $(x^*, y^*) = (\frac{1}{\sqrt{2}}, \frac{1}{\sqrt{2}})$ |
|--|--------------------|--|---|--|-----------------------|--|---|

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 $C_1 = 0.25, C_2 = 0.25$.

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

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

- Стронгин Р.Г. Исследование операций. Модели экономического поведения: Учебник. - Нижний Новгород: Издательство Нижегородского госуниверситета им. Н.И.Лобачевского, 2002. - 244с. (100 экз.)

б) дополнительная литература:

- Давыдов Э. Г. - Исследование операций: учеб. пособие для студентов вузов. - М.: Высшая школа, 1990. - 383 с. (27 экз.)

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

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

4. УМК «Исследование операций» система электронного обучения ННГУ (<https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=344>)

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой (лекционного и семинарского типа), оснащенные оборудованием и 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 ННГУ.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ 01.03.02 Прикладная математика и информатика.

Авторы: д.ф.-м.н., зав. кафедрой МОСТ Стронгин Р.Г.

к.ф.-м.н., доц. кафедры МОСТ Баркалов А.В.

Рецензент: д.т.н., профессор НГТУ им. Р.Е. Алексеева Ломакина Л.С.

Заведующий кафедрой МОСТ: д.ф.-м.н. Стронгин Р.Г.

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики

от 1 декабря 2021 года, протокол № 2.