

Использование различных сред в преподавании дисциплины «Имитационное моделирование»

Н. П. Можей, email: mozheynatalya@mail.ru

Е. А. Шинкевич, email: elena_s111@mail.ru

Белорусский государственный университет информатики и
радиоэлектроники

***Аннотация.** данной работе рассматриваются возможности использования различных сред в преподавании дисциплины «Имитационное моделирование». Описывается метод Монте-Карло для изучения сложных систем, примеры построения имитационных моделей с применением Excel, а также пакета SimEvents в системе Matlab.*

***Ключевые слова:** имитационное моделирование, метод Монте-Карло, образовательные технологии, система Matlab, пакет SimEvents.*

Введение

В настоящее время все чаще применяется имитационное моделирование. Интерес к данному виду моделирования усилился в связи с развитием систем моделирования, являющихся как мощным аналитическим средством, позволяющим производить сложные разноплановые расчеты и моделировать различные процессы, так и обладающих возможностями графической интерпретации выходных результатов моделирования, мультимедийных средств и видео, поддерживающих анимацию в реальном времени, объектно-ориентированное программирование, решение с использованием сети интернет и др. Поскольку технологии имитационного моделирования зачастую не требуют сложных технических устройств и особого программного обеспечения, они все чаще используются в различных сферах деятельности, в частности, в IT-сфере и в бизнесе. В экономическом анализе имитационное моделирование является наиболее универсальным инструментом в области финансового, стратегического планирования, в бизнес-планировании, управлении производством, логистике. В настоящей работе рассматриваются возможности использования различных сред в преподавании дисциплины «Имитационное моделирование».

1. Имитационное моделирование

Важнейшей целью рациональной деятельности человека является создание высокоэффективных систем, объектов, технологий процессов в экономике, технике, экологии, производстве, обществе. Краткий обзор возможностей таких систем приведён в [1]. Высокая эффективность предполагает достижения некоторых экстремальных характеристик, требующих для их нахождения применения математических методов. Сущность математического моделирования состоит в замене исходной системы (или процесса) ее математической моделью и дальнейшем экспериментировании с этой моделью при помощи вычислительно-логических алгоритмов. В книге [2] представлена технология компьютерного математического моделирования и приведены примеры.

В зависимости от математического аппарата, используемого при построении модели, и способа организации вычислительных экспериментов, можно выделить три взаимосвязанных вида моделирования: численное, статистическое, имитационное. Имитационное моделирование – это вид компьютерного моделирования, для которого характерно воспроизведение на ЭВМ (имитация) процесса функционирования исследуемой сложной системы. При этом имитируются элементарные явления, составляющие процесс, с сохранением их логической структуры и последовательности протекания во времени, что позволяет получить информацию о состоянии системы в заданные моменты.

2. Моделирование случайной величины

При моделировании сложных систем часто приходится иметь дело с переменными, значения которых определяются случайным образом. Например, момент поступления заказа или оплата банковского кредита. Соответствующая задача требует моделирования случайной величины, которая должна обладать определенными свойствами, чтобы при ее использовании в дальнейшем (при моделировании сложных процессов) не нарушались свойства моделируемых объектов.

Современные системы обладают возможностью генерировать случайные величины, однако существуют алгоритмы, позволяющие конструировать случайные величины, имеющие соответствующий закон распределения. На рис. 1 представлена работа одного из таких алгоритмов. По виду полученного рисунка можно утверждать, что генерация выполнена качественно и сгенерированные величины действительно являются случайными. Проверку качества сгенерированной последовательности случайных величин можно также осуществлять статистическими методами: построением гистограммы, применением критерия Пирсона и другими.

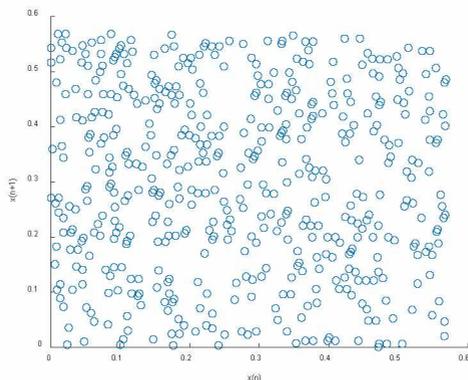


Рис. 1. Графическая интерпретация конгруэнтного метода моделирования

3. Метод Монте-Карло и его применение при решении задач

Метод Монте-Карло – это численный метод исследования математических моделей сложных систем, основанный на моделировании случайных элементов и последующем статистическом анализе результатов моделирования. Применение метода Монте-Карло позволяет изучать сложные системы, состоящие из тысяч или миллионов элементов, а также длинные промежутки модельного времени (при этом время моделирования может составлять всего несколько секунд).

Простейшие имитационные модели можно строить даже в Excel. На начальном этапе обучения этот табличный процессор гораздо предпочтительнее специальных сред, так как у студентов есть возможность посмотреть, как работает модель на каждом этапе, что позволит, при необходимости, в дальнейшем самостоятельно писать программы для имитационного моделирования более сложных процессов. Так, например, на рис. 2 представлено с применением Excel решение задачи теории надежности для устройства, имеющего пять элементов, вероятности выхода из строя которых известны. Решение заключается в генерации случайных чисел (используется генератор случайных чисел в Excel) в столбцах A-E и определении возможности выхода из строя отдельных элементов и прибора в целом (столбцы F-J). Далее, согласно методу Монте-Карло, подсчитывается вероятность выхода из строя всей системы.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
7	Случайные числа					Выход из строя прибора					Выход из строя системы	
8	1	2	3	4	5	1	2 и 3	4	5	Y		
9	58	0	4	47	14	0		1	0	1	1	
10	59	2	51	46	4	0		0	0	1	1	
11	87	29	78	0	29	0		0	1	0	1	
12	31	89	99	77	79	0		0	0	0	0	
13	96	13	68	86	73	0		0	0	0	0	
14	32	63	66	65	66	0		0	0	0	0	
15	79	69	72	9	9	0		0	1	1	1	
16	76	85	0	43	37	0		0	0	0	0	
17	99	49	55	83	49	0		0	0	0	0	
18	79	87	34	44	76	0		0	0	0	0	
19	31	42	31	36	58	0		0	0	0	0	
20	67	58	07	72	12	0		0	0	1	1	

Рис. 2. Имитационная модель решения задачи о надежности прибора

Рассмотрим задачу управления запасами. Если процесс достаточно простой, то его можно описать основной моделью с соответствующими дополнениями и рассчитать ее характеристики по формулам, если же, например, спрос является случайным, например, случайной величиной с нормальным законом распределения, и можно по имеющимся данным определить параметры этого распределения, то, используя имитационное моделирование, можно рассчитать необходимые характеристики и, для наглядности, построить графики, отражающие поведение системы к конкретный момент времени. На рис. 3 представлена возможная имитационная модель для решения такой задачи.

	A	B	C	D
1	Управление запасами			
2	Исходные данные			
3		Стоимость хранения, C_h =		60
4		Стоимость дефицита, C_d =		160
5		Объем заказа, $Part$, шт.=		50
6		Среднее значение спроса, MC , ш		40
7		СКО спроса, SC , шт.=		10
8				
9		Моделирование		
10		Реализация	Спрос, D	Издержки, C
11	50	1	25	1500
12	50	2	29	1260
13	50	3	36	840
14	50	4	50	0
15	50	5	35	900
16	50	6	44	360
17	50	7	34	960
18	50	8	48	120

Рис. 3. Имитационная модель решения задачи управления запасами

Аналогичным образом могут быть решены и более сложные задачи, например, если случаен не только спрос, но и срок выполнения заказа, если заказ на поставку новой партии товара подается тогда, когда остаток товара на складе достигает определенного порогового значения, и другие. В работе [3] рассматривается технология имитационного моделирования в среде Excel, приводятся работы по моделированию экономических объектов с помощью данного пакета, а также имитационные модели и шаблоны для имитации финансовых механизмов, управления производственными запасами, массового обслуживания, а также различных игр и др.

4. Применение системы Matlab

Если требуется рассмотреть более сложные процессы, то целесообразнее использовать, например, систему Matlab. В практике имитационного моделирования применяются два основных способа изменения модельного времени – с постоянным шагом и по особым состояниям. При выборе одного из этих методов важное значение имеет тип моделируемой системы: для непрерывных систем (с непрерывным временем смены состояний) по умолчанию используется переменный шаг приращения времени, а для дискретных систем следует устанавливать постоянный (фиксированный) шаг. В Matlab можно заставить модельное время изменяться по особым состояниям. Если структура исследуемой системы задана в виде блок-диаграммы, разработчик может в ходе моделирования выбирать метод отображения динамики системы.

Для структурно-имитационного моделирования благодаря широкой библиотеке и огромному количеству блоков удобно использовать пакет Simulink системы Matlab [4,5]. Имитационная модель в Simulink строится с применением стандартной библиотеки Simulink и SimEvent. SimEvent позволяет моделировать взаимодействия между компонентами, основанные на событиях, для дальнейшего анализа, оптимизировать сквозные задержки, пропускную способность, потерю пакетов и другие характеристики моделируемого процесса. SimEvent является одной из основных библиотек в Matlab, используемых в системе Simulink для моделирования систем с дискретными состояниями. Данная библиотека основывается на теории очередей и систем массового обслуживания, с помощью SimEvents можно создавать имитационные модели с проходящими через очереди объектами. SimEvents предоставляет возможность моделировать системы, зависящие не от времени, а от дискретных состояний, позволяет производить анализ таких характеристик модели как интенсивность потока, потеря пакетов и т.д.

В качестве примера рассмотрим схему системы массового обслуживания с отказами с одним обслуживающим устройством, где поток заявок распределен по экспоненциальному закону с параметром три, а поток обслуживаний распределен по экспоненциальному закону с параметром четыре. На рис. 4 представлен результат работы имитационной модели. Блоки Display выводят на экран результат работы выхода блока, к которому они присоединены. Блоки Scope строят графики, отражающие результат работы системы в заданные моменты времени. Стоит отметить, что, собрав схему, представленную на рис. 4, можно изменять параметры системы и, таким образом, изучать процесс и получать необходимые знания о исследуемом объекте.

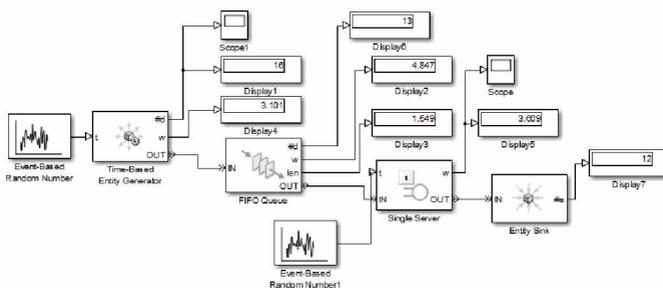


Рис. 4. Имитационная модель решения задачи управления запасами

Заключение

Рассмотрены возможности использования различных сред в преподавании дисциплины «Имитационное моделирование». Описан метод Монте-Карло для изучения сложных систем, приведены примеры построения имитационных моделей с применением Excel, а также пакета SimEvents в системе Matlab. Имитационное моделирование позволяет студентам на практике применять теоретические знания, повышать квалификацию и развивать профессиональные навыки, использование имитационного моделирования в подготовке специалистов имеет большой потенциал и перспективы для дальнейшего развития.

Список литературы

1. Якимов, И. М. Моделирование сложных систем в среде имитационного моделирования GPSS W с расширенным редактором / И.

М. Якимов, А. П. Кирпичников, В. В. Мокшин // Вестник Казанского технологического университета. 2014. – Т. 17. № 4. – С. 298-303.

2. Цисарь, И. Ф. Моделирование экономики в iThink_STELLA. Кризисы, налоги, инфляция, банки / И. Ф. Цисарь. – М.: Диалог-МИФИ, 2009. – 224 с.

3. Мицель, А. А. Имитационное моделирование экономических процессов в Excel: Учебно-методическое пособие / А. А. Мицель. — Томск: ТУСУР, 2019. – 115 с.

4. Дьяконов, В. П. Matlab 6.5 SP1/7 + Simulink 5/6 в математике и моделировании / В.П. Дьяконов. – М.: СОЛОН-Пресс, 2005. – 576 с.

5. Алексеев, Е. Р. MATLAB 7. Самоучитель / Е. Р. Алексеев, О. В. Чеснокова. – М.: ИТ Пресс, 2006. – 464 с.