



Е. В. Симонова



ОРГАНИЗАЦИЯ ИМИТАЦИОННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ
ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ
СИСТЕМ



Е. В. Симонова

**ОРГАНИЗАЦИЯ ИМИТАЦИОННЫХ
ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ
ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ
СИСТЕМ**

Учебное пособие

Москва Вологда
«Инфра-Инженерия»
2024

УДК 519.876.5
ББК 22.18
С37

Рецензенты:

доцент кафедры программных систем Самарского университета, к. т. н., доцент
Зеленко Лариса Сергеевна,
г. н. с., заместитель директора ИПУСС РАН по научной работе, д. т. н.
Смирнов Сергей Викторович

С37 **Симонова, Е. В.** Организация имитационных экспериментов при моделировании информационно-вычислительных систем : учебное пособие / Е. В. Симонова. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2024. – 116 с. : ил., табл.
ISBN 978-5-9729-1662-7

Рассмотрены различные этапы разработки компьютерной имитационной модели информационно-вычислительной системы, включая построение концептуальной модели исследуемой системы и ее формализацию, алгоритмизацию и компьютерную реализацию, анализ модели, планирование и проведение компьютерных экспериментов, получение и интерпретацию результатов моделирования. Содержит иллюстрации всех этапов процесса разработки и реализации модели, а также проведения компьютерных экспериментов с моделью, что имеет большое учебно-методическое значение и необходимо при самостоятельной работе студентов во время выполнения ими лабораторных работ. Содержит варианты заданий для выполнения лабораторных работ.

Для студентов, обучающихся по направлению 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника».

УДК 519.876.5
ББК 22.18

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|----|
| Предисловие..... | 6 |
| Введение..... | 8 |
| 1. Моделирование как основной метод исследования сложных систем..... | 10 |
| 1.1. Основные определения..... | 10 |
| 1.2. Классификация моделей по степени абстрагирования модели от оригинала..... | 10 |
| 1.3. Формальная модель объекта исследования (реальной системы)..... | 13 |
| 1.4. Понятие состояния системы..... | 14 |
| 1.5. Структура имитационной модели..... | 15 |
| 1.6. Области применения имитационных моделей..... | 16 |
| 1.7. Основные этапы моделирования систем..... | 18 |
| 2. Система моделирования с дискретными событиями..... | 22 |
| 2.1. Управление временем в дискретно-событийных моделях..... | 22 |
| 2.1.1. Управление временем в GPSS World..... | 24 |
| 2.2. Концепция событий в дискретно-событийном моделировании..... | 26 |
| 2.3. Концепция транзактов как частный случай схемы процессов..... | 28 |
| 3. Постановка задачи исследования информационно-вычислительной системы..... | 30 |
| 3.1. Объект исследований..... | 30 |
| 3.2. Описание задачи исследования..... | 31 |
| 3.3. Формализованная постановка задачи исследования..... | 32 |
| 3.4. Анализ возможных методов решения..... | 33 |
| 3.4.1. Аналитический метод..... | 33 |
| 3.4.2. Метод имитационного моделирования..... | 34 |
| 4. Разработка имитационной модели информационно-вычислительной системы..... | 36 |
| 4.1. Разработка структурно-функциональной модели..... | 36 |
| 4.2. Разработка концептуальной модели..... | 36 |

| | |
|---|-----|
| 4.2.1. Таблица функционального соответствия элементов модели и элементов реальной системы | 38 |
| 4.2.2. Алгоритмы моделирования случайных величин | 39 |
| 4.3. Выбор программных средств моделирования..... | 40 |
| 4.4. Разработка алгоритма моделирования и программы имитационной модели..... | 42 |
| 4.4.1. Описание элементов модели | 42 |
| 4.4.2. Алгоритм моделирования | 43 |
| 4.4.3. Описание программной реализации имитационной модели | 44 |
| 4.4.4. Программа имитационной модели | 44 |
| 4.5. Организация единичного эксперимента с имитационной моделью | 45 |
| 4.5.1 Анализ результатов моделирования..... | 45 |
| 4.5.2. Оценка точности результатов моделирования | 47 |
| 5. Планирование экспериментов в системе GPSS World | 49 |
| 5.1. Организация факторного эксперимента с моделью..... | 49 |
| 5.2. Однофакторный эксперимент | 51 |
| 5.3. Проведение дисперсионного анализа в системе GPSS World | 54 |
| 5.3.1. Дисперсионный анализ в планировании эксперимента | 54 |
| 5.3.2. Последовательность проведения дисперсионного анализа для однофакторного эксперимента..... | 56 |
| 5.3.3. Библиотечная процедура ANOVA..... | 58 |
| 5.4. Проведение двухфакторного эксперимента | 59 |
| 5.4.1 План двухфакторного эксперимента..... | 59 |
| 5.4.2. Последовательность проведения дисперсионного анализа для двухфакторного эксперимента..... | 65 |
| 5.5. Поиск наилучших решений. Оптимизирующий эксперимент | 74 |
| 5.5.1. Организация оптимизирующего эксперимента | 74 |
| 5.6. Выводы и рекомендации по использованию модели | 79 |
| 6. Лабораторная работа. Моделирование информационно-вычислительных систем в среде GPSS World..... | 80 |
| 6.1. Цель лабораторной работы..... | 80 |
| 6.2. Последовательность выполнения лабораторной работы | 81 |
| 6.3. Содержание отчета по лабораторной работе..... | 81 |
| 6.4. Варианты индивидуальных заданий | 82 |
| 6.5. Контрольные вопросы..... | 101 |

| | |
|---|-----|
| Заключение..... | 102 |
| Библиографический список..... | 103 |
| Приложения | 105 |
| Приложение А. Операторы описания блоков GPSS World..... | 105 |
| Приложение Б. Операторы описания данных и контроля управления GPSS World | 107 |
| Приложение В. Сообщения GPSS World об ошибках | 108 |