

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Институт прикладной математики и компьютерных наук

УТВЕРЖДАЮ:

Директор / института прикладной  
математики и компьютерных наук

А.В. Замятин

« 14 » \_\_\_\_\_ 20 23 г.

Рабочая программа дисциплины

**Имитационное моделирование**

по направлению подготовки

**09.03.03 Прикладная информатика**

Направленность (профиль) подготовки:

**Разработка программного обеспечения в цифровой экономике**

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**Бакалавр**

Год приема

**2023**

Код дисциплины в учебном плане: Б1.О.02.12

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

\_\_\_\_\_ С.П. Сущенко

Председатель УМК

\_\_\_\_\_ С.П. Сущенко

Томск – 2023

## **1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)**

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

– ОПК-6 – Способен анализировать и разрабатывать организационно-технические и экономические процессы с применением методов системного анализа и математического моделирования.

ИОПК-6.1 Обладает понятиями и категориями математического моделирования, используемыми при расчете экономических и организационно-технических процессов.

ИОПК-6.2 Использует методы системного анализа для выявления информационных потребностей пользователей.

ИОПК-6.3 Выбирает методы моделирования систем, структурирует и анализирует цели и функции систем управления, проводит системный анализ прикладной области.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК-6.1 Знает основные методы и алгоритмы имитационного моделирования.

ИОПК-6.2 Умеет применять на практике методы и алгоритмы имитационного моделирования, в том числе в прикладных профессиональных областях: в системах искусственного интеллекта, промышленного интернета, сетей связи. Умеет интерпретировать результаты моделирования.

ИОПК-6.3 Обладает знаниями об информационных технологиях и средствах разработки программ для имитационного моделирования.

## **2. Задачи освоения дисциплины**

– Изучить основные методы и алгоритмы имитационного моделирования.

– Научиться применять методы и алгоритмы имитационного моделирования на практике, в том числе в прикладных профессиональных областях: в системах искусственного интеллекта, промышленного интернета, сетей связи.

– Научиться интерпретировать результаты имитационного моделирования.

– Научиться использовать информационные технологии, средства разработки и реализации алгоритмов имитационного моделирования, в том числе для решения практических задач профессиональной деятельности.

## **3. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина относится к обязательной части образовательной программы. Дисциплина входит в модуль «Математика».

## **4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине**

Шестой семестр, зачет с оценкой

## **5. Входные требования для освоения дисциплины**

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: Основы программирования (Б1.О.04.01), Теория вероятностей (Б1.О.02.07), Случайные процессы (Б1.О.02.08), Основы математического моделирования (Б1.О.02.10), Математическая статистика (Б1.О.02.11).

## **6. Язык реализации**

Русский

## **7. Объем дисциплины (модуля)**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 часов, из которых:

– лекции: 32 ч.;

– лабораторные работы: 32 ч.

в том числе практическая подготовка: 0 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

## 8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам

Тема 1. Введение в имитационное моделирование

Система, модель, моделирование. Виды моделирования. Имитационная модель. Задачи имитационного моделирования. Применение имитационного моделирования в системах искусственного интеллекта, промышленного интернета, сетей связи и др. Характерные особенности и отличие имитационного моделирования от других типов моделирования. Методы имитационного моделирования.

Тема 2. Системная динамика

Диаграммы причинно-следственных связей. Диаграммы потоков: основные элементы, формулы расчета.

Тема 3. Статистическое моделирование

Общий алгоритм моделирования случайных объектов. Базовый датчик. Генерация случайных событий. Моделирование дискретных случайных величин. Моделирование непрерывных случайных величин. Моделирование случайных процессов. Моделирование случайных потоков событий. Статистическая обработка результатов имитационного моделирования.

Тема 4. Имитационное моделирование сложных систем

Дискретно-событийное моделирование. Агентное моделирование. Проведение экспериментов, обработка результатов. Клеточные автоматы. Специализированные программные продукты для имитационного моделирования. Программы имитационного моделирования для проверки работы ИИ. Программы имитационного моделирования процессов промышленного интернета (IoT). Программы для имитационного моделирования сетей связи.

## 9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем проверки выполнения лабораторных работ, а также коллоквиумов по лекционному материалу по каждой теме курса и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

## 10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Теоретические и практические результаты формируются компетенциями ИОПК-6.1; ИОПК-6.2; ИОПК-6.3 и результатами обучения:

№	Этапы формирования компетенций (разделы дисциплины)	Код и наименование результатов обучения	Вид оценочного средства (тесты, задания, кейсы, вопросы и др.)
1.	Введение в имитационное моделирование	ОР-6.1.1	Вопросы Задания
2.	Системная динамика	ОР-6.1.1, ОР-6.2.1	Вопросы Задания
3.	Статистическое моделирование	ОР-6.1.1, ОР-6.2.1, ОР-6.2.2	Вопросы Задания
4.	Имитационное моделирование сложных систем	ОР-6.3.1	Вопросы Задания

**Зачет с оценкой** проводится в письменной форме по билетам. Билет содержит по одному теоретическому вопросу по каждой теме курса (всего 4 вопроса). Продолжительность зачета 1,5 часа. Студенты, не сдавшие все лабораторные работы, к зачету не допускаются.

Примерный перечень теоретических вопросов

Тема 1.

1. Понятия «система», «модель», «моделирование». Виды моделирования.
2. Имитационная модель. Задачи имитационного моделирования. Характерные особенности и отличие имитационного моделирования от других типов моделирования.
3. Методы имитационного моделирования.
4. Применение имитационного моделирования в системах искусственного интеллекта.
5. Применение имитационного моделирования в системах промышленного интернета.
6. Применение имитационного моделирования в сфере сетей связи.

Тема 2.

1. Диаграммы причинно-следственных связей.
2. Диаграммы потоков: основные элементы, формулы расчета.
3. Обратные связи на диаграммах потоков.
4. Переменные и параметры на диаграммах потоков.
5. Запаздывания на диаграммах потоков.
6. Блочные цепи на диаграммах потоков.

Тема 3.

1. Основная идея имитационного моделирования случайных объектов. Базовый датчик.
2. Имитационное моделирование случайного события.
3. Имитационное моделирование случайного события из группы.
4. Имитационное моделирование дискретной случайной величины, заданной рядом распределения.
5. Статистическая обработка результатов имитационного моделирования для дискретной случайной величины.
6. Имитационное моделирование равномерной дискретной случайной величины.
7. Имитационное моделирование дискретной случайной величины, имеющей геометрическое распределение.
8. Имитационное моделирование дискретной случайной величины, имеющей отрицательное биномиальное распределение.
9. Имитационное моделирование дискретной случайной величины, имеющей биномиальное распределение.
10. Имитационное моделирование дискретной случайной величины, имеющей распределение Пуассона.
11. Имитационное моделирование непрерывной случайной величины, имеющей равномерное распределение.
12. Метод обратной функции. Имитационное моделирование непрерывной случайной величины, имеющей экспоненциальное распределение.
13. Метод обратной функции. Имитационное моделирование непрерывной случайной величины, заданной гистограммой.
14. Метод суперпозиции. Имитационное моделирование непрерывной случайной величины, имеющей гиперэкспоненциальное распределение.
15. Имитационное моделирование непрерывной случайной величины, имеющей нормальное распределение.

16. Статистическая обработка результатов имитационного моделирования для непрерывной случайной величины.
17. Имитационное моделирование цепи Маркова с дискретным временем.
18. Имитационное моделирование цепи Маркова с непрерывным временем.
19. Статистическая обработка результатов имитационного моделирования для случайных процессов.
20. Имитационное моделирование винеровского процесса, арифметического и геометрического броуновского движения.
21. Имитационное моделирование простейшего потока событий.
22. Имитационное моделирование рекуррентного потока событий.
23. Статистическая обработка результатов имитационного моделирования для случайных потоков событий.

#### Тема 4.

1. Дискретно-событийное моделирование.
2. Агентное моделирование. Сочетание агентного моделирования с пошаговым и дискретно-событийным подходами.
3. Клеточные автоматы.
4. Программное обеспечение для имитационного моделирования.
5. Программы имитационного моделирования для проверки работы ИИ.
6. Программы для имитационного моделирования процессов промышленного интернета (IoT).
7. Программы для имитационного моделирования сетей связи.

Результаты зачета с оценкой определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Оценка выставляется как среднее арифметическое четырех оценок, полученных за каждый из вопросов билета, если среди них нет неудовлетворительных оценок. В противном случае выставляется оценка «неудовлетворительно».

В качестве оценки за вопрос билета может быть засчитана оценка, полученная по соответствующей теме курса во время текущего контроля (на коллоквиуме).

### **11. Учебно-методическое обеспечение**

- а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle».
- б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

### **12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет**

- а) основная литература:
  - Акопов А.С. Имитационное моделирование : учебник и практикум для вузов / А.С. Акопов. – М.: Издательство Юрайт, 2022. – 389 с.
  - Боев В.Д. Имитационное моделирование систем : учебное пособие для вузов / В. Д. Боев. – Издательство Юрайт, 2022. – 253 с.
- б) дополнительная литература:
  - Математическое и имитационное моделирование : учебное пособие / А.И. Безруков, О.Н. Алексенцева – М.: ИНФРА-М, 2019. – 227 с.
  - Марголис Н.Ю. Имитационное моделирование : учебное пособие / Н.Ю. Марголис. – Томск : Изд. Дом ТГУ, 2015. – 128 с.
- в) ресурсы сети Интернет:

- Национальное общество имитационного моделирования – [simulation.su/ru.html](http://simulation.su/ru.html)
- Общероссийская Сеть КонсультантПлюс Справочная правовая система.  
<http://www.consultant.ru>
- Conway's Game of Life – <https://michurin.github.io/conways-game-of-life>
- Искусственный интеллект и имитационное моделирование / G. Wilkinson –  
<https://www.anylogic.ru/blog/iskusstvennyy-intellekt-i-imitatsionnoe-modelirovanie>
- Имитационное моделирование мехатронных систем: учебно-методическое пособие / И.И. Борисов, С.А. Колюбин – <https://books.ifmo.ru/file/pdf/2628.pdf>
- Исследование надежности беспроводных сетей связи методом имитационного моделирования в среде AnyLogic / В.И. Закиров, В.В. Золотухин –  
[https://www.anylogic.ru/resources/articles/issledovanie-nadezhnosti-besprovodnykh-setey-svyazi-metodom-imitatsionnogo-modelirovaniya-v-srede-an/](https://www.anylogic.ru/resources/articles/issledovanie-nadezhnosti-besprovodnykh-setey-svyazi-metodom-imitatsionnogo-modelirovaniya-v-srede-anylogic/)
- Моделирование беспроводных сетей в среде OMNeT++ с использованием INET Framework / М.И. Думов, С.П. Хабаров –  
[https://ntv.ifmo.ru/ru/article/19176/modelirovanie\\_besprovodnykh\\_setey\\_v\\_srede\\_OMNET++\\_s\\_iskpolzovaniem\\_INET\\_FRAMEWORK.htm](https://ntv.ifmo.ru/ru/article/19176/modelirovanie_besprovodnykh_setey_v_srede_OMNET++_s_iskpolzovaniem_INET_FRAMEWORK.htm)
- Исследование и генерация трафика промышленного Интернета Вещей / Р.В. Киричек, В.А. Кулик – <https://tuzs.sut.ru/jour/article/view/84/85>

### 13. Перечень информационных технологий

- а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:
- Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office On-eNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);
  - публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.);
  - системы контроля версий кода (GitHub, GitLab);
  - инструменты видео-конференций (Adobe Connect, Zoom, Discord);
  - онлайн-доски Jamboard, Miro;
  - вспомогательные цифровые инструменты для образовательного процесса (Mentimeter, PDF-XChange Viewer, Яндекс.Контест)
- б) информационные справочные системы:
- Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ –  
<http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>
  - Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ –  
<http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>
  - ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>
  - ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>
  - Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>
  - ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>
  - ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

### 14. Материально-техническое обеспечение

- Аудитории для проведения занятий лекционного типа.
- Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.
- Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

Аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации в смешенном формате («Актру»).

### **15. Информация о разработчиках**

Моисеев Александр Николаевич, д-р физ.-мат. наук, доцент, кафедра программной инженерии, заведующий кафедрой