

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич  
Должность: врио ректора  
Дата подписания: 18.09.2023 09:55:36  
Уникальный программный ключ:  
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»

Утверждаю:  
Руководитель ООП



Цветков В.П.

«10» апреля 2023г.

Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)

**Метод Монте-Карло**

Направление подготовки

**02.04.01 Математика и компьютерные науки**

Направленность (профиль)

**Математическое и компьютерное моделирование**

Для студентов 1-го курса очной формы обучения

Составитель:

Цирулев А.Н.

Тверь, 2023

## **I. Аннотация**

### **1. Цель и задачи дисциплины**

Целью учебной дисциплины является формирование у обучающихся научного мировоззрения, развитие навыков решения профессиональных задач в области научно-исследовательской деятельности на основе синтеза математических знаний и подходов практических наук.

Задачи дисциплины:

1. ознакомление студентов с теоретическими основами моделирования случайных величин и случайных процессов с помощью метода Монте-Карло;
2. получение практических навыков использования метода Монте-Карло в математическом моделировании.

### **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Метод Монте-Карло» входит в вариативную часть общенаучного цикла, она изучает стохастические свойства объектов, используя методы теории вероятностей и компьютерное моделирование. Для освоения дисциплины необходимы знания в области современной математики (алгебры, геометрии, математического анализа и компьютерной алгебры, дифференциальных уравнений и функционального анализа, математической физики), в особенности стохастического анализа, а также на знаниях из специальных дисциплин вариативной части профессионального цикла бакалавриата по профилю «Математическое и компьютерное моделирование». Дисциплина необходима для освоения дисциплин профессионального цикла, формирующих основную цель ООП магистратуры направления «Математика и компьютерные науки» по профилю «Математическое и компьютерное моделирование», а также для работы над магистерской диссертацией.

Освоение дисциплины «Метод Монте-Карло» формирует у обучающегося знания, умения и навыки, которые необходимы в дальнейшем в цикле «Практика и научно-исследовательская работа».

Дисциплина изучается во 2-м семестре.

### **3. Объем дисциплины:**

6 зачетных единиц, 216 академических часа, **в том числе:**

**контактная аудиторная работа:** лекции 34 часа, практические занятия 17 часов;  
**самостоятельная работа:** 165 часов, в том числе контроль работы 27 часов.

**4. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Планируемые результаты освоения образовательной программы (формируемые компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-1 Способен создавать и исследовать новые математические модели сложных социально-экономических и природных систем	<p>ПК-1.1 Строит новые математические модели сложных социально-экономических и природных динамических систем</p> <p>ПК-1.2 Исследует характер поведения основных параметров построенных математических моделей сложных социально-экономических и природных динамических систем</p>
ПК-2 Способен создавать комплексы программ для компьютерного моделирования сложных социально-экономических и природных систем на основе современных информационных технологий и сетевых ресурсов, в том числе отечественного производства	<p>ПК-2.2 Создает комплексы программ для вычисления параметров компьютерных моделей сложных социально-экономических и природных динамических систем и исследованию их характера поведения на основе современных информационных технологий и сетевых ресурсов</p> <p>ПК-2.3 Создает комплексы программ для визуализации компьютерных моделей сложных социально-экономических и природных динамических систем на основе современных информационных технологий и сетевых ресурсов</p>

**5. Форма промежуточной аттестации, семестр прохождения:**

экзамен во 2-м семестре

**6. Язык преподавания русский.**

**II. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

Наименование тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)			Самост. работа, в т. числ. контроль
		Лекции	Практические занятия	Контроль самост. работы	
1. Моделирование случайных величин и случайных процессов	70	10	5	9	55
2. Цепи Маркова и метод Монте-Карло	70	10	5	9	55
3. Стохастические задачи	76	14	7	9	55
4. ИТОГО	216	34	17	27	165

**III. Образовательные технологии**

Учебная программа – наименование разделов	Вид занятия	Образовательные технологии
1. Моделирование случайных величин	Практические занятия	Дискуссионные технологии: круглый стол Метод case-study
2. Случайные процессы и цепи Маркова	Практические занятия	Дискуссионные технологии: дебаты Метод case-study
3. Стохастические задачи	Практические занятия	Тренинг Метод case-study
4. Моделирование случайных величин и случайных процессов	Лекции	Активное слушание Технологии развития критического мышления
5. Случайные процессы и цепи Маркова	Лекции	Активное слушание Технологии развития критического мышления
6. Стохастические задачи	Лекции	Активное слушание Технологии развития критического мышления

#### **IV.Оценочные материалы для проведения текущей и промежуточной аттестации**

Текущая аттестация проводится во время контактной работы и включает в себя выполнение типовых контрольных заданий, которые будут включены в программу экзамена.

Экзамен проводится в устной форме и включает в себя ответ на устный вопрос и выполнение типового задания, аналогичного заданиям, выполняемым в процессе контактных занятий.

#### **2. Примеры контрольных заданий к экзамену**

1. Компетенции: ПК-1.2, ПК-2.1

На одном из языков высокого уровня (Fortran, C#, C++, Java) составить программу компьютерного моделирования нормального распределения с заданным математическим ожиданием и дисперсией методом Бокса-Мюллера.

2. Компетенции: ПК-1.2, ПК-2.1.

На одном из языков высокого уровня (Fortran, C#, C++, Java) составить программу компьютерного моделирования одномерного трехклеточного автомата. Провести моделирование с правилами 22 и 49. Сравнить результаты.

#### **4. Шкала оценивания – устный экзамен**

№.	Тип ответа или степень выполнения контрольного задания	Оценка в баллах
1.	Полный ответ	5
2.	Неполный, но правильный и логически точный ответ	4
3.	Неполный ответ, содержащий мелкие неточности или несущественные ошибки в выполнении контрольного задания	3
4.	Частичный ответ, освещающий лишь некоторые аспекты вопроса, или грубые ошибки в выполнении контрольного задания при хорошем понимании метода	2
5.	Нет конкретного ответа, но есть общее понимание темы	1

## V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### а) Основная литература:

- 1) Михайлов Г.А., Войтишек А.В.. Численное статистическое моделирование. Методы Монте – Карло. М.: Академия, 2006.
- 2) Ермаков С.М. Метод Монте – Карло в вычислительной математике. Вводный курс. СПб: Бином, 2009.

### б) Дополнительная литература:

- 3) Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование. М. Физматлит. 2005.
- 4) Maple user manual. Maplesoft: Waterloo Maple Inc, 2009, <https://www.eecs.umich.edu/dco/docs/maple/UserManual.pdf>

### в) Программное обеспечение:

1. Лицензионное: MAPLE10;
2. Свободное: Fortran, C#, C++, Java

### г) Информационные ресурсы:

- <http://library.tversu.ru/>  
<https://arxiv.org/>  
<http://www.mathnet.ru//>  
<http://www.mi-ras.ru/>

## VI. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины

Подробное содержание изучаемых тем:

### Тема 1. Моделирование случайных величин

Основные понятия теории вероятностей: пространство вероятностей, случайная величина, распределение вероятностей, математическое ожидание и дисперсия, производящая функция моментов. Основные дискретные и непрерывные распределения. Псевдослучайные числа. Основные принципы компьютерного моделирования случайных величин. Моделирование непрерывных случайных величин с заданной плотностью распределения. Метод обратной

функции. Моделирование дискретных случайных величин с заданным распределением. Математические основы метода Монте-Карло. Вычисление площадей и объемов методом Монте-Карло. Вычисление многомерных определенных интегралов методом Монте-Карло.

## **Тема 2. Случайные процессы и цепи Маркова**

Случайные процессы. Цепи Маркова. Компьютерное моделирование случайных блужданий на прямой. Компьютерное моделирование случайных блужданий на плоскости. Ветвящиеся процессы Гальтона-Ватсона. Клеточные автоматы. Общие принципы компьютерного моделирования случайных процессов.

## **Тема 3. Стохастические задачи**

Уравнение Фоккера-Планка. Вероятностные характеристики и компьютерное моделирование радиоактивного распада. Компьютерное моделирование прохождения частиц через вещество методом многократного рассеяния. Решение уравнений математической физики методом случайных блужданий. Поиск минимума функции нескольких переменных методом случайного поиска. Алгоритм Метрополиса и алгоритм отжига. Алгоритм отжига в задаче коммивояжера.

**Самостоятельная работа студентов**, предусмотренная учебным планом должна соответствовать более глубокому усвоению изучаемого курса, формировать навыки исследовательской работы и ориентировать студентов на умение применять теоретические знания на практике.

Самостоятельная работа включает следующие виды самостоятельной работы студентов:

- работа с рекомендованной учебной литературой;
- выполнение домашних заданий;
- подготовка к зачёту.

Организуя свою учебную работу, студенты должны:

*Во-первых*, выявить рекомендуемый режим и характер учебной работы по изучению теоретического курса, практическому применению изученного материала, по выполнению заданий для самостоятельной работы, по использованию информационных технологий и т.д.

*Во-вторых*, ознакомиться с указанным в методическом материале по дисциплине перечнем учебно-методических изданий, рекомендуемых студентам для подготовки к занятиям и выполнения самостоятельной работы, а также с методическими материалами на бумажных и/или электронных носителях, выпущенных кафедрой своими силами и предоставляемые студентам во время занятий.

*1. Работа с литературой.* Для полноценного усвоения курса студент должен, прежде всего, овладеть основными понятиями этой дисциплины. Необходимо усвоить определения и понятия, уметь приводить их точные формулировки, приводить примеры объектов, удовлетворяющих этому определению. Кроме того, необходимо знать круг фактов, связанных с данным понятием. Требуется также знать связи между понятиями, уметь устанавливать соотношения между классами объектов, описываемых различными понятиями.

*2. Самостоятельное изучение тем.* Самостоятельная работа студента является важным видом деятельности, позволяющим хорошо усвоить изучаемый предмет и одним из условий достижения необходимого качества подготовки и профессиональной переподготовки специалистов. Она предполагает самостоятельное изучение студентом рекомендованной учебно-методической литературы, различных справочных материалов, написание рефератов, выступление с докладом, подготовку к лекционным и практическим занятиям, подготовку к зачёту и экзамену.

*3. Подготовка к практическим занятиям.* При подготовке к практическим занятиям студентам рекомендуется следовать методическим рекомендациям по работе с учебными пособиями, приведенным выше.

4. *Составление конспектов.* В конспекте отражены основные понятия темы. Для наглядности и удобства запоминания использованы схемы и таблицы.

5. *Подготовка к экзамену.* При подготовке к экзамену студенты должны использовать как самостоятельно подготовленные конспекты, так и материалы, полученные в ходе лекций.

Уравнение Фоккера-Планка. Вероятностные характеристики и компьютерное моделирование радиоактивного распада. Компьютерное моделирование прохождения частиц через вещество методом многократного рассеяния. Решение уравнений математической физики методом случайных блужданий. Поиск минимума функции нескольких переменных методом случайного поиска. Алгоритм Метрополиса и алгоритм отжига. Алгоритм отжига в задаче коммивояжера.

### **Вопросы к экзамену**

1. Основные дискретные и непрерывные распределения. Моменты.
2. Генерация псевдослучайных чисел. Основные принципы компьютерного моделирования случайных величин.
3. Моделирование непрерывных случайных. Метод обратной функции.
4. Методы моделирования дискретных случайных величин с заданным распределением.
5. Математические основы метода Монте-Карло.
6. Геометрические приложения: вычисление многомерных определенных интегралов методом Монте-Карло.
7. Случайные процессы с дискретным и непрерывным временем. Примеры.
8. Методы компьютерного моделирования случайных процессов.
9. Математика цепей Маркова.
10. Компьютерное моделирование случайных блужданий на прямой.
11. Компьютерное моделирование случайных блужданий на плоскости.
12. Ветвящиеся процессы. Процессы Гальтона-Ватсона.
13. Уравнение Фоккера-Планка: метод случайных блужданий.
14. Решение уравнений математической физики методом случайных

блужданий.

15. Метод случайного поиска: минимум функции нескольких переменных. Вариант поиска с запретами.
16. Алгоритм Метрополиса и алгоритм отжига: общая теория.
17. Алгоритм ступенчатого отжига в задаче коммивояжера.

## **VII. Материально-техническое обеспечение**

Учебная аудитория с мультимедийной установкой.

## **VIII. Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины**

№п.п.	Обновленный раздел рабочей программы дисциплины	Описание внесенных изменений	Реквизиты документа, утвердившего изменения