РАЗДЕЛ XI. МОДЕЛИРОВАНИЕ

Пряхин В.Н., Карапетян М.А., Максимов В.М.

Применение имитационного моделирования, как логико-математического описания технико-экономических объектов

Государственный университет «Дубна»
(Россия, Дубна)

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет-МСХА имени К.А. Тимирязева»
(Россия, Москва)

doi: 10.18411/sr-10-06-2021-28

Аннотация

Приведено логико-математическое описание объектов промышленного и с.-х. производства. Рассмотрен метод стохастического моделирования объектов. Описаны основные законы распределения вероятностей. Представлены этапы разработки имитационной модели реального объекта. Исследованы различные технико-экономические объекты производства.

Ключевые слова: патентная чистота; аналоги системы массового обслуживания; математическое ожидание; случайная функция; имитационная модель системы.

Abstract

A logical and mathematical description of industrial and agricultural objects is given. production. The method of stochastic modeling of objects is considered. The basic laws of probability distribution are described. The stages of development of a simulation model of a real object are presented. Various technical and economic objects of production have been investigated.

Keywords: patent clearance; queuing system analogues; expected value; random function; simulation model of the system.

Установлено, что имитационное моделирование, как частный случай математического моделирования широко применяется при исследовании различных объектов экономики, а также промышленного и с.-х. производства. Оно может быть использовано на компьютере в целях проектирования, анализа и оценки функционирования исследуемой системы, процесса или явления.

Данный метод позволяет имитировать поведение системы во времени. Причём плюсом является то, что временем в модели можно управлять, т.е. замедлять – в случае с быстротекущими процессами и ускорять для – для моделирования систем с медленной изменчивостью.

В случае, если имитируемый объект, подверженный влиянию случайных факторов, говорят о стохастическом (вероятностном) моделировании на ПК.

Метод стохастического моделирования (метод Монте-Карло, метод статических испытаний) представляет собой совокупность приёмов, позволяющих с помощью ПК имитировать (воспроизводить случайные объекты с целью нахождения их статистических характеристик.

При помощи этого метода можно искусственно воспроизвести любой случайный процесс с заданными законами распределения.

В технико-экономических процессах большое распространение для описания различных характеристик получило гамма-распределение, называемое также

распределением Пирсона типа III с плотностью распределения вероятностей следующего вида:

$$f(x) = \frac{\lambda^k}{\Gamma(k)} * x^{k-1} * e^{-\lambda x}, (x > 0), \quad (1)$$

где k, λ – любые положительные числа, причём k – целое;

$\Gamma(k)$ гамма функция Эйлера.

Для получения случайных чисел, имеющих гамма-распределение, можно воспользоваться следующим преобразованием:

$$\eta_i = -\frac{1}{\lambda} \sum_{j=1}^n \ln(1 - \varepsilon_j), \quad (2)$$

где ε – случайное число с равномерным законом распределения.

Для имитации СМО воспользуемся одним из методов статистического моделирования – имитационным моделированием.

При этом будем использовать пошаговый подход. Суть этого подхода в том, что состояния системы рассматриваются в последующие моменты времени, шаг между которыми является достаточно малым, что бы за его время произошло не более одного события.

Этапы создания имитационной модели следующие:

- 1) этап описания реально существующей системы в терминах характеристик основных событий. Эти события, как правило, связаны с переходами изучаемой системы из одного возможного состояния в другое и обозначаются как точки на временной оси. Для достижения основной цели моделирования достаточно наблюдать систему в момент реализации основных событий;
- 2) этап выбора единицы времени. В зависимости от природы моделируемой системы такой единицей может быть микросекунда, час, год и т.д.;
- 3) этап достижения изучаемой системой стационарного режима функционирования. В этом случае резко уменьшается выборочная дисперсия.

Для того чтобы получить данные с меньшей ошибкой можно выполнить следующие действия:

- 1) увеличить длительность времени имитационного моделирования процесса функционирования изучаемой системы. В этом случае не только увеличивается вероятность достижения системой стационарного режима функционирования, но и возрастает число n используемых псевдослучайных чисел, что также положительно влияет на качество получаемых результатов;
- 2) при фиксированной длительности времени T имитационного моделирования провести N вычислительных экспериментов, называемых ещё прогонами модели, с различными наборами псевдослучайных чисел, каждый из которых даёт одно наблюдение. Все прогоны начинаются при одном и том же начальном состоянии моделируемой системы, но с использованием различных наборов псевдослучайных чисел.

Если число N модели достаточно велико, то границы симметричного доверительного интервала для параметра x определяется следующим образом:

$$\begin{aligned} \bar{x} &= \underline{x} - t_v \frac{S}{\sqrt{N}}, \\ \bar{x} &= \bar{x} - t_v \frac{S}{\sqrt{N}}, \end{aligned} \quad (3)$$

где x – математическое ожидание (среднее значение) находится по формуле:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N x_k, \quad (4)$$

где S исправленная дисперсия.

$$S^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{k=1}^N (x_k - \bar{x})^2, \quad (5)$$

где N число прогонов программы;

v – надёжность;

$$t_v = t(v, N).$$

При исследовании различных технико-экономических объектов было установлено, что в их основе лежит многофункциональная СМО, т.е. система в которой поступившее требование может быть обслужено одним из нескольких каналов, входящих в блок обслуживания.

Задавшись целью провести поиск на патентную чистоту новых разработок, были выявлены аналоги разрабатываемой СМО (табл. 1)

Таблица 1

№ документа	Дата публикации	Авторы	Название
1	2	3	4
SU1649563A1	1991.05.15	Козлов А.Л.	Устройство для моделирования двухканальной СМО
RU21855706C1	2002.07.20	Гурева А.Ю.	Многоканальный ретранслятор
SU404092A1	1973.10.26	Баканович Э.А.	Стохастическая модель двухканальной СМО
SU1603397A1	1990.10.30	Козлов А.Л.	Устройство для моделирования СМО
SU983712A1	1982.12.23	Карбашов Ю.М.	Устройство для контроля хода программ
SU1064285A1	1983.12.30	Кузьменко В.Л	Устройство для моделирования нейронных ансамблей
SU1732490A1	1992.05.07	Коробцев Н.П.	Телефонный блокиратор.
RU2465647C1	2012.10.27	Парамонов Н.П (RU)	Устройство для моделирования СМО
SU1119024A1	1984.10.15	Баранов А.И.	Устройство для моделирования сетевых графиков
SU511583A1	1976.04.25	Ковалёв В.Н.	Устройство для опроса абонентов
RU2510953C2	2014.04.10	ФУРУТА Cure (jp)	Сдвиговый регистр. Схема управления дисплеем.
SU1432543A1	1988.10.23	Загурский В.Я.	Устройство передачи данных с звездообразной топологией
SU1061056A1	1983.12.15	Беззубцев В.В.	Цифровой измерительный многоточечный мост.
RU2488895C1	2013.07.27	ОКАВА хирокски (jp)	Сдвиговый регистр схема управления дисплеем, панель отображения и устройство отображения.
SU1406597A1	1988.06.30	Карабейский М.Д.	Устройство для опроса источников дискретных сообщений.
SU1388885A1	1988.04.15	Козлов А.Л.	Устройство для моделирования СМО
RU2112272C1	1988.05.27	Зотов И.В.	Модуль микроконтроллерной сети
SU1115057A1	1984.09.23	Адерихин И.В.	Устройство для контроля проводных каналов связи.

В практических расчётах часто для сокращения объёма вычислений приходится заменять математическое ожидание (МО) функцией от МО: Такие упрощения

неизбежны, особенно в сложных многошаговых моделях. Однако применять их надо осторожно, представляя последствия, к которым это может привести.

Во всех случаях надо стремиться сначала найти точные зависимости и осреднения проводить на конечных, а не на начальных этапах решения задачи. Все осреднения надо соразмерять с требуемой точностью результата расчёта.

При этом, как правило, точность применяемых приближений в общем виде оценить практически невозможно. Тем большую важность приобретают проверки на отдельных частных случаях.

1. Иванов П.В., Ткаченко И.В. Экономико-математическое моделирование В АПК: учебное пособие. – Ростов н/Д: Феникс, 2013. 254с
 2. Пряхин В.Н. Большаков Н.А. Зилонов М.О. Жуйков Ю.Ф. Вероятностное прогнозирование в условиях сельскохозяйственного производства. Аспирант и соискатель. М.: Изд-во Компания Спутник+, 2003, №5. С.213...215.
 3. Большаков Н.А. Зилонов М.О. Иванов Б.В. Пряхин В.Н. Пространственные распределения отказов, возникающие в стохастических системах. – М.: «Норма», 2003, вып. 4 - С. 111...113.
 4. Моделирование систем [Электронный ресурс]: <http://sardis-music.com/t3.html>.
-