

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Арзамасский филиал ННГУ - Факультет естественных и математических наук

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Математическое и имитационное моделирование

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Направление подготовки / специальность

09.03.03 - Прикладная информатика

Направленность образовательной программы

Системное и прикладное программирование

Форма обучения

очная, очно-заочная

г. Арзамас

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.06 Математическое и имитационное моделирование относится к части, формируемой участниками образовательных отношений 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	<p>УК-2.1: Демонстрирует знание необходимых для осуществления профессиональной деятельности правовых норм.</p> <p>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.</p> <p>УК-2.3: Демонстрирует наличие практического опыта применения нормативной базы и решения задач в области избранных видов профессиональной деятельности.</p>	<p>УК-2.1: Знать фундаментальные основы теории моделирования информационных систем и протекающих в них процессов Уметь применять международные и профессиональные стандарты в области информационных технологий Владеть принципами построения моделей информационных процессов</p> <p>УК-2.2: Знать методики разработки компьютерных моделей Уметь применять математический аппарат, фундаментальные концепции и системные методологии Владеть навыками использования основных классов моделей и методов моделирования.</p> <p>УК-2.3: Знать основы применения нормативной базы и решения задач в области избранных видов профессиональной деятельности. Уметь использовать современные инструментальные и вычислительные средства (в</p>	<p>Контрольная работа Тест</p>	<p>Экзамен: Контрольные вопросы</p>

		соответствии с профилем подготовки) Владеть навыками использования методов формализации, алгоритмизации и реализации моделей с помощью современных компьютерных средств.		
ПК-9: Способен моделировать прикладные (бизнес) процессы и объекты предметной области	<p>ПК-9.1: Демонстрирует знание методических основ моделирования процессов и объектов предметной области.</p> <p>ПК-9.2: Демонстрирует умение применения знаний к моделированию прикладных процессов и объектов предметной области при разработке программного обеспечения ИС.</p> <p>ПК-9.3: Имеет практический опыт моделирования процессов и объектов на примере конкретной предметной области.</p>	<p>ПК-9.1: Знать теоретические основы математического и компьютерного моделирования информационных систем; Уметь применять теоретические основы математического и компьютерного моделирования информационных систем; Владеть навыками применять теоретические основы математического и компьютерного моделирования информационных систем;</p> <p>ПК-9.2: Знать основы моделирования прикладных процессов и объектов предметной области при разработке программного обеспечения ИС Уметь реализовывать построение моделей систем различного класса с использованием инструментальных средств. Владеть навыками проведения вычислительных экспериментов с использованием техники имитационного моделирования,</p> <p>ПК-9.3: Знать основы моделирования процессов и объектов на примере конкретной предметной области Уметь применять основы</p>	Контрольная работа Тест	Экзамен: Контрольные вопросы

		моделирования процессов и объектов на примере конкретной предметной области Владеть навыками планирования проведения экспериментов и обработки их результатов		
--	--	--	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная	очно-заочная
Общая трудоемкость, з.е.	4	4
Часов по учебному плану	144	144
в том числе		
аудиторные занятия (контактная работа):		
- занятия лекционного типа	18	8
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	36	8
- КСР	2	2
самостоятельная работа	52	90
Промежуточная аттестация	36 Экзамен	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			
	ОФО	ОЗФО	ОФО	ОЗФО	ОФО	ОЗФО	ОФО	ОЗФО	ОФО	ОЗФО
Тема 1. Основные понятия и принципы моделирования систем. Классификация моделей	10	11	2	1	4	0	6	1	4	10
Тема 2. Формализация и алгоритмизация процессов функционирования систем	12	12	2	1	4	1	6	2	6	10
Тема 3. Модели простых систем	12	12	2	1	4	1	6	2	6	10
Тема 4. Сетевые модели и модели динамического программирования	12	12	2	1	4	1	6	2	6	10

Тема 5. Модели линейного программирования	12	12	2	1	4	1	6	2	6	10
Тема 6. Модели теории игр и марковские модели случайных процессов	12	12	2	1	4	1	6	2	6	10
Тема 7. Модели массового обслуживания	12	12	2	1	4	1	6	2	6	10
Тема 8. Имитационное моделирование систем	12	12	2	1	4	1	6	2	6	10
Тема 9. Обработка и анализ результатов моделирования систем	12	11	2	0	4	1	6	1	6	10
Аттестация	36	36								
КСР	2	2						2	2	
Итого	144	144	18	8	36	8	56	18	52	90

Содержание разделов и тем дисциплины

Тема 1. Основные понятия и принципы моделирования систем. Классификация моделей.

Принципы системного подхода в моделировании систем. Системность, как общее свойство окружающего мира. Определение системы. Большие и малые системы. Моделирование, как метод научного познания. Методологическая основа моделирования. Гипотезы и аналогии. Модель и моделирование. Функции модели. Модели состава и структуры системы. Классификация моделей. Исторический модельный ряд (физические, масштабные, аналоговые модели, управленческие игры, моделирование на ЭВМ, математические модели). Виды моделирования систем.

Тема 2. Формализация и алгоритмизация процессов функционирования систем. Характеристики и поведение систем.

Описание системы. План проведения исследования системы. Математические схемы моделирования систем. Общие подходы к построению математических моделей систем. Методика разработки и машинной реализации моделей системы. Методологические аспекты моделирования. Требования к модели. Этапы моделирования систем. Построение концептуальных моделей систем и их формализация. Переход от описания к блочной модели. Подэтапы первого этапа моделирования: постановка и анализ задачи моделирования системы; требования к исходной информации и организации ее сбора; гипотезы и предположения; параметры и переменные модели; основное содержание модели; критерии оценки эффективности; процедуры аппроксимации; концептуальная модель системы и ее достоверность; техническая документация. Алгоритмизация моделей систем и их машинная реализация. Логическая схема модели; математические соотношения, достоверность модели системы; выбор инструментальных средств моделирования; план работ по программированию; спецификация и построение плана программы; верификация и проверка достоверности схемы программы; программирование; проверка достоверности программы; техническая документация. Получение и интерпретация результатов моделирования систем. Подэтапы третьего этапа моделирования: планирование машинного эксперимента с моделью; требования к вычислительным средствам; рабочие расчеты; анализ результатов моделирования; представление результатов; интерпретация результатов; подведение итогов моделирования и выдача рекомендаций; техническая документация.

Тема 3. Модели простых систем. Непрерывно–детерминированные модели. Модели, описываемые обыкновенными дифференциальными уравнениями. Задача Коши (с начальными условиями).

Численные методы реализации – метод Рунге - Кутты и его модификации. Задача с граничными условиями (краевая задача). Численная реализация метода конечных разностей (неявная схема). Модели, сводящиеся к дифференциальным уравнениям в частных производных. Задача Коши (уравнение теплопроводности). Численная реализация методом конечных разностей (явная схема). Непрерывно–стохастические модели. Регрессионные зависимости, полученные по результатам «пассивного» эксперимента. Метод наименьших квадратов. Регрессивные зависимости, полученные по результатам «активного» эксперимента. Планирование и обработка результатов «активного» эксперимента.

Тема 4. Сетевые модели и модели динамического программирования.

Задача планирования комплекса работ. Учитываемые элементы. Решаемые вопросы. Структурная таблица. Ранжирование работ. Упорядоченная структурная таблица. Сетевой график комплекса работ. Структурно–временная таблица. Сетевой график. Временной сетевой график. Критические некритические работы. Критические и некритические дуги. Критический путь. Алгоритм решения задачи сетевого планирования. Математическая формализация системы связей. Оптимизация плана комплекса работ; перераспределение ресурсов; перераспределение времени выполнения работ. Модели динамического программирования. Общая постановка задачи динамического программирования. Стандартная схема решения задачи.

Тема 5. Модели линейного программирования.

Модели линейного программирования. Общая задача линейного программирования. Основная задача линейного программирования (ОЗЛП). Каноническая форма записи ОЗЛП. Геометрическая интерпретация ОЗЛП. Симплекс – метод решения задачи линейного программирования. Транспортная задача линейного программирования. Нахождение опорного плана. Улучшение плана перевозок. Метод потенциалов.

Тема 6. Модели теории игр и марковские модели случайных процессов.

Марковские модели случайных процессов. Определение марковского процесса. Процесс с дискретными составляющими. Марковская цепь. Вероятности состояний. Переходные вероятности. Случайные процессы с дискретным и непрерывным временем. Процесс «гибели и размножения». Циклический процесс. Игровые модели обоснования решений. Задачи теории игр и статистических решений. Предмет теории игр. Основные понятия. Платежная матрица. Нижняя и верхняя цена игр. Границы минимакса. Элементы теории статистических решений в условиях определенности.

Тема 7. Модели массового обслуживания.

Задачи теории массового обслуживания. Основные понятия и определения. Предмет теории массового обслуживания. Классификация систем массового обслуживания (СМО). Характеристики эффективности обслуживания. Статистическое моделирование систем массового обслуживания. Блочный принцип построенных сложных систем. Основные, базовые модели СМО и алгоритмы их численной реализации на ЭВМ: однофазных, одноканальных СМО без приоритетов; однофазных, одноканальных СМО с приоритетами; однофазных, многоканальных СМО с приоритетами; однофазных, многоканальных СМО с приоритетами. Математическая обработка результатов статистического имитационного моделирования СМО. Оценка эффективности обслуживания заявок и эффективности работы каналов. Оптимизация СМО.

Тема 8. Имитационное моделирование систем. Стратегическое планирование машинных экспериментов по имитационному моделированию. Значение планирования. Различия между физическими экспериментами и экспериментами на ЭВМ. Цель планирования эксперимента. Метод планирования. Структурная модель. Функциональная модель. Факторный анализ. Вычисление оптимальных условий. Тактическое планирование имитационного моделирования систем. Проблема флуктуации. Начальные условия и равновесия. Определение размера выборки. Оценивание среднего значения, совокупности. Автокоррелированные данные. Использование правил автоматической остановки. Методы уменьшенных дисперсий. Стратифицированные выборки. Метод коррелированных выборок. Использование методов уменьшения дисперсий. Языковые и инструментальные средства реализации имитационного моделирования сложных систем.

Тема 9. Обработка и анализ результатов моделирования систем. Особенности фиксации и статистической обработки результатов моделирования систем на ЭВМ. Особенности машинных экспериментов. Методы оценки. Статистические методы обработки. Задачи обработки результатов моделирования. Проверка статистических гипотез с использованием критериев согласия (Стьюдента, Кохрена, Фишера, Пирсона). Анализ и интерпретация результатов машинного моделирования. Корреляционный анализ результатов моделирования. Дисперсионный анализ результатов моделирования. Регрессионный анализ результатов моделирования. Количественная оценка эффективности функционирования сложной системы (определение системы показателей качества,

выбор и обоснование обобщенного критерия качества). Алгоритм оценки показателей качества и численной реализации на ЭВМ обобщенного критерия.

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 "Математическое и имитационное моделирование"

(<https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=7969>).

Иные учебно-методические материалы: Учебно-методические документы, регламентирующие самостоятельную работу

адреса доступа к документам

<https://arz.unn.ru/sveden/document/>

https://arz.unn.ru/pdf/Metod_all_all.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 - Контрольная работа) для оценки сформированности компетенции УК-2:

Задание 1. Построить на координатной плоскости область допустимых решений и найти наибольшее и наименьшее значение линейной функции f в этой области.

$$f = 2x_1 + 3x_2 \text{ при } \begin{cases} x_1 - x_2 \leq 4 \\ 5x_1 + 3x_2 \leq 15 \\ x_1 + x_2 \leq 6 \end{cases}$$

Задание 2. Составить математическую модель задачи и решить ее симплекс-методом.

Из двух сортов муки выпекается хлеб. На хлеб «Алексеевский» идет 40% муки первого сорта и 60% муки второго сорта, на хлеб «Петровский» идет 80% муки первого сорта и 20% муки второго сорта. Доход от реализации одной буханки хлеба «Алексеевский» составляет 10 руб., а буханки хлеба «Петровский» – 12 руб. Найти план выпечки хлеба, при котором доход от реализации будет максимальным, если на складе имеется 50 т муки первого сорта и 30 т муки второго сорта.

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольная работа) для оценки сформированности компетенции ПК-9:

Задание. Используя симплекс-метод, решить следующие задачи

1. $f = 3x_1 + 2x_3 - 6x_6 \rightarrow \max$

при

$$\begin{cases} 2x_1 + x_2 - 3x_3 + 6x_6 = 18 \\ -3x_1 + 2x_3 + x_4 - 2x_6 = 24 \\ x_1 + 3x_3 + x_5 - 4x_6 = 36 \\ x_1, \dots, x_6 \geq 0 \end{cases}$$

2. $f = 2x_1 + 3x_2 - x_4 \rightarrow \max$

при

$$\begin{cases} 2x_1 - x_2 - 2x_4 + x_5 = 16 \\ 3x_1 + 2x_2 + x_3 - 3x_4 = 18 \\ -x_1 + 3x_2 + 4x_4 + x_6 = 24 \\ x_1, \dots, x_6 \geq 0 \end{cases}$$

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольная работа)

Оценка	Критерии оценивания
отлично	выставляется студенту, если представленная контрольная работа выполнена полностью без ошибок и недочетов
хорошо	выставляется студенту, если представленная контрольная работа выполнена полностью, но при наличии в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, не более трех недочетов
удовлетворительно	выставляется студенту, если представленная им контрольная работа выполнена правильно не менее чем на 2/3 всей работы или в работе допущены не более одной грубой ошибки и двух недочетов, не более одной грубой и одной негрубой ошибки, не более трех негрубых ошибок, одной негрубой ошибки и трех недочетов, при наличии четырех-пяти недочетов
неудовлетворительно	выставляется студенту, если число ошибок и недочетов в работе превысило норму для оценки 3 или правильно выполнено менее 2/3 всей работы

5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции УК-2:

1. Случайные факторы модели приближенно можно заменить не случайными когда

- A. распределение случайных факторов известно
- B. диапазон их разброса сравнительно мал
- C. невозможно определить характер их изменений
- D. известно их математическое ожидание
- E. объект реализует свою функцию многократно

2. **Метод оптимизации в среднем можно использовать если объект реализует свои функции многократно и относительно случайных факторов известно**

- A. дисперсия
- B. математическое ожидание
- C. данные измерений
- D. совместное распределение
- E. диапазон изменения

3. **Игра называется парной тогда, когда**

- A. все партнеры выступают как два противника
- B. партнеры имеют по две стратегии
- C. игра содержит только две стратегии
- D. все партнеры сгруппированы в пары

4. **Формулировка принципа оптимальности: Оптимальная стратегия обладает свойством оптимальности**

- A. функции выигрыша на всех предыдущих шагах
- B. на предыдущих шагах процесса
- C. функции выигрыша на каждом шаге
- D. функции выигрыша на всех последующих шагах
- E. начиная с данного шага и до конца процесса

5. **Временной резерв это**

- A. срок окончания самой «длинной» работы
- B. время, на которое может быть задержана работа без ущерба для общего срока
- C. сумма времени критических работ
- D. срок окончания последней работы
- E. срок окончания комплекса работ

6. **Нижней ценой игры называется**

- A. максимальный выигрыш при наилучших (для него) действиях противника
- B. минимальный проигрыш при данной стратегии
- C. минимальная ставка хода
- D. минимальный выигрыш при данной стратегии
- E. минимальная ставка игры

7. **Ранг работы есть**

- A. принадлежность работы к критическому пути
- B. максимальный ранг работ, на которые она опирается
- C. ее порядковый номер
- D. максимальный ранг работ, на которые она опирается плюс один
- E. максимальный ранг предшествующих работ минус один

5.1.4 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ПК-9:

Чтобы свести задачу ЛП с ограничениями в виде неравенств к ОЗЛП необходимо

- A. включить добавочные переменные в ограничения и целевую функцию
- B. включить добавочные переменные в ограничения
- C. изменить целевую функцию
- D. включить добавочные переменные в целевую функцию

Постановка задачи ЛП о пищевом рационе выполнена при условии

- A. необходимого количества продуктов
- B. сбалансированности питания
- C. минимизации стоимости рациона
- D. необходимой пищевой ценности
- E. заданной диеты

Недостатком линейного составного критерия является

- A. частные показатели могут быть несоизмеримы
- B. отсутствие объективных оценок весовых коэффициентов
- C. частные показатели могут обращаться в нуль
- D. сложность использования методов численной оптимизации

Критерии оценивания (оценочное средство - Тест)

Оценка	Критерии оценивания
отлично	85-100% правильных ответов
хорошо	66-84 % правильных ответов
удовлетворительно	50-65 % правильных ответов
неудовлетворительно	меньше 50 %

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

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	отлично
	не зачтено	зачтено		
<u>Знания</u>	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, без ошибок
<u>Умения</u>	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 с отдельными незначительными недочетами, выполнены все задания в полном объеме

<u>Навыки</u>	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов
---------------	---	---	---	--

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	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»
	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».

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. Системность, как общее свойство окружающего мира.
2. Система и окружающая среда.
3. Системный анализ, как общий подход к исследованию систем.
4. Моделирование, как метод научного познания.
5. Общая характеристика проблемы моделирования систем.
6. Классификация видов моделирования систем.
7. Стохастические модели. Построение простого линейного уравнения регрессии методом наименьших квадратов.
8. Стохастические модели. Построение множественного линейного уравнения регрессии методом наименьших квадратов.
9. Стохастические модели. Построение нелинейного уравнения регрессии с использованием метода выравнивания.
10. Сетевой график комплекса работ. Временной сетевой график.
11. Алгоритм решения задачи сетевого планирования комплекса работ.
12. Оптимизация плана комплекса работ.
13. Постановка задачи линейного программирования.
14. Основная задача линейного программирования и его каноническая форма записи.
15. Общий алгоритм решения задачи динамического программирования.
16. Марковский случайный процесс с дискретным состоянием.
17. Поток событий. Простейший поток и его свойства.
18. Задачи и предмет теории игр и статистических решений.
19. Теория статистических решений. Основные положения.
20. Общая постановка задачи теории массового обслуживания.
21. Классификация и описание систем массового обслуживания.

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-9

1. Возможности и эффективность моделирования систем на вычислительных машинах.
2. Основные подходы к построению математических моделей систем. Типовые математические схемы.
3. Методика разработки и машинной реализации моделей систем.
4. Построение потенциальных моделей систем и их формализация.
5. Алгоритмизация моделей систем и их машинная реализация.
6. Получение и интерпретация результатов моделирования систем.
7. Непрерывно-детерминированная модель задачи Коши и ее реализация с использованием численных методов Эйлера и его модификаций.
8. Непрерывно-детерминированная модель краевой задачи и ее численная реализация с использованием метода конечных разностей (неявная схема).
9. Непрерывно-детерминированная модель процесса распространения тепла. Уравнение теплопроводности Фурье и его численное решение методом конечных разностей (явная схема).
10. Планирование эксперимента. Построение множественного линейного уравнения регрессии по результатам полного факторного эксперимента.
11. Планирование эксперимента. Построение множественного линейного уравнения регрессии по результатам дробного факторного эксперимента.
12. Задача планирования комплекса работ с использованием метода сетевого планирования. Постановка задачи.
13. Геометрическая интерпретация основной задачи линейного программирования.
14. Симплекс-метод решения задачи линейного программирования; алгоритм его реализации.
15. Табличный алгоритм замены базисных переменных.
16. Симплекс-метод. Отыскание опорного решения.
17. Симплекс-метод. Отыскание оптимального решения.
18. Постановка транспортной задачи линейного программирования.
19. Нахождение опорного плана транспортной задачи.
20. Улучшение плана перевозок в транспортной задаче.
21. Решение транспортной задачи методом потенциалов.
22. Задачи динамического программирования. Общие характеристики.
23. Общая постановка задачи динамического программирования. Интерпретация управления в фазовом пространстве.
24. Случайные процессы с дискретным и непрерывным временем. Марковская цепь.
25. Марковский процесс с дискретными состояниями и непрерывным временем.
26. Марковский процесс «гибели и размножения».
27. Циклический марковский процесс.
28. Метод статистических испытаний, как основной метод моделирования при отсутствии аналитической модели.
29. Реализация теории игр на основе платежных матриц, нижних и верхних цен игры и принципа минимакса.
30. Алгоритм имитационной модели одноканальной, однофазной системы массового обслуживания без приоритетов.
31. Алгоритм имитационной модели однофазной, одноканальной системы массового обслуживания с приоритетами.
32. Алгоритм имитационной модели однофазной, многоканальной системы массового обслуживания без приоритетов.
33. Методы теории планирования эксперимента.
34. Стратегическое планирование машинных экспериментов по имитационному моделированию.
35. Тактическое планирование машинных экспериментов по имитационному моделированию.
36. Статистическая обработка результатов имитационного моделирования.
37. Алгоритм и общие принципы проверки статистических гипотез.
38. Методика и алгоритм проведения корреляционного анализа результатов имитационного моделирования.
39. Методика и алгоритм проведения регрессионного анализа результатов имитационного моделирования.
40. Методика и алгоритм проведения дисперсионного анализа результатов имитационного моделирования.
41. Оценка адекватности модели сложной системы.

42. Оценка эффективности функционирования сложной системы по результатам имитационного моделирования.

43. Сравнительный анализ языков моделирования.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
отлично	сформированность компонентного состава (индикаторов) компетенций соответствует требованиям компетентностной модели будущего выпускника на данном этапе обучения, основанным на требованиях ОС ННГУ по направлению подготовки, студент готов самостоятельно решать стандартные и нестандартные профессиональные задачи в предметной области дисциплины в соответствии с типами задач профессиональной деятельности осваиваемой образовательной программы
хорошо	сформированность компонентного состава (индикаторов) компетенций соответствует требованиям компетентностной модели будущего выпускника на данном этапе обучения, основанным на требованиях ОС ННГУ по направлению подготовки, но студент готов самостоятельно решать только различные стандартные профессиональные задачи в предметной области дисциплины в соответствии с типами задач профессиональной деятельности осваиваемой образовательной программы
удовлетворительно	сформированность компонентного состава (индикаторов) компетенций соответствует в целом требованиям компетентностной модели будущего выпускника на данном этапе обучения, основанным на требованиях ОС ННГУ по направлению подготовки, но студент способен решать лишь минимум стандартных профессиональных задач в предметной области дисциплины в соответствии с типами задач профессиональной деятельности осваиваемой образовательной программы
неудовлетворительно	сформированность компонентного состава (индикаторов) компетенций не соответствует требованиям компетентностной модели будущего выпускника на данном этапе обучения, основанным на требованиях ОС ННГУ по направлению подготовки, студент не готов решать профессиональные задачи в предметной области дисциплины в соответствии с типами задач профессиональной деятельности осваиваемой образовательной программы

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

Основная литература:

1. Безруков Алексей Иосифович. Математическое и имитационное моделирование : Учебное пособие / Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, ф-л Саратовский социально-экономический институт. - Москва : ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2019. - 227 с. - Профессиональное образование. - ISBN 978-5-16-012709-5. - ISBN 978-5-16-103017-2., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=625362&idb=0>.

2. Вьюненко Л. Ф. Имитационное моделирование : учебник и практикум / Л. Ф. Вьюненко, М. В. Михайлов, Т. Н. Первозванская ; под редакцией Л. Ф. Вьюненко. - Москва : Юрайт, 2022. - 283 с. - (Высшее образование). - URL: <https://urait.ru/bcode/489074> (дата обращения: 14.08.2022). - ISBN 978-5-534-01098-5 : 1139.00. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=818374&idb=0>.
3. Моделирование процессов и систем : учебник и практикум / Е. В. Стельмашонок, В. Л. Стельмашонок, Л. А. Еникеева, С. А. Соколовская ; под редакцией Е. В. Стельмашонок. - Москва : Юрайт, 2022. - 289 с. - (Высшее образование). - URL: <https://urait.ru/bcode/489931> (дата обращения: 14.08.2022). - ISBN 978-5-534-04653-3 : 1159.00. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=820547&idb=0>.
4. Моделирование систем и процессов / под ред. Волковой В.Н., Козлова В.Н. - Москва : Юрайт, 2022. - 450 с. - (Высшее образование). - URL: <https://urait.ru/bcode/489154> (дата обращения: 05.01.2022). - ISBN 978-5-9916-7322-8 : 1359.00. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=785479&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Советов Б. Я. Моделирование систем. Практикум : учебное пособие для бакалавров / Б. Я. Советов, С. А. Яковлев. - 4-е изд. ; пер. и доп. - Москва : Юрайт, 2022. - 295 с. - (Бакалавр. Академический курс). - URL: <https://urait.ru/bcode/509143> (дата обращения: 14.08.2022). - ISBN 978-5-9916-2858-7 : 949.00. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=821720&idb=0>.
2. Тарасик Владимир Петрович. Математическое моделирование технических систем : Учебник / Белорусско-Российский университет. - 1. - Москва : ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2022. - 592 с. - ВО - Бакалавриат. - ISBN 978-5-16-011996-0. - ISBN 978-5-16-104762-0., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=837792&idb=0>.
3. Королев А. В. Экономико-математические методы и моделирование / Королев А. В. - Москва : Юрайт, 2022. - 280 с. - (Высшее образование). - URL: <https://urait.ru/bcode/490234> (дата обращения: 05.01.2022). - ISBN 978-5-534-00883-8 : 899.00. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=785207&idb=0>.

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

Лицензионное программное обеспечение: Операционная система Windows.

Лицензионное программное обеспечение: MicrosoftOffice.

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Российский индекс научного цитирования (РИНЦ), платформа Elibrary: национальная информационно-аналитическая система. Адрес доступа: http://elibrary.ru/project_risc.asp

ГАРАНТ. Информационно-правовой портал [Электронный ресурс]. – Адрес доступа: <http://www.garant.ru>

MathSciNet: информационно-библиографическая и реферативная база данных по математике, в т.ч. прикладной математике и статистике. Электронная версия MathematicalReviews. Адрес доступа:

<http://www.ams.org/mathscinet>

Math-Net.Ru: Общероссийский математический портал. Адрес доступа: <http://www.mathnet.ru/>

Свободно распространяемое программное обеспечение:

программное обеспечение LibreOffice;
программное обеспечение YandexBrowser;
программное обеспечение Paint.NET;
программное обеспечение PascalABC.NET

Электронные библиотечные системы и библиотеки:

Электронная библиотечная система "Лань" <https://e.lanbook.com/>
Электронная библиотечная система "Консультант студента" <http://www.studentlibrary.ru/>
Электронная библиотечная система "Юрайт" <http://www.urait.ru/ebs>
Электронная библиотечная система "Znanium" <http://znanium.com/>
Электронно-библиотечная система Университетская библиотека ONLINE <http://biblioclub.ru/>

Фундаментальная библиотека ННГУ www.lib.unn.ru/

Сайт библиотеки Арзамасского филиала ННГУ. – Адрес доступа: lib.arz.unn.ru

Ресурс «Массовые открытые онлайн-курсы Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского»
<https://mooc.unn.ru/>

Портал «Современная цифровая образовательная среда Российской Федерации»
<https://online.edu.ru/public/promo>

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): Володин Андрей Михайлович, кандидат педагогических наук, доцент
Статуев Алексей Анатольевич, кандидат педагогических наук, доцент.

Рецензент(ы): Ямпурин Николай Петрович, доктор технических наук.

Заведующий кафедрой: Нестерова Лариса Юрьевна, кандидат педагогических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 10.01.2024 г., протокол № 1.

