

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Ястребов Олег Александрович
Должность: Ректор
Дата подписания: 26.05.2026 17:33:17
Уникальный программный ключ:
ca953a01204891083f939673078ef1a989aae18a

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»
Факультет физико-математических и естественных наук
(наименование основного учебного подразделения (ОУП)-разработчика ОП ВО)**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

(наименование дисциплины/модуля)

Рекомендована МССН для направления подготовки/специальности:

02.03.01 МАТЕМАТИКА И КОМПЬЮТЕРНЫЕ НАУКИ

(код и наименование направления подготовки/специальности)

Освоение дисциплины ведется в рамках реализации основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОП ВО):

МАТЕМАТИКА И КОМПЬЮТЕРНЫЕ НАУКИ

(наименование (профиль/специализация) ОП ВО)

2026 г.

1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Имитационное моделирование» входит в программу бакалавриата «Математика и компьютерные науки» по направлению 02.03.01 «Математика и компьютерные науки» и изучается в 6 семестре 3 курса. Дисциплину реализует Кафедра теории вероятностей и кибербезопасности. Дисциплина состоит из 4 разделов и 8 тем и направлена на изучение программных средств имитационного моделирования и методологии имитационного моделирования.

Целью освоения дисциплины является изучение фундаментальных основ теории моделирования информационных систем и протекающих в них процессов, методик разработки компьютерных моделей, методов и средства осуществления имитационного моделирования и обработки результатов вычислительных экспериментов, формирование представления о работе с современными инструментальными системами моделирования.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины «Имитационное моделирование» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций (части компетенций):

Таблица 2.1. Перечень компетенций, формируемых у обучающихся при освоении дисциплины (результаты освоения дисциплины)

Шифр	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции (в рамках данной дисциплины)
ОПК-1	Способен консультировать и использовать фундаментальные знания в области математического анализа, комплексного и функционального анализа алгебры, аналитической геометрии, дифференциальной геометрии и топологии, дифференциальных уравнений, дискретной математики и математической логики, теории вероятностей, математической статистики и случайных процессов, численных методов, теоретической механики в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Обладает базовыми знаниями, полученными в области математических и (или) естественных наук; ОПК-1.2 Умеет использовать базовые знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, в профессиональной деятельности; ОПК-1.3 Имеет навыки выбора методов решения задач профессиональной деятельности на основе теоретических знаний;
ОПК-4	Способен находить, анализировать, реализовывать программно и использовать на практике математические алгоритмы, в том числе с применением современных вычислительных систем	ОПК-4.1 Знает базовые основы современного математического аппарата, связанного с проектированием, разработкой, реализацией и оценкой качества программных продуктов и программных комплексов в различных областях человеческой деятельности; ОПК-4.2 Умеет использовать математический аппарат в профессиональной деятельности; ОПК-4.3 Имеет практический опыт применения современного математического аппарата, связанного с проектированием, разработкой, реализацией и оценкой качества программных продуктов и программных комплексов в различных областях человеческой деятельности;
ОПК-6	Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения	ОПК-6.1 Знает базовые принципы по разработке алгоритмов и компьютерных программ, необходимых в профессиональной деятельности в области математики и компьютерных наук для: изучения и моделирования объектов профессиональной

Шифр	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции (в рамках данной дисциплины)
		<p>деятельности, анализа данных, представления информации и пр.;</p> <p>ОПК-6.2 Умеет применять необходимые в профессиональной деятельности алгоритмы и методы в области математики и компьютерных наук для: изучения и моделирования объектов профессиональной деятельности, анализа данных, представления информации и пр.;</p> <p>ОПК-6.3 Владеет необходимыми в профессиональной деятельности технологиями и методами в области математики и компьютерных наук для: изучения и моделирования объектов профессиональной деятельности, анализа данных, представления информации и пр.;</p>

3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Имитационное моделирование» относится к обязательной части блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы высшего образования.

В рамках образовательной программы высшего образования обучающиеся также осваивают другие дисциплины и/или практики, способствующие достижению запланированных результатов освоения дисциплины «Имитационное моделирование».

Таблица 3.1. Перечень компонентов ОП ВО, способствующих достижению запланированных результатов освоения дисциплины

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
ОПК-6	Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения	<p>Основы машинного обучения и нейронные сети;</p> <p>Вычислительные системы, сети и телекоммуникации;</p> <p>Цифровая грамотность, основы программирования;</p> <p>Цифровая грамотность, технология программирования;</p> <p>Парадигмы программирования;</p> <p>Вычислительные методы;</p> <p>Введение в анализ и визуализацию данных;</p> <p>Компьютерная алгебра;</p> <p>Компьютерная геометрия;</p> <p>Основы формальных методов описания бизнес-процессов;</p>	Эконометрика;
ОПК-1	Способен консультировать и использовать фундаментальные знания в области математического анализа, комплексного и функционального анализа алгебры, аналитической геометрии, дифференциальной геометрии и топологии, дифференциальных уравнений, дискретной математики и	<p>Символьные методы математического анализа;</p> <p>Алгебра и аналитическая геометрия;</p> <p>Дискретная математика и математическая логика;</p> <p>Теория вероятностей и математическая статистика;</p> <p>Теория конечных графов;</p> <p>Символьные и численные методы интегрирования дифференциальных уравнений;</p> <p>Вычислительные методы;</p>	Функциональный анализ и теория аппроксимации; Вариационное исчисление и классическая механика;

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
	математической логики, теории вероятностей, математической статистики и случайных процессов, численных методов, теоретической механики в профессиональной деятельности	Марковские процессы; Компьютерная геометрия; Компьютерная алгебра; Физика; Основы машинного обучения и нейронные сети; Химия и экология окружающей среды;	
ОПК-4	Способен находить, анализировать, реализовывать программно и использовать на практике математические алгоритмы, в том числе с применением современных вычислительных систем	Вычислительные методы; Алгоритмы и анализ сложности; Компьютерная алгебра; Компьютерная геометрия; Основы машинного обучения и нейронные сети; Парадигмы программирования;	Анализ больших данных; Эконометрика;

* - заполняется в соответствии с матрицей компетенций и СУП ОП ВО

** - элективные дисциплины /практики

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Имитационное моделирование» составляет «3» зачетные единицы.

Таблица 4.1. Виды учебной работы по периодам освоения образовательной программы высшего образования для очной формы обучения.

Вид учебной работы	ВСЕГО, ак.ч.		Семестр(-ы)
			6
<i>Контактная работа, ак.ч.</i>	54		54
Лекции (ЛК)	0		0
Лабораторные работы (ЛР)	54		54
Практические/семинарские занятия (СЗ)	0		0
<i>Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.</i>	54		54
<i>Контроль (экзамен/зачет с оценкой), ак.ч.</i>	0		0
Общая трудоемкость дисциплины	ак.ч.	108	108
	зач.ед.	3	3

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 5.1. Содержание дисциплины (модуля) по видам учебной работы

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
Раздел 1	Подготовка стенда	1.1	Подготовка стенда	Знакомство с экосистемой Julia и пакетом DrWatson как основой для воспроизводимых вычислительных экспериментов. Настройка окружения проекта, управление зависимостями, организация директорий и параметризация запусков через конфигурационные файлы YAML. Создание шаблона проекта, который обеспечит единообразную структуру для всех последующих работ с моделями SIR и «хищник-жертва», а также автоматическое сохранение результатов.	ЛР
		1.2	Основные модели	Математическая постановка двух классических динамических систем: эпидемиологической модели SIR (Susceptible--Infected--Recovered) и экологической модели Лотки--Вольтерры «хищник-жертва». Для SIR разбираются система нелинейных ОДУ, базовое репродуктивное число R_0 , порог эпидемии и аналитическое поведение компонент. Для «хищник-жертва» выводятся уравнения для численности жертв x и хищников y , поясняются фазовые портреты, стационарные точки, колебательный режим и правило Лотки--Вольтерры.	ЛР
Раздел 2	Агентное моделирование	2.1	Агентное моделирование	Введение в парадигму агентного моделирования, где глобальная динамика возникает из локальных правил поведения множества автономных сущностей. Обсуждаются понятия агента, среды, шага модельного времени, синхронного и асинхронного обновления. Рассматриваются примеры клеточных автоматов и базовые принципы реализации агентных моделей в Julia с акцентом на легковесные структуры, планирование событий и сбор статистики.	ЛР
		2.2	Реализация основных моделей в агентном подходе	Преобразование моделей SIR и «хищник-жертва» в агентные симуляции. Для SIR агенты --- индивидуумы с дискретными состояниями, взаимодействие происходит вероятностным заражением в случайно формируемой контактной сети или на решётке. Для «хищник-жертва» агентами становятся особи хищников и жертв на двумерном поле; задаются правила движения, размножения при накоплении энергии и гибели. Анализируются макроскопические кривые, получаемые	ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				усреднением по множеству прогонов, и сравниваются с решением ОДУ.	
Раздел 3	Аппарат сетей Петри	3.1	Аппарат сетей Петри	Формальный аппарат сетей Петри как инструмент моделирования параллельных дискретно-распределённых систем. Изучается структура сети: позиции, переходы, дуги, кратность дуг, маркировка (разметка). Разбирается правило срабатывания перехода, условия возбуждения, свойство живости, ограниченности, достижимости. Обсуждаются расширения классических сетей Петри --- ингибиторные дуги, временные и стохастические сети Петри, пригодные для моделирования динамических процессов с задержками и вероятностными решениями.	ЛР
		3.2	Реализация основных моделей в подходе сетей Петри	Представление эпидемического процесса SIR в виде стохастической сети Петри, где позиции соответствуют численности восприимчивых, инфицированных и выздоровевших, а переходы --- заражению и выздоровлению с экспоненциально распределёнными задержками. Модель «хищник-жертва» строится как трофическая сеть Петри: переходы «рождение жертвы», «поедание» (уничтожение жертвы с одновременным порождением хищника) и «естественная смерть хищника». Анализируются динамика маркировки, средние значения и сопоставление с точечными процессами.	ЛР
Раздел 4	Дискретно-событийное моделирование	4.1	Дискретно-событийное моделирование	Принципы дискретно-событийного подхода (DES), в котором состояние системы изменяется лишь в моменты наступления событий, а время между ними не моделируется. Рассматриваются три стратегии продвижения времени: событийная (event-driven), процессно-ориентированная и пошаговая с постоянным шагом. Детально изучаются календарь будущих событий, генерация случайных потоков, очередность одновременных событий и типичные паттерны реализации на Julia: использование priority queue, цикл обработки событий и сбор временных рядов.	ЛР
		4.2	Реализация основных моделей в дискретно-событийном подходе	Кодирование SIR и «хищник-жертва» как дискретно-событийных имитаций. В SIR событиями становятся моменты заражения и выздоровления, запланированные по	ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				<p>соответствующим интенсивностям перехода, а при модификации следующего события пересчитываются актуальные интенсивности (алгоритм Гиллеспи для химических реакций). В модели «хищник-жертва» события включают размножение жертвы, поедание и смерть хищника; параметры событий зависят от текущих популяций. Проводится верификация полученных траекторий с эталонными ОДУ и обсуждаются стохастические эффекты исчезновения популяций.</p>	

* - заполняется только по **ОЧНОЙ** форме обучения: ЛК – лекции; ЛР – лабораторные работы; СЗ – практические/семинарские занятия.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 6.1. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Тип аудитории	Оснащение аудитории	Специализированное учебное/лабораторное оборудование, ПО и материалы для освоения дисциплины (при необходимости)
Компьютерный класс	Компьютерный класс для проведения занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная персональными компьютерами (в количестве ____ шт.), доской (экраном) и техническими средствами мультимедиа презентаций.	ОС Linux, ОС Windows, Julia. Дополнительное ПО: офисный пакет MS Office или LibreOffice, quarto, OBS Studio, Яндекс Телемост или аналог.
Для самостоятельной работы	Аудитория для самостоятельной работы обучающихся (может использоваться для проведения семинарских занятий и консультаций), оснащенная комплектом специализированной мебели и компьютерами с доступом в ЭИОС.	ОС Linux, ОС Windows, Julia. Дополнительное ПО: офисный пакет MS Office или LibreOffice, quarto, OBS Studio, Яндекс Телемост или аналог.

* - аудитория для самостоятельной работы обучающихся указывается **ОБЯЗАТЕЛЬНО!**

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература:

1. Кутузов О. И., Татарникова Т. М. Моделирование систем. Имитационный метод. 2-е изд. --- Лань, 2024.
2. Боев В. Д. Имитационное моделирование систем. --- Юрайт, 2024.

Дополнительная литература:

1. Макаров В. Л., Бахтизин А. Р. и др. Агент-ориентированные модели: учебное пособие. --- ГАУГН, 2022.
2. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем. --- М.: Мир, 1984

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

1. ЭБС РУДН и сторонние ЭБС, к которым студенты университета имеют доступ на основании заключенных договоров

- Электронно-библиотечная система РУДН – ЭБС РУДН

<https://mega.rudn.ru/MegaPro/Web>

- ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <http://www.biblioclub.ru>

- ЭБС Юрайт <http://www.biblio-online.ru>

- ЭБС «Консультант студента» www.studentlibrary.ru

- ЭБС «Знаниум» <https://znanium.ru/>

2. Базы данных и поисковые системы

- Sage <https://journals.sagepub.com/>

- Springer Nature Link <https://link.springer.com/>

- Wiley Journal Database <https://onlinelibrary.wiley.com/>

- Научометрическая база данных Lens.org <https://www.lens.org>

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся при освоении дисциплины/модуля:*

1. Курс лекций по дисциплине «Имитационное моделирование».
2. Лабораторный практикум по дисциплине «Имитационное моделирование».

* - все учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся размещаются в соответствии с действующим порядком на странице дисциплины **в ТУИС!**

РАЗРАБОТЧИКИ:

Профессор кафедры теории
вероятностей и
кибербезопасности

Должность, БУП

Подпись

Кулябов Дмитрий
Сергеевич

Фамилия И.О.

Доцент кафедры теории
вероятностей и
кибербезопасности

Должность, БУП

Подпись

Королькова Анна
Владиславовна

Фамилия И.О.

РУКОВОДИТЕЛЬ БУП:

Заведующий кафедрой теории
вероятностей и
кибербезопасности

Должность БУП

Подпись

Самуйлов Константин
Евгеньевич

Фамилия И.О.

РУКОВОДИТЕЛЬ ОП ВО:

Заведующий кафедрой теории
вероятностей и
кибербезопасности

Должность, БУП

Подпись

Самуйлов Константин
Евгеньевич

Фамилия И.О.