

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Антипова Наталья Викторовна
Должность: и.о. директора филиала
Дата подписания: 29.06.2026 18:18:30
Уникальный программный ключ:
fae5412acb1bf810dc69e6bc004ac45622b84b3a

Приложение 3
к основной профессиональной образовательной программе
по направлению подготовки
09.03.02 «Системы и технологии искусственного интеллекта»
профиль программы
«Системы и технологии искусственного интеллекта»

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова»**

Улан-Баторский филиал РЭУ им. Г.В. Плеханова



Одобрено
На заседании Совета Улан-Баторского
филиала РЭУ им. Г.В. Плеханова
Протокол № 3 от 23 октября 2025 г.
Председатель совета
Н.В. Антипова

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.11 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Направление подготовки 09.03.02	Информационные системы и технологии
Направленность (профиль) программы	«Системы и технологии искусственного интеллекта»
Уровень высшего образования	Бакалавриат

Год начала подготовки 2026

Улан-Батор – 2025 г.

Рабочая программа одобрена на заседании междисциплинарной кафедры Улан-Баторского филиала РЭУ им. Г.В. Плеханова

протокол № 3 от 23 октября 2025 г.

СОДЕРЖАНИЕ

I. ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ ОШИБКА! ЗАКЛАДКА НЕ ОПРЕДЕЛЕНА.

Цель и задачи освоения дисциплины.....	4
Место дисциплины в структуре образовательной программы	ОШИБКА! ЗАКЛАДКА НЕ ОПРЕДЕЛЕНА.
Объем дисциплины и виды учебной работы	ОШИБКА! ЗАКЛАДКА НЕ ОПРЕДЕЛЕНА.
Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине	5

II. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ ОШИБКА! ЗАКЛАДКА НЕ ОПРЕДЕЛЕНА.

III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ ОШИБКА! ЗАКЛАДКА НЕ ОПРЕДЕЛЕНА.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	9
ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННО-СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ	ОШИБКА! ЗАКЛАДКА НЕ ОПРЕДЕЛЕНА.
ПЕРЕЧЕНЬ ЭЛЕКТРОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ.....	ОШИБКА! ЗАКЛАДКА НЕ ОПРЕДЕЛЕНА.
ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ	ОШИБКА! ЗАКЛАДКА НЕ ОПРЕДЕЛЕНА.
ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ "ИНТЕРНЕТ", НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	ОШИБКА! ЗАКЛАДКА НЕ ОПРЕДЕЛЕНА.
ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ	ОШИБКА! ЗАКЛАДКА НЕ ОПРЕДЕЛЕНА.
МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ....	ОШИБКА! ЗАКЛАДКА НЕ ОПРЕДЕЛЕНА.

IV. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....11

V. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ ЗНАНИЙ И УМЕНИЙ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ.....11

VI. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ.....11

І. ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Цель и задачи освоения дисциплины

Цель учебной дисциплины «Математическое моделирование» – формирование у студентов комплекса теоретических и методологических знаний в области современных подходов к математическому моделированию реальных объектов и процессов с привлечением цифровых технологий.

Задачи дисциплины «Математическое моделирование», соотнесённые с индикатором «Применяет полученные знания в области методов математического анализа и моделирования для решения прикладных задач в профессиональной деятельности»:

- изучение понятийного аппарата, основных теоретических положений и методов математического моделирования;
- овладение навыками практического применения методов математического моделирования с использованием специализированного программного обеспечения (цифровых технологий).

Место дисциплины в структуре ОПОП ВО (основной профессиональной образовательной программы высшего образования)

Дисциплина «Математическое моделирование» относится к обязательной части.

Объём дисциплины и виды учебной работы

Таблица 1

Показатели объема дисциплины	Всего часов по формам обучения		
	очная	очно-заочная	заочная
Объем дисциплины в зачетных единицах	3 ЗЕТ		
Объем дисциплины в акад. часах	108		
Промежуточная аттестация: форма	экзамен	-	-
Контактная работа обучающихся с преподавателем (Контакт. часы), всего:	42/46	-	-
1. Аудиторная работа (Ауд.), акад. часов всего, в том числе:	42	-	-
• лекции	12	-	-
• практические занятия	30	-	-
• лабораторные занятия	-	-	-
в том числе практическая подготовка	-	-	-
2. Индивидуальные консультации (ИК)	-	-	-
3. Контактная работа по промежуточной аттестации (Катт) (зачет, зачет с оценкой, в т.ч. заполняется при наличии по дисциплине курсовых работ/проектов)	-	-	-
4. Консультация перед экзаменом (КЭ)	2	-	-

5. Контактная работа по промежуточной аттестации в период экз. сессии / сессии заочников (Каттэк)	2	-	-
Самостоятельная работа (СР), всего:	62	-	-
в том числе:			
• самостоятельная работа в период экз. сессии (СРэк)	32	-	-
1. самостоятельная работа в семестре (СРс)	30	-	-
в том числе, самостоятельная работа на курсовую работу <i>(заполняется при наличии по дисциплине курсовых работ/проектов)</i>	-	-	-
2. изучение ЭОР <i>(при наличии)</i>	-	-	-
3. изучение онлайн-курса или его части	-	-	-
4. выполнение индивидуального и группового проектов	12	-	-
5. выполнение расчётно-аналитических заданий	8	-	-

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

Таблица 2

Формируемые компетенции (код и наименование компетенции)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование индикатора)	Результаты обучения (знания, умения)
ОПК-1. Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности.	ОПК-1.1. Применяет полученные знания в области методов математического анализа и моделирования для решения прикладных задач в профессиональной деятельности.	ОПК-1.1. З-1. Знает основные методы математического анализа и моделирования для решения прикладных задач в профессиональной деятельности
		ОПК-1.1. У-1. Умеет применять методы математического анализа и моделирования для решения прикладных задач в профессиональной деятельности

Изучение дисциплины необходимо для успешного прохождения практики.

II. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
этапы формирования и критерии оценивания сформированности компетенций

№ п/ п	Наименование раздела, темы дисциплины	Трудоемкость, академические часы						Индикаторы достижения компетенций	Результаты обучения (знания, умения)	Учебные задания для аудиторных занятий	Текущий контроль	Задания для творческого рейтинга (по теме(-ам)/ разделу или по всему курсу в целом)
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Практическая подготовка	Самостоятельная работа	Всего					
Семестр 4												
1.	Тема 1. Введение в математическое моделирование. Базовые понятия и терминология. Концептуальные основы математического моделирования. Основные принципы математического моделирования. Классификация видов моделирования. Этапы построения математической модели	2	-	-	-	2	4	ОПК-1	ОПК-1.1. 3-1.	О.	-	-
2.	Тема 2. Аналитическое моделирование. 2.1. Моделирование на основе математического аппарата дифференциального исчисления: модели динамики численности популяций; модели экономических процессов. 2.2. Моделирование на основе математического аппарата матричных вычислений: модели межотраслевого баланса..	2	8	-	-	14	24	ОПК-1	ОПК-1.1. 3-1. ОПК-1.1. У-1.	О.	Р.а.з.	-

3.	Тема 3. Интеллектуальное моделирование. 3.1. Нечёткое моделирование. 3.1.1. Основы нечёткой логики и теории нечётких множеств. 3.1.2. Нечёткие модели: структура, основные элементы и операции; свойства правил, баз правил и моделей; типы моделей; моделирование на основе экспертных знаний о системе. 3.1.3. Технология нечёткого моделирования в инструментальной среде MatLab: базовая архитектура системы нечёткого логического вывода; структура Fuzzy Logic Toolbox; процесс разработки системы нечёткого логического вывода в интерактивном режиме; моделирование прикладных систем. 3.2. Когнитивное моделирование. 3.2.1. Теоретические основы: основные понятия; виды и методы построения когнитивных карт; правила распространения импульсного процесса. 3.2.2. Технология когнитивного моделирования: технологическая схема и основные этапы процесса моделирования; расчёт системных показателей; формирование множества альтернатив; статическое и динамическое моделирование; отбор альтернатив на основе математического аппарата импульсных процессов; методы получения прогноза развития ситуации при моделировании детерминированных и недетерминированных когнитивных карт. 3.3. Компьютерная реализация моделей. 3.3.1. Компьютерные системы моделирования когнитивных карт. 3.3.2. Получение прогноза развития ситуации при моделировании недетерминированных	5	10	-	-	22	37	ОПК-1	ОПК-1.1. 3-1. ОПК-1.1. У-1.	Гр.д.	К/р.	Гр.п.; Гр.п.
----	---	---	----	---	---	----	----	-------	--------------------------------	-------	------	--------------

	когнитивных карт. Реализация технологии когнитивного моделирования в выбранной компьютерной системе.											
4.	Тема 4. Имитационное моделирование. 4.1. Технологии имитационного моделирования: статистический эксперимент; дискретно-событийные системы; критерии качества имитационной модели. 4.2. Теоретические основы имитационного моделирования: моделирование случайных величин, событий и процессов; метод Монте-Карло; управление модельным временем. 4.3. Инструментальные средства имитационного моделирования. 4.2. Примеры построения имитационных моделей экономических систем и процессов: моделирование риска инвестиционного проекта; моделирование систем массового обслуживания.	3	12	-	-	24	39	ОПК-1	ОПК-1.1. 3-1. ОПК-1.1. У-1.	О.	Р.а.з.	Ин.п.
	Итого	12	30			62	104					

III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная литература:

1. Введение в математическое моделирование: учебное пособие / В. Н. Ашихмин, М. Б. Гитман, И. Э. Келлер [и др.]; под ред. П. В. Трусова. - Москва: Логос, 2020. - 440 с. - ISBN 978-5-98704-637-1. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1211604>
2. Методы оптимальных решений: учебник / Мастяева И.Н., Горемыкина Г.И., Семенихина О.Н. - Москва: КУРС, НИЦ ИНФРА-М, 2018. - 384 с. - ISBN 978-5-905554-24-7. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/944821>

Дополнительная литература:

1. Вьюненко, Л. Ф. Имитационное моделирование: учебник и практикум для вузов / Л. Ф. Вьюненко, М. В. Михайлов, Т. Н. Первозванская; под редакцией Л. Ф. Вьюненко. — Москва: Юрайт, 2021. — 283 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01098-5. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/468997>
2. Горбаченко, В. И. Интеллектуальные системы: нечёткие системы и сети: учебное пособие для вузов / В. И. Горбаченко, Б. С. Ахметов, О. Ю. Кузнецова. — 2-е изд., испр. и доп. — М.: Юрайт, 2019. — 105 с. — ISBN 978-5-534-08359-0. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/444125>
3. Назаров, Д. М. Интеллектуальные системы: основы теории нечётких множеств: учебное пособие для академического бакалавриата / Д. М. Назаров, Л. К. Коньшева. — 3-е изд., испр. и доп. — М.: Юрайт, 2020. — 186 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-07496-3. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/453458>
4. Практикум по дисциплине «Имитационное моделирование»/сост. Н.А. Щукина. — М.: ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г.В. Плеханова», 2029. — 56 с. ISBN 978-5-7307-1429-8.
5. Крюкова, О. Г. Численные методы линейной алгебры: учебное пособие. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Магистр, 2021. — 528 с. - ISBN 978-5-16-109374-0. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1238539>

Нормативно-правовые документы

1. ГОСТ 19.701-90 СХЕМЫ АЛГОРИТМОВ, ПРОГРАММ, ДАННЫХ И СИСТЕМ

ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННО-СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. <http://www.consultant.ru/> - Консультант Плюс;
2. <http://www.garant.ru/> - Гарант.
3. Mathcad-справочник по высшей математике - <http://www.exponenta.ru/soft/mathcad/learn/learn.aspire>

ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ

1. <http://www.gks.ru/> - Росстат – федеральная служба государственной статистики
2. <http://www.iep.ru/ru/publikacii/categories.html> - Федеральный образовательный портал. Экономика. Социология. Менеджмент
3. <https://www.nalog.ru/rn39/program/> - База программных средств налогового учёта
4. <https://rosmintrud.ru/opendata> - База открытых данных Минтруда России
5. www.economy.gov.ru - Базы данных Министерства экономического развития и торговли России

ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ "ИНТЕРНЕТ", НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1. FAQ: Fuzzy Logic and Fuzzy Expert Systems
[<http://www.faqs.org/faqs/fuzzy-logic/part1/>].
2. Fuzzy Logic Toolbox - Проектирование систем управления
[<http://matlab.exponenta.ru/fuzzylogic/index.php>].
3. Российская ассоциация нечётких систем и мягких вычислений (РАНСМВ)
[<http://ransmv.narod.ru/index.html>].
4. Консалтинговая сеть International Fuzzy Economic Lab (IFEL). Применение нечёткой логики в экономике.
[<http://www.ifel.ru/library/29-fuzzyeconomics.html/>]
5. Российская ассоциация искусственного интеллекта.
[<http://raai.org/>].
6. Введение в моделирование знаний.
[http://www.makhfi.com/KCM_intro.htm].

ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ (ПРИ НЕОБХОДИМОСТИ)

Операционная система Windows 10, Microsoft Office Professional Plus: 2019 год (MS Word, MS Excel, MS Power Point, MS Access)
Антивирус Dr.Web Desktop Security Suite Комплексная защита
Браузер Google Chrome
MATLAB+Simulink

МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «*Математическое моделирование*» обеспечена:

- для проведения занятий лекционного типа:

учебной аудиторией для проведения занятий лекционного типа, оборудованной мультимедийными средствами обучения для демонстрации лекций-презентаций, учебно-наглядными пособиями, набором демонстрационного оборудования;

- для проведения занятий семинарского типа (практические занятия):

учебной аудиторией, оборудованной учебной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации: служащими для представления учебной информации обучающимся;

- для самостоятельной работы:

помещением для самостоятельной работы, оснащенным компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде Филиала.

IV. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

- Методические рекомендации по организации и выполнению внеаудиторной самостоятельной работы.

V. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ ЗНАНИЙ И УМЕНИЙ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

Результаты текущего контроля и промежуточной аттестации формируют рейтинговую оценку работы обучающегося. Распределение баллов при формировании рейтинговой оценки работы обучающегося осуществляется в соответствии с «Положением о рейтинговой системе оценки успеваемости и качества знаний студентов в процессе освоения дисциплины *«Математическое моделирование»* в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова».

Таблица 4

Виды работ	Максимальное количество баллов
Выполнение учебных заданий на аудиторных занятиях	20
Текущий контроль	20
Творческий рейтинг	20
Промежуточная аттестация (экзамен/зачет/зачет с оценкой)	40
ИТОГО	100

В соответствии с Положением о рейтинговой системе оценки успеваемости и качества знаний обучающихся «преподаватель кафедры, непосредственно ведущий занятия со студенческой группой, обязан проинформировать группу о распределении рейтинговых баллов по всем видам работ на первом занятии учебного модуля (семестра), количестве модулей по учебной дисциплине, сроках и формах контроля их освоения, форме промежуточной аттестации, снижении баллов за несвоевременное выполнение выданных заданий. Обучающиеся в течение учебного модуля (семестра) получают информацию о текущем количестве набранных по дисциплине баллов через личный кабинет студента».

VI. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ¹

Оценочные средства по дисциплине разработаны в соответствии с Положением о фонде оценочных средств в федеральном государственном

¹ В данном разделе приводятся примеры оценочных средств

бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова».

Тематика курсовых работ

Курсовая работа по дисциплине «Математическое моделирование» не предусмотрена.

Типовой перечень вопросов к экзамену

Тема 1

1. Концептуальные основы математического моделирования.
2. Основные принципы математического моделирования.
3. Классификация видов моделирования.
4. Этапы построения математической модели.
5. Достоинства и недостатки различных подходов к моделированию систем и процессов.

Тема 2

6. Модели динамики численности популяций: модель Мальтуса.
7. Модели динамики численности популяций: модель Ферхюльста.
8. Модель «затраты-выпуск».
9. Линейная модель торговли.

Тема 3

10. Определение нечёткого множества.
11. Определение нечёткой и лингвистической переменных.
12. Характеристические параметры (показатели) нечёткого множества.
13. Типы функций принадлежности нечётких множеств. Рекомендации по построению функций принадлежности нечётких множеств.
14. Принцип обобщения.
15. Арифметические операции над нечёткими числами.
16. Пересечение и объединение нечётких множеств.
17. Нечёткие отношения.
18. Нечёткая импликация.
19. Нечёткие высказывания и операции над ними.
20. Нечёткие отношения и операции над ними.
21. Нечёткая база правил (знаний).
22. Композиционное правило вывода Заде.
23. Структура, основные элементы и операции в нечётких моделях.
24. Фаззификация.
25. Вывод. Обобщённое правило вывода Modus Ponens.
26. Дефаззификация результирующей функции принадлежности вывода из базы правил (знаний).
27. Свойства правил, баз правил и нечётких моделей. Локальный характер правил.
28. Свойства правил, баз правил и нечётких моделей. Зависимость количества правил от количества входных параметров и нечётких множеств.
29. Полнота нечёткой модели.
30. Непротиворечивость базы правил. Связность базы правил.
31. Типы нечётких моделей. Модели Мамдани.
32. Типы нечётких моделей. Модели Такаги-Сугено.
33. Нечёткое моделирование на основе экспертных знаний о системе.
34. Структура Fuzzy Logic Toolbox.
35. Исследование способов формирования нечётких множеств и операций над ними в Fuzzy Logic Toolbox.

36. Процесс разработки системы нечёткого логического вывода в интерактивном режиме.
37. Нечёткое моделирование прикладных систем с помощью Fuzzy Logic Toolbox.
38. Формальное определение когнитивной карты.
39. Виды и методы построения когнитивных карт.
40. Правила распространения импульсного процесса.
41. Технологическая схема и основные этапы процесса когнитивного моделирования.
42. Расчёт системных показателей.
43. Статическое и динамическое моделирование когнитивных карт.
44. Отбор альтернатив на основе математического аппарата импульсных процессов.
45. Методы получения прогноза развития ситуации при моделировании детерминированных когнитивных карт.
46. Методы получения прогноза развития ситуации при моделировании недетерминированных когнитивных карт.
47. Компьютерные системы моделирования когнитивных карт.

Тема 4

48. Технологии имитационного моделирования.
49. Критерии качества имитационной модели.
50. Моделирование дискретных случайных величин.
51. Моделирование случайных событий.
52. Моделирование непрерывных случайных величин.
53. Моделирование «реалистичных» распределений.
54. Метод Монте-Карло.
55. Управление модельным временем.
56. Моделирование систем массового обслуживания: одноканальная СМО с отказами.
57. Моделирование систем массового обслуживания: одноканальная СМО с ожиданием и ограниченной очередью.
58. Моделирование систем массового обслуживания: одноканальная СМО с ожиданием и неограниченной очередью.
59. Моделирование систем массового обслуживания: многоканальная СМО с отказами.
60. Моделирование систем массового обслуживания: многоканальная СМО с ожиданием.

Типовые расчетно-аналитические задания/задачи:

Модель «затраты-выпуск»

В таблице содержатся данные баланса (в усл. ден. ед.) пяти отраслей промышленности за некоторый период времени:

Отрасли	Потребление					Конечный продукт	Валовый выпуск
	I	II	III	IV	V		
I	11,1	0,9	34,3	17,6	29,4	711,3	804,6
II	0	1,2	3,4	21,7	17,9	190,0	234,2
III	22,8	0	4,1	9,3	8,4	407,8	452,4
IV	19,8	0,3	23,6	6,4	14,8	663,1	728
V	24,9	0	11,3	10,8	5,4	476,5	528,9

Используя среду Microsoft Excel, найдите объём валового выпуска каждого вида продукции на перспективу при условии неизменности коэффициентов прямых затрат по сравнению с отчётными показателями, если конечный продукт по первым трём отраслям увеличить соответственно на 1,32%; 5,26%; 4,83%, а по четвёртой и пятой оставить без изменения.

Содержание каждого этапа работы

1. Составьте матрицу прямых затрат данной экономической системы.

- Используя матрицу полных затрат, выясните, является ли матрица прямых затрат продуктивной.
- Если технологическая матрица является продуктивной, то определите её запас продуктивности.
- Выясните, разрешима ли данная задача планирования.
- Найдите объём валового выпуска продукции, при увеличении конечного продукта каждой отрасли на величину, указанную в условии.
- Оцените изменение валового выпуска по сравнению с исходными величинами.

Моделирование методом Монте-Карло

Исходная информация. Фирма реализует инвестиционный проект по производству нового вида электрических розеток. В результате анализа технико-экономического обоснования проекта экспертами были выявлены

- стохастические факторы*, являющиеся ключевыми показателями проекта: объём выпуска, Q ; цена за штуку, P ; переменные затраты, V и
- детерминированные факторы*: постоянные затраты, F ; амортизация, A ; ставка налога на прибыль, T ; норма дисконта, r ; срок реализации проекта, n ; начальные инвестиции, IC .

Определены возможные диапазоны их изменений (табл.1 и табл. 2). Все стохастические факторы имеют нормальное распределение вероятностей.

Таблица 1. Вероятностные сценарии реализации проекта

Сценарий	Показатели		
	Пессимистичный	Оптимистичный	Реалистичный
Объём выпуска, Q	150	300	200
Цена за штуку, P	40	55	50
Переменные затраты, V	35	25	30

Таблица 2. Детерминированные факторы

Показатели	Наиболее вероятное значение
Постоянные затраты, F	600
Амортизация, A	120
Ставка налога на прибыль, T	60%
Норма дисконта, r	12%
Срок реализации проекта, n	6
Начальные инвестиции, IC	2500

Проведите риск-анализ инвестиционного проекта методом Монте-Карло с помощью генератора случайных чисел Microsoft Excel.

Примеры вопросов для опроса:

Тема 1.

- Концептуальные основы математического моделирования.
- Основные принципы математического моделирования.
- Классификация видов моделирования.
- Этапы построения математической модели.
- Достоинства и недостатки различных подходов к моделированию систем и процессов.

Тема 2.

- Модели динамики численности популяций: модель Мальтуса.
- Модели динамики численности популяций: модель Ферхюльста.

3. Модель «затраты-выпуск».
4. Линейная модель торговли.

Тема 4.

1. Основные положения имитационного моделирования.
2. Достоинства и недостатки имитационного моделирования.
3. Пути реализации имитационных моделей.
4. Возможности различных пакетов прикладных программ для проведения имитационного эксперимента.

Примеры тем групповых дискуссий:

Тема 3.

1. Какова структура типовой системы нечёткого логического вывода?
2. Как создаются функций принадлежности в Fuzzy Logic Toolbox?
3. Для чего нужна программа просмотра правил системы нечеткого вывода в Fuzzy Logic Toolbox?
4. Для чего нужна программа просмотра поверхности системы нечеткого вывода в Fuzzy Logic Toolbox?
5. Как называют вектор воздействий на управляемые концепты, полученный в результате анализа когнитивной модели либо заданный пользователем?
6. Возможности и перспективы использования нечётких когнитивных карт.

Примеры типовых заданий для контрольной работы:

Тема 3.

1. Даны:

$$U = \{20000; 30000; 40000; 50000; 60000; 70000; 80000; 90000; 100000\} \text{ —}$$

универсальное множество,

$$A = \{0,1 / 30000; 0,2 / 40000; 0,4 / 60000; 0,5 / 70000; 0,7 / 90000; 0,8 / 100000\} \text{ —}$$

нечёткое множество «высокая зарплата»,

$$B = \{0,8 / 20000; 0,7 / 30000; 0,6 / 40000; 0,5 / 50000; 0,4 / 60000; 0,2 / 80000; 0,1 / 100000\} \text{ —}$$

нечёткое множество «низкая зарплата».

- Назовите характеристики множеств A и B : высоту, носитель, точки перехода.
 - Найдите $A \cap B$, $A \cup B$, $\overline{A}$, $A \oplus B$, $A \cdot B$.
2. Эксперт определяет процентную ставку по рублёвым вкладам с помощью понятий «низкая процентная ставка», «средняя процентная ставка», «высокая процентная ставка», при этом минимальная ставка составляет 2%, максимальная — 13%.
 - Проведите формализацию такого описания с помощью лингвистической переменной $\langle \beta, T, X, G, M \rangle$, где
 - β – название лингвистической переменной;
 - T – множество её значений, представляющих собой наименование нечётких переменных, областью определения которых является универсальное множество X возможных значений процентной ставки по рублёвым вкладам;
 - G – синтаксическое правило, порождающее значения лингвистической переменной;
 - M – семантическое правило, которое ставит в соответствие каждой нечёткой переменной её смысл.
 - Постройте терм-множество и расширенное терм-множество; изобразите с их помощью функции принадлежности.
 3. Определите значение лингвистической переменной «Не очень сладкий и достаточно кислый», если известно, что «Сладкий» = (яблоко/0,8; ананас/0,6; лимон/0,1; манго/0,4), «Кислый» = (яблоко/0,2; ананас/0,5; лимон/0,9; манго/0,4).

Тематика групповых и/или индивидуальных проектов:

Технология нечёткого моделирования в инструментальной среде MatLab

Цель: Построение нечёткой модели на основе экспертных знаний с моделирующим алгоритмом Е. Mamdani с последующей её компьютерной реализацией в инструментальной среде MatLab.

Задание

1. Создать нечёткую модель на основе экспертных знаний с моделирующим алгоритмом Е. Mamdani. Самостоятельно предложить входные переменные и правила вывода. Количество входных переменных должно быть не менее трёх.

2. Созданную математическую модель компьютерно реализовать на основе программной системы MatLab с использованием пакета Fuzzy Logic Toolbox и интерактивного модуля fuzzy.

Примечание. Задание выполняется студентами в составе исследовательской группы из 2-3 человек.

Темы проектов

1. Нечеткое моделирование оценки риска банкротства предприятия.
2. Нечеткое моделирование оценки кредитоспособности клиентов банка.
3. Нечеткое моделирование определяемой части от максимально допустимых объёмов покупок или продаж трейдера в зависимости от ситуации на рынке.
4. Нечеткое моделирование конкурентоспособности товара.
5. Нечеткое моделирование системы поддержки принятия решений в управлении инвестиционными проектами.
6. Нечеткое моделирование системы управления автомобилем при прохождении тоннеля сложной формы.
7. Нечеткое моделирование оценки технического состояния оборудования.
8. Нечеткое моделирование оценки производственного климата в коллективе.
9. Нечеткое моделирование оценки экологических рисков.
10. Нечеткое моделирование прикладной системы (объект моделирования может быть выбран студентами самостоятельно, но обязательно должен быть согласован с преподавателем).

Нечёткие когнитивные карты

Цель: Моделирование слабо структурированных систем и управление ими на основе применения нечётких когнитивных карт.

Задание. Осуществить процесс когнитивного моделирования, представив его в виде следующей последовательности этапов.

1. Определение цели.

2. Построение нечеткой когнитивной карты.

2.1. Определение списка концептов, значимых для выбранной предметной области. Для каждого концепта необходимо определить уровневую шкалу, на которой будут задаваться значения концепта.

2.2. Определение отношений причинности (влияния) между каждой парой концептов.

2.3. Определение знака влияния (положительное или отрицательное) между каждой парой концептов, связанных отношением причинности.

2.4. Определение силы влияния между каждой парой концептов, связанных отношением причинности.

2.5. Определение начального состояния концептов.

2.6. Определение внешних влияний на концепты.

В случае группового экспертного опроса, каждый из этапов 2.1-2.6 должен завершаться согласованием полученных результатов.

3. Статическое моделирование, в рамках которого производится вычисление и анализ системных показателей нечеткой когнитивной карты. На основе полученных данных выполняется генерация базового множества альтернатив.

4. Динамическое моделирование, выполняемое при помощи математического аппарата импульсных процессов. Его результаты позволяют получить стратегии развития ситуации для каждой альтернативы с учетом внешних влияний.

Примечание. 1. В качестве инструментария использовать программную систему поддержки принятия решений («ИГЛА», «КАНВА» и др.).

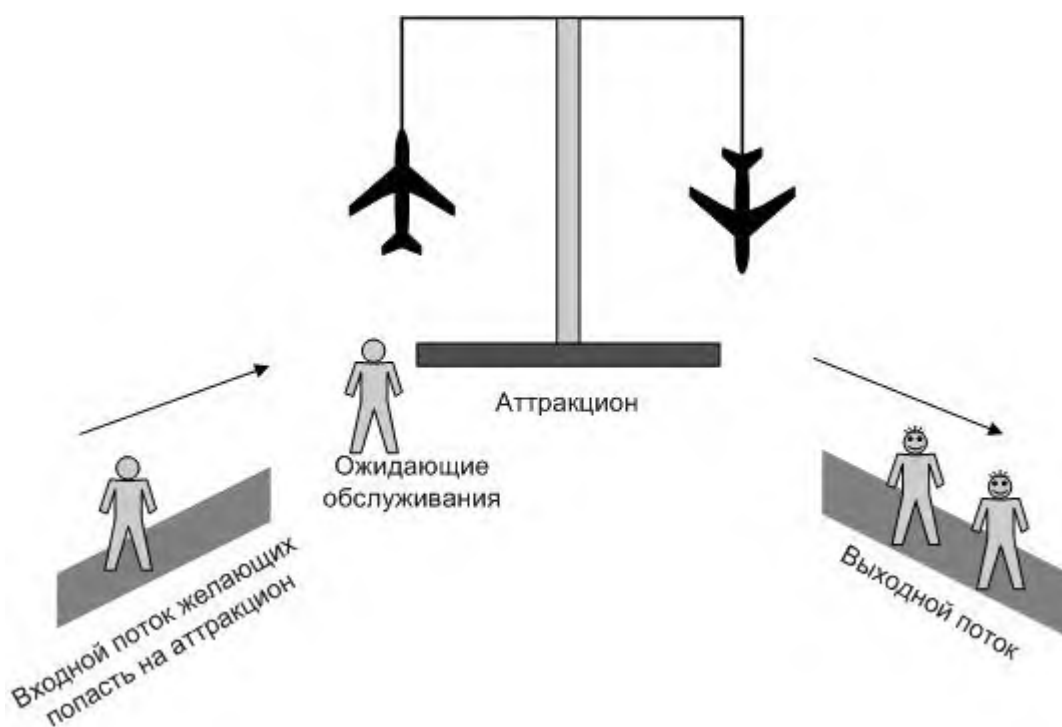
2. Задание выполняется студентами в составе исследовательской группы из 2-3 человек.

Темы проектов

1. Моделирование отношений между характеристиками кризиса и способами управления кризисом.
2. Моделирование и управление инновационным механизмом предприятия.
3. Моделирование слабо структурированной системой и управление ею. Предметная область выбирается студентами самостоятельно, но обязательно согласуется с преподавателем.

Моделирование системы массового обслуживания

1. В парке развлечений расположен аттракцион:



- Стоимость билета составляет B руб. Время между приходом двух желающих попасть на него является случайной величиной с показательным законом распределения (среднее значение равно t_z). Обслуживание начинается после того, как пришло $NGrup$ человек, а его продолжительность равна T_o . Расходы, связанные с использованием аттракциона в течение времени обслуживания, равны R руб. Выполните моделирование данной системы массового обслуживания при поступлении 10 заявок и исходных данных: $B = 50$ руб.; $t_z = 5$ мин.; $T_o = 10$ мин.; $NGrup = 3$; $R = 70$ руб.; $t_n = 9$ ч. Рассчитайте общую выручку и прибыль, время ожидания, время прихода последнего клиента.
- Используя различные значения $NGrup$ ($NGrup = 1; 2; 3; 4$), определите, как изменится прибыль и время ожидания.
 - Проведите 10 экспериментов и найдите:
 - среднее значение выручки;
 - среднее значение общего времени ожидания;
 - вероятность того, что общее время ожидания будет больше или равно 10 мин.

Типовая структура экзаменационного билета

Наименование оценочного средства	Максимальное количество баллов
Тест 1. Виды имитационного моделирования: 1) Системная динамика; агентное моделирование; дискретно-событийное моделирование. 2) Агентная динамика; системное моделирование; дискретно-событийное моделирование. 3) Системная динамика; динамическое программирование; дискретно-событийное моделирование. 4) Системная статика; агентное моделирование; дискретно-событийное моделирование. 5) Системная динамика; агентное моделирование; непрерывно-событийное моделирование.	2

Тест 2. Соответствие модели оригиналу, характеризуемое степенью близости свойств модели свойствам исследуемой системы, называется ... 1) Аналогией. 2) Адекватностью. 3) Полнотой. 4) Непротиворечивостью. 5) Логичностью.	2
Тест 3. Метод Монте-Карло основан на: 1) Анализе корреляционной функции для установления коррелированности двух случайных величин. 2) Вычислении вероятности некоторого события через противоположное событие. 3) Анализе общей, факторной и остаточной дисперсий для определения влияния некоторого фактора на случайную величину. 4) Статистических испытаниях и вычислении среднего значения, которое приближённо равно искомой величине.	2
Тест 4. Контур когнитивной карты усиливает отклонение тогда и только тогда, когда он содержит 1) нечетное число отрицательных дуг или не содержит их совсем; 2) четное число отрицательных дуг или не содержит их совсем; 3) четное число положительных дуг или не содержит их совсем; 4) нечетное число положительных дуг или не содержит их совсем.	2
Тест 5. Описание состояний, значений факторов и задание взаимовлияния факторов в нечёткой когнитивной карте осуществляется по шкале 1) {0; 1}; 2) [0; 100]; 3) {0; 100}; 4) [0, 1].	2
Тест 6. Пусть имеется система нечёткого вывода с двумя входами, x и y и одним выходом z. Модель нечёткого логического вывода Сугено использует правила следующего вида: 1) если $x - A_1$ или $y - B_1$, то $z = a_1x + b_1y + d_1$; если $x - A_2$ или $y - B_2$, то $z = a_2x + b_2y + d_2$, 2) если $x - A_1$ и $y - B_1$, то $z = a_1x + b_1y + d_1$; если $x - A_2$ и $y - B_2$, то $z = a_2x + b_2y + d_2$, 3) если $x - A_1$ и $y - B_1$, то $z = a_1x + b_1y + d_1$; если $x - A_2$ или $y - B_2$, то $z = a_2x + b_2y + d_2$, 4) если $x - A_1$ или $y - B_1$, то $z = a_1x + b_1y + d_1$; если $x - A_2$ и $y - B_2$, то $z = a_2x + b_2y + d_2$.	2
Тест 7. Функция принадлежности нечёткого множества принимает значения в отрезке 1) [-1; 1]; 2) [-1; 0]; 3) [0; 2]; 4) [0; 1].	2
Тест 8. Носителем нечёткого множества $A = \{ (0;10), (0; 20), (0,3;30), (0,6;40), (0,7;50), (0,8;60), (1;70), (0,8;80), (0,4;90), (0,1;100), (0;110) \}$ является множество 1) {10; 20; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90; 100; 110}; 2) {30; 40; 50; 60; 70; 80; 90; 100} 3) {70}; 4) {0; 0,3; 0,6; 0,7; 0,8; 1; 0,4; 0,1}.	2
Тест 9. Терм-множеством лингвистической переменной называется: 1) универсальное множество, на котором определена данная лингвистическая переменная; 2) множество значений лингвистической переменной;	2

3) множество функций принадлежности, использующиеся при определении данной лингвистической переменной; 4) множество значений нечеткой переменной, входящей в данную лингвистическую переменную.	
Тест 10. Нечёткое число называется положительным, если: 1) точки, степень принадлежности которых равна 1, являются положительными; 2) оно имеет единственную точку максимума; 3) его носитель состоит из положительных чисел; 4) его ядро состоит из положительных чисел.	2
Тест 11. Этап дефазификации заключается в: 1) построении чёткого вывода на основании нечеткого вывода; 2) построении нечёткого множества, являющегося выходным значением данной экспертной системы 3) вычислении нечёткой импликации для каждого правила; 4) другом, отличном от п.п. (1)-(3).	2
Тест 12. Ядром нечёткого множества $A=\{(0; 2), (0,1;4), (0,3;5), (0,99;6), (0,79;7), (0,7;8), (0,6;9)\}$ является 1) $\{0,99\}$; 2) $\{0\}$; 3) $\{6\}$; 4) $\emptyset$.	2
Тест 13. Синонимом понятия "вероятностная модель" является 1) Стохастическая модель. 2) Детерминированная модель. 3) Нечёткая модель.	2
Тест 14. Для изучения каких систем используется аналитическое моделирование? 1) Сравнительно простых. 2) Любых. 3) Сложных. 4) Других, отличных от п.п. (1)-(3).	2
...	
Тест 20. В чём заключается построение математической модели? 1) В определении связей между теми или иными процессами и явлениями, создании математического аппарата, позволяющего выразить количественно связь между теми или иными процессами и явлениями, между интересующими специалиста физическими величинами, и факторами, влияющими на конечный результат. 2) В определении связей между теми или иными процессами и явлениями, создании математического аппарата, позволяющего выразить количественно и качественно связь между теми или иными процессами и явлениями, между интересующими специалиста физическими величинами, и факторами, влияющими на конечный результат. 3) В определении связей между теми или иными процессами и явлениями, создании математического аппарата, позволяющего выразить количественно связь между теми или иными процессами и явлениями, между интересующими специалиста математическими величинами, и факторами, влияющими на конечный результат. 4) В определении связей между теми или иными процессами и явлениями, создании математического аппарата, позволяющего выразить количественно и качественно связь между теми или иными процессами и явлениями, между интересующими	2

специалиста математическими величинами, и факторами, влияющими на конечный результат.	
---	--

Показатели и критерии оценивания планируемых результатов освоения компетенций и результатов обучения, шкала оценивания

Таблица 5

Шкала оценивания		Формируемые компетенции	Индикатор достижения компетенции	Критерии оценивания	Уровень освоения компетенций
85 – 100 баллов	«отлично»/ «зачтено»	ОПК-1. Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности.	ОПК-1.1. Применяет полученные знания в области методов математического анализа и моделирования для решения прикладных задач в профессиональной деятельности.	Знает верно и в полном объеме: основные методы математического анализа и моделирования для решения прикладных задач в профессиональной деятельности Умеет верно и в полном объеме: применять методы математического анализа и моделирования для решения прикладных задач в профессиональной деятельности	Продвинутый
70 – 84 баллов	«хорошо»/ «зачтено»	ОПК-1. Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности.	ОПК-1.1. Применяет полученные знания в области методов математического анализа и моделирования для решения прикладных задач в профессиональной деятельности.	Знает с незначительными замечаниями: основные методы математического анализа и моделирования для решения прикладных задач в профессиональной деятельности Умеет с незначительными замечаниями: применять методы математического анализа и моделирования для решения прикладных задач в профессиональной деятельности	Повышенный
50 – 69 баллов	«удовлетворительно»/ «зачтено»	ОПК-1. Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования,	ОПК-1.1. Применяет полученные знания в области методов математического анализа и моделирования	Знает на базовом уровне, с ошибками: основные методы математического анализа и моделирования для решения прикладных	Базовый

		теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности.	для решения прикладных задач в профессиональной деятельности.	задач в профессиональной деятельности Умеет на базовом уровне, с ошибками: применять методы математического анализа и моделирования для решения прикладных задач в профессиональной деятельности	
менее 50 баллов	«неудовлетворительно»/ «не зачтено»	ОПК-1. Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности.	ОПК-1.1. Применяет полученные знания в области методов математического анализа и моделирования для решения прикладных задач в профессиональной деятельности.	Не знает на базовом уровне: основные методы математического анализа и моделирования для решения прикладных задач в профессиональной деятельности Не умеет на базовом уровне: применять методы математического анализа и моделирования для решения прикладных задач в профессиональной деятельности	Компетенции не сформированы

