

# **Современные методы имитационного моделирования**

Саргсян Арам Грачьевич

# Содержание

<b>1</b>	<b>Введение</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Основные методы моделирования</b>	<b>6</b>
2.1	Дискретно-событийное моделирование . . . . .	6
2.2	Системная динамика . . . . .	7
2.3	Агентное моделирование . . . . .	8
2.4	Метод Монте-Карло . . . . .	9
<b>3</b>	<b>Сравнение методов</b>	<b>11</b>
<b>4</b>	<b>Выводы</b>	<b>13</b>
<b>5</b>	<b>Список литературы</b>	<b>14</b>

## Список таблиц

3.1	Таблица сравнения основных методов имитационного моделирования . . . . .	11
-----	--	----

# 1 Введение

Имитационное моделирование — это процесс создания моделей реальных систем или процессов с использованием компьютерных средств. Оно является одним из самых эффективных и популярных методов для исследования и оптимизации сложных систем, таких как промышленные производственные процессы, транспортные системы, финансовые рынки и т.д. Имитационное моделирование широко используется во многих областях, включая медицину и биологию, экономику и финансы. При этом результаты будут определяться случайным характером процессов. По этим данным можно получить достаточно устойчивую статистику. Экспериментирование с моделью называется имитацией.

Её преимуществами являются возможность проведения эксперимента с моделью в безопасных условиях, сокращение времени и затрат, которые связаны с проведением реальных экспериментов, а также возможность анализа данных, которые не могут быть получены в реальных экспериментах. Недостатками имитационного моделирования можно считать сложность создания моделей и необходимость в большом количестве входных данных. Имитационное моделирование является мощным инструментом анализа и оптимизации бизнес-процессов, систем и проектов.

Существует огромное количество методов имитационного моделирования, которые могут быть использованы для решения разных задач. Некоторые методы, такие как дискретно-событийное моделирование, подходят для моделирования процессов, которые происходят в дискретные моменты времени, например, в производственных процессах, а другие, как системная динамика, позволяют мо-

делировать динамику сложных систем, включая обратную связь, неравновесные процессы и адаптивное поведение.

Давайте рассмотрим некоторые из наиболее распространенных методов имитационного моделирования и их применение в различных областях. Также исследуем преимущества и недостатки каждого метода и сравним их для определения наилучшего подхода в различных ситуациях.

## 2 Основные методы моделирования

### 2.1 Дискретно-событийное моделирование

Дискретно-событийное моделирование — это метод моделирования динамики систем, которые могут быть описаны как последовательность дискретных событий. В данном методе модель системы строится из набора событий, которые могут изменять состояние системы, а также вызывать другие события.

Каждое событие моделируется как объект, который содержит информацию о том, когда это событие должно произойти, какие параметры должны быть изменены и какие действия должны быть выполнены. Кроме того, модель системы может содержать набор очередей, которые позволяют отслеживать, какие события должны быть обработаны в текущий момент времени.

Процесс моделирования начинается с инициализации системы и установки начального состояния. Затем, система переходит в режим ожидания следующего события, которое должно быть обработано. Когда событие происходит, модель изменяет состояние системы в соответствии с определенными правилами и добавляет новые события в очередь событий.

Система дискретно-событийного моделирования, кроме переменных, определяющих состояние системы, и логики, определяющей, что произойдет в ответ на какое-то событие, содержит следующие компоненты:

- часы — основной компонент системы, синхронизирующий изменения системы;

- список событий — система должна содержать хотя бы один список событий моделирования;
- генераторы случайных чисел;
- статистика;
- условие завершения;

Дискретно-событийное моделирование может быть использовано для изучения поведения различных типов систем, включая производственные системы, транспортные системы, системы обслуживания клиентов и многие другие. Кроме того, данный метод позволяет проводить различные эксперименты с системой, изменяя параметры и оценивая их влияние на производительность и эффективность системы.

Системы дискретно-событийного моделирования чаще всего являются проблемно-ориентированными языками программирования или библиотеками для высокоуровневых языков. Наиболее известные: Arena, SIMSCRIPT, SLAM, SIMAN, GPSS.

## 2.2 Системная динамика

Системная динамика — это метод, который используется для моделирования систем, где процессы происходят непрерывно и могут изменяться со временем. Данный метод используется для анализа сложных систем, таких как экономические системы и системы здравоохранения. Примером использования системной динамики может служить моделирование экономической системы для прогнозирования рыночных тенденций и разработки стратегий управления рисками.

Системно-динамическая модель состоит из набора абстрактных элементов, которые представляют свойства моделируемой системы. Можно выделить следующие типы элементов:

1. Переменные состояния: описывают состояние системы в определенный

момент времени. Каждая переменная может зависеть от других переменных в системе.

2. Потоки: представляют изменение переменных состояний во времени. Они могут быть положительными (увеличивающими переменную состояния) или отрицательными (уменьшающими переменную состояния).

3. Обратная связь: представляет взаимодействие между элементами системы. Обратная связь может быть положительной (когда изменение одной переменной вызывает увеличение другой переменной) или отрицательной (когда изменение одной переменной вызывает уменьшение другой переменной).

а4. Задержки: представляют временной интервал между изменениями переменных состояния и соответствующими изменениями потоков.

## 2.3 Агентное моделирование

Агентное моделирование (agent-based modeling, ABM) - это метод моделирования, в котором система моделируется как набор взаимодействующих агентов, каждый из которых имеет свое поведение и правила взаимодействия с другими агентами и окружающей средой.

Агенты могут быть представлены как программные объекты, которые могут обрабатывать информацию, принимать решения и взаимодействовать с другими агентами и средой. Каждый агент имеет свой набор характеристик, которые могут быть использованы для моделирования его поведения. Например, агентом может быть представлен человек, и его характеристики могут включать возраст, пол, доход, образование и т.д.

Агенты взаимодействуют друг с другом и с окружающей средой в соответствии с определенными правилами. Эти правила могут быть простыми или сложными, и могут включать различные алгоритмы принятия решений. Например, агенты



могут решать, куда переместиться на основе своей текущей позиции и наличия других агентов в окружающей среде.

Агентное моделирование может быть использовано для моделирования различных систем, включая социальные и экономические системы, экологические системы, транспортные системы, и т.д. АВМ может помочь в понимании того, как система функционирует и как изменения в системе могут влиять на поведение агентов и на систему в целом.

Одним из главных преимуществ агентного моделирования является его способность моделировать сложные системы с большим количеством взаимодействующих агентов. Кроме того, АВМ может помочь в исследовании поведения системы в ответ на различные внешние воздействия, такие как изменения в окружающей среде или политические решения.

Агентное моделирование может быть использовано для создания визуальных эффектов и компьютерной графики в фильмах. Одним из примеров агентного моделирования в кино является фильм “Матрица” (The Matrix) из 1999 года, где агенты представляются как программные сущности, которые могут перемещаться между различными виртуальными мирами. В этом фильме агенты обладают своим поведением и правилами взаимодействия друг с другом, которые были созданы на основе концепции агентного моделирования.

Еще один пример - фильм “Аватар” (Avatar) из 2009 года, в котором агентное моделирование было использовано для создания биологических существ, обитающих на планете Пандора. Агенты существ были созданы с использованием различных правил поведения, таких как иерархия стада и социальная организация.

## **2.4 Метод Монте-Карло**

Метод Монте-Карло - это статистический метод имитационного моделирования, который используется для решения задач, связанных с моделированием

случайных процессов и вычисления вероятностных характеристик систем. Он основан на генерации большого количества случайных чисел и проведении статистического анализа результатов.

Примеры использования метода Монте-Карло:

Оценка интегралов: Допустим, мы хотим вычислить значение определенного интеграла, например,  $\int_0^1 (x^2 + y^2) dx$ . Метод Монте-Карло позволяет решить эту задачу, генерируя случайные числа  $x$  и  $y$  в интервале от 0 до 1, и на основе этих значений вычислять значение функции. Затем, путем усреднения результатов по большому числу случайных точек, мы можем получить оценку значения интеграла.

Симуляция случайных процессов: Метод Монте-Карло также может быть использован для моделирования случайных процессов, таких как броуновское движение или флуктуации цен на финансовых рынках. В этом случае, мы генерируем случайные числа, которые используются для имитации случайных событий, таких как колебания цен, и затем анализируем результаты, чтобы получить представление о вероятностных характеристиках системы.

Оптимизация: Метод Монте-Карло также может быть использован для решения задач оптимизации, например, определения оптимального портфеля инвестиций. В этом случае, мы генерируем большое число случайных портфелей, каждый из которых состоит из разных инвестиционных активов, и затем находим портфель с наибольшей прибылью на основе статистического анализа результатов.

В целом, метод Монте-Карло позволяет решать широкий спектр задач, которые связаны с моделированием случайных процессов и вычислением вероятностных характеристик систем.

### 3 Сравнение методов

В таблице 3.1 приведено краткое описание всех перечисленных методов моделирования.

Таблица 3.1: Таблица сравнения основных методов имитационного моделирования

Имя метода	Описание	Преимущества	Недостатки
<b>дискретно-событийное моделирование</b>	изменения состояния системы в ответ на дискретные события	очень точное моделирование ситуаций, где существует множество дискретных событий	сложно моделировать ситуации, где события происходят непрерывно
<b>системная динамика</b>	анализ изменения системы во времени	способность моделировать сложные системы, учитывая динамические факторы	моделирование на основе системной динамики может быть сложным и требовательным к ресурсам

Имя метода	Описание	Преимущества	Недостатки
<b>агентное моделирование</b>	анализ взаимодействия индивидуальных агентов	способность моделировать поведение индивидуальных агентов, а также взаимодействия между ними	сложность в моделировании большого количества агентов
	использование комбинации различных методов для моделирования системы	способность моделировать сложные системы, комбинируя преимущества различных методов	требование больших ресурсов и сложности в реализации
<b>гибридное моделирование</b>	генерация случайных чисел и проведении статистического анализа результатов	широкий спектр задач, высокая точность при большом числе итераций	большое число итераций для достижения высокой точности
<b>метод Монте-Карло</b>			

## 4 Выводы

Таким образом, я могу сказать, что имитационное моделирование — это мощный инструмент для исследования и оптимизации сложных систем. Существует множество различных методов имитационного моделирования, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки. Выбор метода зависит от конкретной системы, которую необходимо моделировать.

## 5 Список литературы

1. Введение в имитационное моделирование
2. Имитационное моделирование
3. Агентное моделирование