

УДК 519.24

ПОСТРОЕНИЕ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ СО СЛУЧАЙНЫМИ СОБЫТИЯМИ И ПРОЦЕССАМИ

А.В. Иванова, Ф.Н. Абу-Абед

SIMULATION MODEL WITH RANDOM EVENTS AND PROCESSES

A.V. Ivanova, F.N. Abu-Abed

Аннотация. Имитационное моделирование позволяет создавать прототипы для гораздо более широкого спектра объектов и процессов, по сравнению с аналитическими моделями. В статье рассматриваются аспекты систем, подверженных влиянию случайных факторов и основные способы их представления в модели объекта.

Ключевые слова: имитационная модель, статистическое моделирование, случайное событие, вероятностные процессы.

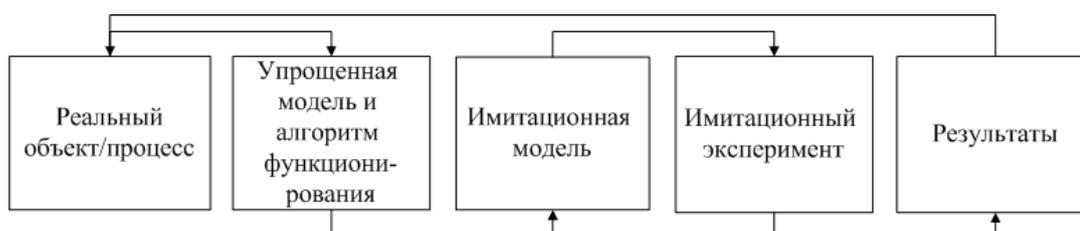
Abstract. Simulation allows us to create prototypes for a much wider range of objects and processes compared to analytical models. This article discusses aspects of the systems that are affected by random factors and the basic methods of their representation in the object model.

Keywords: simulation model, statistical modeling, random event, stochastic processes.

Имитационное моделирование – наиболее мощный и универсальный метод исследования и оценки эффективности систем, поведение которых зависит от воздействия случайных факторов. К таким системам можно отнести различные комплексы, подверженные случайным воздействиям или работающие в режимах нестабильной нагрузки, предприятия, функционирующие в условиях слаборегулируемых экономических отношений. Значительному расширению возможностей отображения и изучения сложных систем способствует использование вероятностных и статистических методов, что позволяет производить имитацию случайных процессов и явлений, возникающих при их функционировании.

Построение имитационной модели

Полученная в ходе имитационного моделирования информация будет наиболее объективной в случае максимального соответствия модели реальному объекту. Схема имитационных исследований показана на рисунке.



Структурная схема модели СТС

Разработка концептуальной модели для построения имитационной модели предполагает:

- 1) выявление основных процессов, которые должны быть учтены при моделировании, в том числе случайных и вероятностных;
- 2) выявление основных характеристик объекта;
- 3) определение множества переменных и параметров, влияющих на динамику этих характеристик;
- 4) определение множества входных и выходных данных модели, которые также могут быть случайными величинами;
- 5) установление границ и законов взаимодействия объекта с окружающей средой, в частности, определение законов случайных воздействий на объект;
- б) разработку причинно-следственных связей, временных отношений и гипотез, согласно которым осуществляется взаимное объединение всех перечисленных компонент в единую систему – имитационную модель [1].

Модели со случайными событиями и процессами

Существенное влияние на качество разработки отдельных блоков при разработке концептуальной модели оказывает выбор различных математических средств моделирования: аппарата дифференциальных уравнений, статистического моделирования, методов теории оптимального управления, алгоритмизации логических конструкций и т. п. При этом необходимо учитывать, что множество входных данных модели и процессы, связанные с ее функционированием или влияющие на него, а также другие параметры системы могут носить случайный характер, что имеет важное значение при ее алгоритмическом описании и требует особых подходов.

В тех случаях, когда не удастся представить систему с помощью детерминированных категорий, можно применить отображение ее с помощью случайных событий, процессов, которые описываются соответствующими вероятностными характеристиками и статистическими закономерностями [1].

Вероятностные модели можно разделить на две группы:

математическая модель, в которой можно точно указать законы распределения случайных величин, является теоретико-вероятностной;

математическая модель, в которой заранее нельзя указать законы распределения случайных величин, является статистической.

Представление вероятностных и статистических закономерностей

Статистические закономерности можно представить или в виде дискретных случайных величин и их вероятностей, или в виде непрерывных зависимостей распределения событий, процессов.

Для дискретных событий соотношение между возможными значениями x_i случайной величины X и их вероятностями $p_i = p(x_i) = P(X = x_i)$ записывают в виде ряда либо представляют в виде закона распределения – зависимостей $F(x)$.

Для непрерывных случайных величин (процессов) закон распределения представляют либо в виде функции распределения, либо в виде плотности вероятностей. В этом случае

$$p(x) = \frac{dF(x)}{dx} \text{ И } \Delta F(x) = p(x)\Delta x,$$

где $p(x)$ – вероятность попадания случайных событий в интервал от x до $x + \Delta x$.

Однако получение закона или определение изменений этого закона при прохождении через какие-либо устройства или среды представляет собой трудную задачу, поэтому в ряде случаев пользуются не распределением, а его характеристиками – начальными центральными моментами.

Наибольшее применение получили:

математическое ожидание (среднее значение случайной величины) $\bar{x} = \sum_{i=1}^n x_i p_i$,

– для дискретных величин, $\bar{x} = \int_{-\infty}^{\infty} p(x) dx$ – для непрерывных величин;

дисперсия случайной величины $\sigma_x^2 = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 p_i$ – для дискретных величин, $\sigma_x^2 = \int_{-\infty}^{\infty} (x_i - \bar{x})^2 p(x) dx$ – для непрерывных величин.

В некоторых ситуациях получение исходных статистических данных путем специально организованных экспериментов невозможно. В этом случае необходимый статистический материал может быть получен с помощью разработанных математических моделей, базирующихся на теории статистического имитационного моделирования случайных событий и величин – метода статистических испытаний метода Монте-Карло [1].

Мощным инструментом анализа с использованием имитационного моделирования является формирование входных измерительных воздействий в виде числовых последовательностей с известными характеристиками: заданным динамическим диапазоном воздействия, заданным законом распределения вероятностей случайной последовательности [2].

Таким образом, если в модели присутствует временной ряд реализации процесса и его поведение не удается описать с требуемой точностью аналитическим законом, то его обычно сводят к вероятностной мере. Аналогично, если в модели присутствует зависимость от случайных событий и факторов, в основу ее представления вводятся соответствующие компоненты с теоретико-вероятностными законами распределения случайных величин и статистические вероятности [3]. Далее осуществляется переход от качественных зависимостей концептуальной модели к точному алгоритмическому описанию.

Библиографический список

1. Моделирование сложных вероятностных систем / В.Г. Лисенко, О.Г. Трофимова, С.П. Трофимов, Н.Г. Дружинина, П.А. Дюгай. – Екатеринбург: УРФУ, 2011. – 200 с.

2. Рзиева М.Т. Формирование числовых последовательностей, имитирующих входные измерительные воздействия: дис. ... канд. техн. наук: спец.: 05.11.16 СПбГЭУ ЛЭТИ. – СПб., 2014. – 117 с.

3. Углев В.А. Выбор между методом Монте-Карло и гистограммной арифметикой при реализации моделей с элементами случайности // Шестая всероссийская научно-практическая конференция по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности «Имитационное моделирование. Теория и практика» (ИММОД-2013). – Казань, 2013. – С. 278–281.

Иванова Анна Викторовна
Тверской государственный
технический университет,
г. Тверь, Россия
E-mail: tiki.mikck@yandex.ru

Ivanova A.V.
Tver State Technical
University,
Tver, Russia.

Абу-Абед Фарес Надимович
Тверской государственный
технический университет,
г. Тверь, Россия
E-mail: aafares@mail.ru

Abu-Abed F.N.
Tver State Technical
University,
Tver, Russia