

Занятие № 7

Формализация и алгоритмизация информационных процессов

С развитием вычислительной техники наиболее эффективным методом исследования больших систем стало машинное моделирование, без которого невозможно решение многих крупных народнохозяйственных проблем. Поэтому актуальными задачами являются освоение теории и методов математического моделирования с учетом требований системности, анализ динамики и возможности управления машинным экспериментом с моделью, анализ адекватности моделей исследуемых систем.

Общие методологические аспекты широкого класса математических моделей позволяют исследовать механизм явления, протекающие в реальном объекте с большими или малыми скоростями, когда в натуральных экспериментах с объектом трудно (или невозможно) проследить за изменениями, происходящими в течение короткого времени. или когда получение достоверных результатов сопряжено с длительным экспериментом. При необходимости машинная модель «растягивает» или «сжимает» реальное время, так как машинное моделирование связано с понятием системного времени, отличного от реального. Кроме того, с помощью машинного моделирования можно обучать персонал АСОИУ принятию решений в управлении объектом.

Сущность машинного моделирования системы состоит в проведении на ЭВМ эксперимента с моделью, которая представляет собой некоторый программный комплекс, описывающий формально и (или) алгоритмически поведение элементов системы S в процессе ее функционирования, т. е. в их взаимодействии друг с другом и внешней средой E .

Требованиями пользователя к модели M процесса функционирования системы S являются:

1. Полнота модели должна предоставлять пользователю возможность получения необходимого набора оценок характеристик системы с требуемой

точностью и достоверностью.

2. Гибкость модели должна давать возможность воспроизведения различных ситуаций при варьировании структуры, алгоритмов и параметров системы.

3. Длительность разработки и реализации модели большой системы должна быть по возможности минимальной при учете ограничений на имеющиеся ресурсы.

4. Структура модели должна быть блочной, т. е. допускать возможность замены, добавления и исключения некоторых частей без переделки всей модели.

5. Информационное обеспечение должно предоставлять возможность эффективной работы модели с базой данных систем определенного класса.

6. Программные и технические средства должны обеспечивать эффективную (по быстродействию и памяти) машинную реализацию модели и удобное общение с ней пользователя.

7. Должно быть реализовано проведение целенаправленных (планируемых) машинных экспериментов с моделью системы с использованием аналитико-имитационного подхода при наличии ограниченных вычислительных ресурсов.

Моделирование систем с помощью ЭВМ можно использовать в следующих случаях: а) для исследования системы S до того, как она спроектирована, с целью определения чувствительности характеристики к изменениям структуры, алгоритмов и параметров объекта моделирования и внешней среды; б) на этапе проектирования системы S для анализа и синтеза различных вариантов системы и выбора среди конкурирующих таких вариантов; в) при эксплуатации системы, для получения информации, дополняющей результаты натуральных испытаний (эксплуатации) реальной системы, и получения прогнозов развития системы во времени.

1.1 Концептуальные модели

Первым этапом машинного моделирования является построение *концептуальной модели* M , системы S и ее формализация, т. е. основным

назначением этого этапа является переход от содержательного описания объекта к его математической модели. Наиболее ответственными и наименее формализованными моментами в этой работе являются проведение границы между системой S и внешней средой E , упрощение описания системы и построение сначала концептуальной, а затем формальной модели системы. Модель должна быть адекватной, иначе невозможно получить положительные результаты моделирования. Под адекватной моделью понимается модель, которая с определенной степенью приближения на уровне понимания моделируемой системы S разработчиком модели отражает процесс ее функционирования во внешней среде E .

Наиболее рационально строить модель функционирования системы по блочному принципу. Могут выделяться три автономные группы блоков такой модели:

1 группа: представляют собой имитатор воздействий внешней среды E на систему S ;

2 группа: является собственно моделью процесса функционирования исследуемой системы S ;

3 группа: служит для машинной реализации блоков двух первых групп, а также для фиксации и обработки результатов моделирования.

После перехода от описания | моделируемой системы S к ее модели M , построенной по блочному принципу, строятся математические модели процессов, происходящих в различных блоках. Математическая модель представляет собой совокупность соотношений (например, уравнений, логических условий, операторов), определяющих характеристики процесса функционирования системы S в зависимости от структуры системы, алгоритмов поведения, параметров системы, воздействий внешней среды E , начальных условий и времени

Формализации процесса функционирования любой системы S должно предшествовать изучение составляющих его явлений. Результатом является описание процесса, в котором изложены закономерности, характерные для

исследуемого процесса, и постановку прикладной задачи. Содержательное описание является исходным материалом для последующих этапов формализации. Для моделирования процесса функционирования системы на ЭВМ необходимо преобразовать математическую модель процесса в соответствующий моделирующий алгоритм и машинную программу.

Последовательность построения концептуальной модели M , системы и ее формализации:

1. Постановка задачи машинного моделирования системы.
2. Анализ задачи моделирования системы.
3. Определение требований к исходной информации об объекте моделирования и организация ее сбора.
4. Выдвижение гипотез и принятие предположений.
5. Определение параметров и переменных модели.
6. Установление основного содержания модели.
7. Обоснование критериев оценки эффективности системы.
8. Определение процедур аппроксимации;
9. Описание концептуальной модели системы.
10. Проверка достоверности концептуальной модели.
11. Составление технической документации по первому этапу.

2. Алгоритмизация моделей

Вторым этапом моделирования является этап алгоритмизации модели и ее машинная реализация. Этот этап представляет собой этап, направленный на реализацию идей и математических схем в виде машинной модели M процесса функционирования систем S .

Процесс функционирования системы S можно рассматривать как последовательную смену ее состояний $\vec{z} = z(z_1(t), z_2(t), \dots, z_k(t))$ в k -мерном пространстве. Задачей моделирования процесса функционирования исследуемой системы S является построение функций z , на основе которых можно провести вычисление интересующих характеристик процесса

функционирования системы. Для этого необходимы соотношения, связывающие функции z с переменными, параметрами и временем, а также начальные условия $z^{-0} = z(z_1(t_0), z_2(t_0), \dots, z_k(t_0))$ в момент времени $t=t_0$.

Существуют два типа состояний системы:

1) особые, присущие процессу функционирования системы только в некоторые моменты времени;

2) неособые, в которых процесс находится все остальное время. В этом случае функция состояния $z_i(t)$ могут изменяться скачкообразно, а между особыми – плавно.

Моделирующие алгоритмы могут быть построены по «принципу особых состояний». Обозначим скачкообразное (релейное) изменение состояния z как δz , а «принцип особых состояний» — как *принцип δz* .

«Принцип δz » дает возможность для ряда систем существенно уменьшить затраты машинного времени на реализацию моделирующих алгоритмов.

Удобной формой представления логической структуры моделей процессов функционирования систем и машинных программ является схема. На различных этапах моделирования составляются следующие схемы моделирующих алгоритмов и программ:

Обобщенная (укрупненная) схема моделирующего алгоритма задает общий порядок действий при моделировании системы без каких-либо уточняющих деталей.

Детальная схема моделирующего алгоритма содержит уточнения, отсутствующие в обобщенной схеме.

Логическая схема моделирующего алгоритма представляет собою логическую структуру модели процесса функционирования систем S .

Схема программы отображает порядок программной реализации моделирующего алгоритма с использованием конкретного математического обеспечения. Схема программы представляет собой интерпретацию логической схемы моделирующего алгоритма разработчиком программы на базе конкретного алгоритмического языка.

Этапы алгоритмизации модели и ее машинной реализации:

1. Построение логической схемы модели.
2. Получение математических соотношений.
3. Проверка достоверности модели системы.
4. Выбор инструментальных средств для моделирования.
5. Составление плана выполнения работ по программированию.
6. Спецификация и построение схемы программы.
7. Верификация и проверка достоверности схемы программы.
8. Проведение программирования модели.
9. Проверка достоверности программы.
10. Составление технической документации по второму этапу.

3. Общая характеристика метода статистического моделирования

Статистическое моделирование представляет собой метод получения с помощью ЭВМ статистически данных о процессах, происходящих в моделируемой системе.

Сущность метода статистического моделирования сводится к построению для процесса функционирования исследуемой системы S некоторого моделирующего алгоритма, имитирующего поведение и взаимодействие элементов системы с учетом случайных входных воздействий и воздействий внешней среды E , и реализации этого алгоритма с использованием программно-технических средств ЭВМ.

Метод применяется:

- 1) для изучения стохастических систем;
- 2) для решения детерминированных задач.

Особенностью применения метода заключается во втором методе. А именно замена детерминированной задачи эквивалентной схемой некоторой стохастической системы, выходные характеристики последней совпадают с результатом решения детерминированной задачи.

В результате статистического моделирования системы S получается серия частных значений искомым величин или функций, статистическая обработка которых позволяет получить сведения о поведении реального объекта или процесса в произвольные моменты времени. Если количество реализации N достаточно велико, то полученные результаты моделирования системы приобретают статистическую устойчивость и с достаточной точностью могут быть приняты в качестве оценок искомым характеристик процесса функционирования системы S .

Теоретической основой метода статистического моделирования систем на ЭВМ являются *предельные теоремы теории вероятностей*. Множества случайных явлений (событий, величин) подчиняются определенным закономерностям, позволяющим не только прогнозировать их поведение, но и количественно оценить некоторые средние их характеристики, проявляющие определенную устойчивость.

Примеры статистического моделирования. Методом статистического моделирования найти оценки выходных характеристик стохастической системы S_R , функционирование которой описывается следующими соотношениями:

$x = 1 - e^{-\lambda}$ - входное воздействие;

$v = 1 - e^{-\varphi}$ - воздействие внешней среды;

λ и φ - случайные величины, для которых известны функции распределения.

Целью моделирования является оценка математического ожидания $M[y]$ величины $y = \sqrt{x^2 + v^2}$

В качестве оценки математического ожидания $M[y]$, как следует из приведенных теорем теории вероятностей, может выступать среднее арифметическое, вычисленное по формуле

$$\bar{y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i$$

где y_i — случайное значение величины y ; N — число реализации мат. ожиданий, которое достаточно для статистической устойчивости результатов.

Структурная схема системы S_R показана на рис. 1.

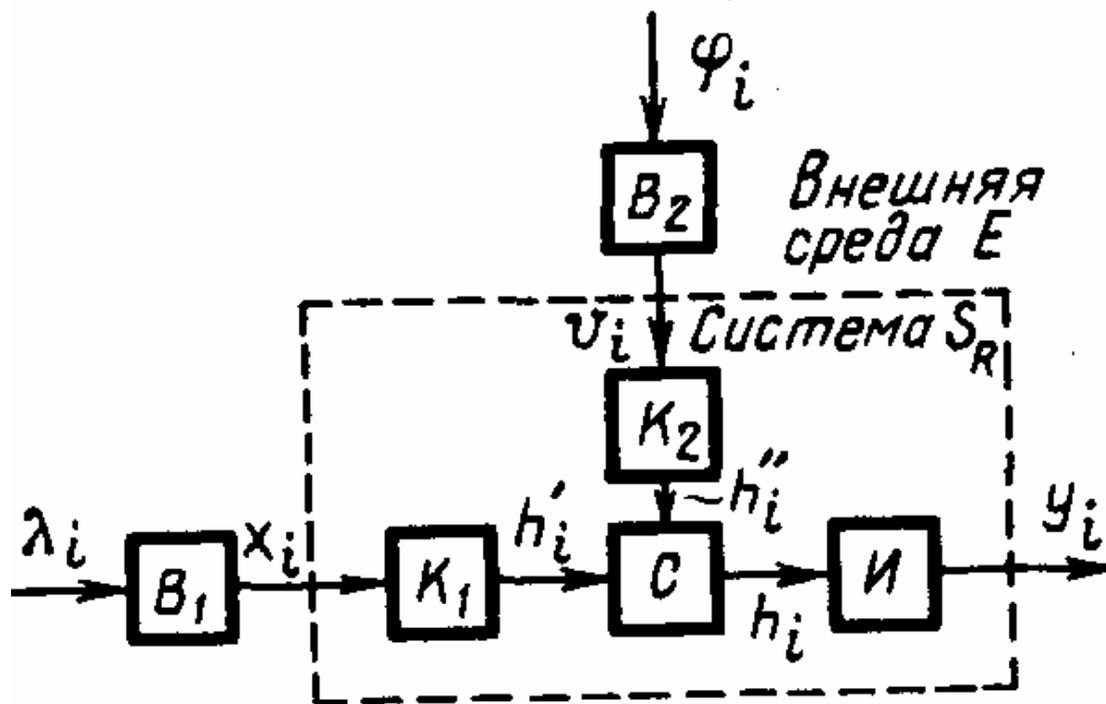


Рис. 1. Структурная схема системы S_R

Здесь элементы выполняют следующие функции:

вычисление

B_1, B_2 на выходе $x_i = 1 - e^{-\lambda_i}$ и $B_2: v_i = 1 - e^{-\varphi_i}$,

K_1 и K_2 : $h'_i = (1 - e^{-\lambda_i})^2$; $K_2: h''_i = (1 - e^{-\varphi_i})^2$;

суммирование C : $h_i = (1 - e^{-\lambda_i})^2 + (1 - e^{-\varphi_i})^2$;

извлечение квадратного корня $И$ $y_i = \sqrt{(1 - e^{-\lambda_i})^2 + (1 - e^{-\varphi_i})^2}$.

Схема алгоритма, реализующего метод статистического моделирования для оценки $M[y]$ системы S_R , приведена на рис. 2.

Здесь LA и FI — функции распределения случайных величин λ и φ ;

N — заданное число реализации;

$I=i$ — номер текущей реализации;

$$LAT = \lambda_i;$$

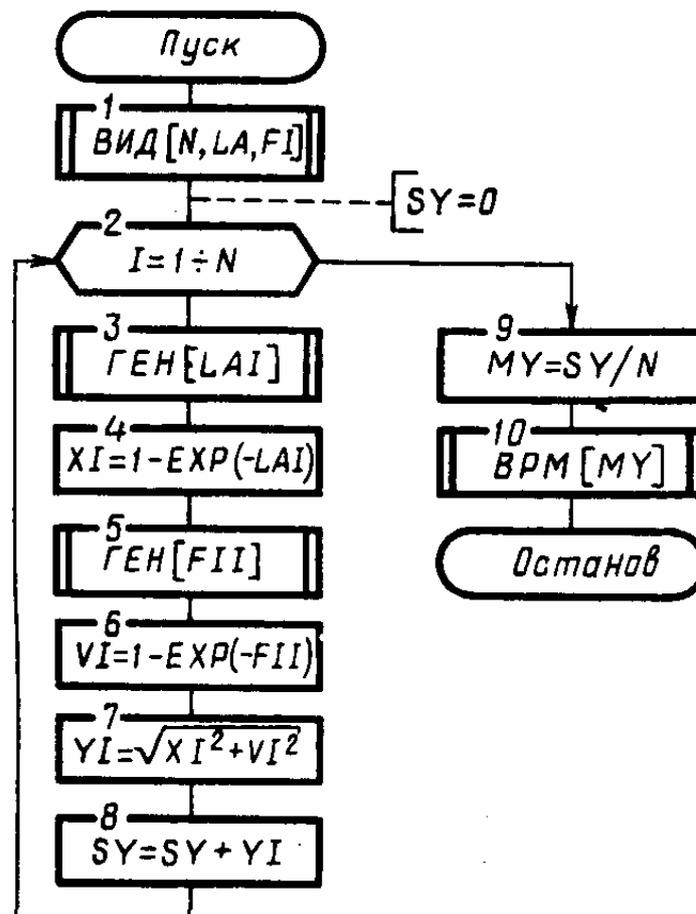
$$FII = \varphi_i;$$

$$EXP = e;$$

$$MY = M[y];$$

$$SY = \sum_{y=1}^N y_i$$

ВИД [...], ГЕН [...], ВРМ[...]—процедуры ввода исходных данных, генерации псевдослучайных последовательностей и выдачи результатов моделирования



соответственно.

Таким образом, данная модель позволяет получить методом статистического моделирования на ЭВМ статистическую оценку математического ожидания выходной характеристики $M[y]$ рассмотренной стохастической системы S_R . Точность и достоверность результатов взаимодействия в основном будут определяться числом реализации N .

Рис. 2. Схема моделирующего алгоритма системы S_R