

Иерархические модели функционирования систем

План

- Блочная конструкция модели
- Моделирование функционирования систем на базе Q-схем.

- Объекты информационных систем характеризуются сложностью структуры, алгоритмов поведения, многопараметричностью, что, естественно, приводит и к сложности их машинных моделей; это требует при их разработке построения иерархических модульных конструкций, а также использования формального описания внутрисистемных процессов. Типовые математические схемы являются связующим звеном в цепочке «концептуальная модель — машинная модель», позволяя эффективно решать при моделировании проблемы взаимодействия заказчика и исполнителя.

Блочная конструкция модели

- При машинной реализации любой из типовых математических схем (D, F, P, Q, N, A -схем) необходимо решить вопрос о взаимодействии блоков модели M_m при использовании аналитического, имитационного или комбинированного (аналитико-имитационного) подходов.
- Машинная модель M_m системы S представляется как совокупность блоков B_j . Каждый блок модели можно охарактеризовать конечным набором возможных состояний $\{z_{\omega}\}$, в которых он может находиться. Пусть в течение рассматриваемого интервала времени $(0, T)$, т. е. времени прогона модели, блок изменяет состояния в моменты времени t_j , где j — номер момента времени.

- Моменты времени смены состояний блока , можно условно разделить на три группы:
- 1) случайные моменты, связанные с внутренними свойствами части системы S , соответствующей данному блоку;
- 2) случайные моменты, связанные с изменением состояний других блоков (включая блоки, имитирующие воздействия внешней среды E);
- 3) детерминированные моменты, связанные с заданным расписанием функционирования блоков модели.
- При моделировании для каждого блока модели , , необходимо фиксировать момент очередного перехода блока в новое состояние и номер этого состояния s_i , образуя при этом массив состояний. Этот массив отражает динамику функционирования модели системы, так как в нем фиксируются все изменения в процессе функционирования моделируемой системы S по времени. В начале моделирования в массив состояний должны быть занесены исходные состояния, заданные начальными условиями.

- При машинной реализации модели M_m ее блоки, имеющие аналогичные функции, могут быть представлены в виде отдельных программных модулей. Работа каждого такого модуля имитирует работу всех однотипных блоков.
- Типовая укрупненная схема моделирующего алгоритма, построенного по блочному принципу, для систем с дискретными событиями рис. 1.

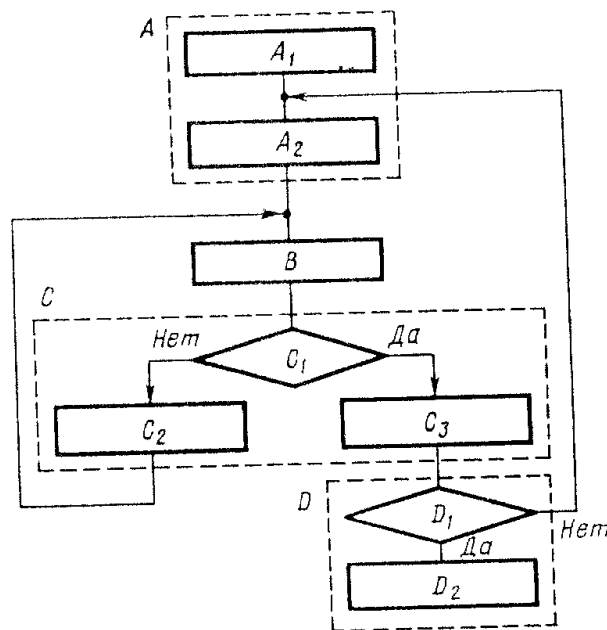


Рис. 1.

- Эта схема содержит следующие укрупненные модули: A — модуль задания начальных значений состояний, содержащий два подмодуля (A_1 — для задания начальных состояний моделируемого варианта и A_2 , — для задания начальных состояний для одного прогона модели); B — модуль определения очередного момента смены состояния, осуществляющий просмотр массива состояний и выбирающий блок модели i , с минимальным временем смены состояния \min ; C — модуль логического переключения, содержащий три подмодуля (C_1 — для логического перехода по номеру блока модели i или по времени T , т. е. для решения вопроса о завершении прогона; C_2 — для фиксации информации о состояниях, меняющихся при просмотре блока, а также для определения момента следующей смены состояния блока m ; и номера следующего особого состояния s_{oi} ; C_3 — для завершения прогона в случае, когда i , фиксации и предварительной обработки результатов моделирования); D — модуль управления и обработки, содержащий два подмодуля (D_1 — для проверки окончания исследования варианта модели M_m по заданному числу прогонов или по точности результатов моделирования; D_2 — для окончательной обработки информации, полученной на модели M_m и выдачи результатов моделирования).

Моделирование функционирования систем на базе Q-схем.

- Характерная ситуация в работе таких систем — появление заявок (требований) на обслуживание и завершение обслуживания в случайные моменты времени, т.е. стохастический характер процесса их функционирования. В общем случае моменты поступления заявок в систему S из внешней среды E образуют входящий поток, а моменты окончания обслуживания образуют выходящий поток обслуженных заявок.
- Формализуя какую-либо реальную систему с помощью Q -схемы, необходимо построить структуру такой системы. В качестве элементов структуры Q -схем рассматриваются элементы трех типов:
 - I — источники;
 - H — накопители;
 - K — каналы обслуживания заявок.
- Q -схему можно считать заданной, если определены:
 - потоки событий (входящие потоки заявок и потоки обслуживания для каждого H и K);
 - структура системы S (число фаз L^Φ , число каналов обслуживания L^K , число накопителей L^H каждой из L^Φ фаз обслуживания заявок и связи I, H и K);
 - алгоритмы функционирования системы (дисциплины ожидания заявок в H и выбора на обслуживание K , правила ухода заявок из H и K).
- При моделировании систем, формализуемых в виде Q -схем, часто возникают задачи имитации потоков заявок с некоторыми ограничениями, позволяющими упростить как математическое описание, так и программную реализацию генераторов потоков заявок.

- Так, для ординарных потоков с ограниченным последствием интервалы между моментами поступления заявок являются независимыми и совместная плотность распределения может быть представлена в виде произведения частных законов распределения
- Где, при $i > 1$ являются условными функциями плотности величин y_i при условии, что в момент начала i -го интервала поступит заявка. Относительно начального момента времени t_0 никаких предположений не делается, поэтому функция — безусловная.
- Порядок моделирования моментов появления заявок в стационарном потоке с ограниченным последствием следующий. Из последовательности случайных чисел, равномерно распределенных на интервале $(0, 1)$, выбирается случайная величина и формируется первый интервал y_1 в соответствии с

$$f_i(y_i) = \lambda \left(1 - \int_0^{y_i} f(y) dy \right) \quad (14.1)$$

- где λ - интенсивность потока событий, любым из способов формирования случайной величины. Момент наступления первого события $t_1 = t_0 + y_1$ следующие моменты появления событий определяются как

$$t_2 = t_1 + y_2, \dots, t_k = t_{k-1} + y_k \quad (14.2)$$

- где y_k — случайная величина с плотностью $f(y)$.

- Моделирующий алгоритм должен адекватно отражать процесс функционирования системы S и в то же время не создавать трудностей при машинной реализации модели M_m . При этом моделирующий алгоритм должен отвечать следующим основным требованиям:
- **обладать универсальностью относительно структуры, алгоритмов функционирования и параметров системы S ;**
- **обеспечивать одновременную (в один и тот же момент системного времени) и независимую работу необходимого числа элементов системы S ;**
- **укладываться в приемлемые затраты ресурсов ЭВМ (машинного времени и памяти) для реализации машинного эксперимента;**
- **проводить разбиение на достаточно автономные логические части, т. е. возможность построения блочной структуры алгоритма;**
- **гарантировать выполнение рекуррентного правила — событие, происходящее в момент времени t_k , может моделироваться только после того, как промоделированы все события, произошедшие в момент времени $t_{k-1} < t_k$.**
- Существует два основных принципа построения моделирующих алгоритмов: «принцип Δf » и «принцип δz ». При построении моделирующего алгоритма Q -схемы по «принципу Δf », т. е. алгоритма с детерминированным шагом, необходимо для построения адекватной модели M_m определить минимальный интервал времени между соседними событиями $\Delta t' = \min\{u_i\}$ (во входящих потоках и потоках обслуживания) и принять, что шаг моделирования равен $\Delta t'$.

- Моделирующие алгоритмы со случайным шагом могут быть реализованы синхронным и асинхронным способами.
- При синхронном способе один из элементов Q -схемы (I , H или K) выбирается в качестве ведущего и по нему «синхронизируется» весь процесс моделирования.
- При асинхронном способе построения моделирующего алгоритма ведущий (синхронизирующий) элемент не используется, а очередному шагу моделирования (просмотру элементов Q -схемы) может соответствовать любое особое состояние всего множества элементов I , H и K . При этом просмотр элементов Q -схемы организован так, что при каждом особом состоянии либо циклически просматриваются все элементы, либо спорадически — только те, которые могут в этом случае изменить свое состояние (просмотр с прогнозированием).

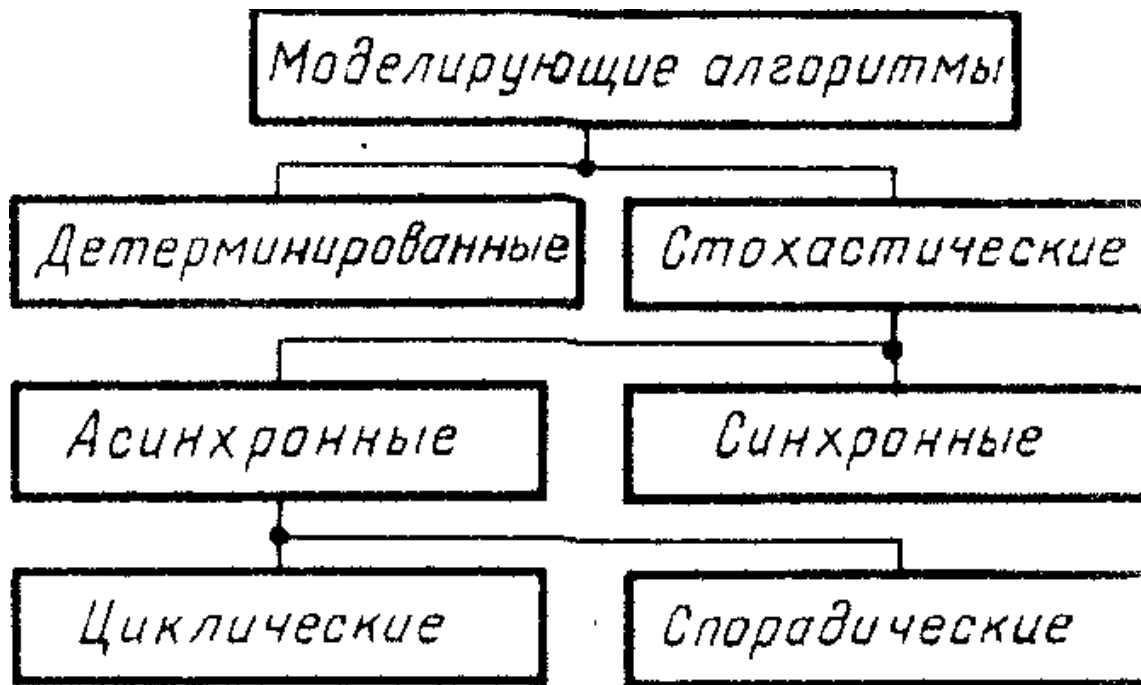


Рис. 2.

- Классификация возможных способов построения моделирующих алгоритмов Q -схем приведена на рис. 2.

- В стохастическом синхронном алгоритме рассматриваются прошлые изменения состояний элементов Q -схемы, которые произошли с момента предыдущего просмотра состояний, что несколько усложняет логику этих алгоритмов.
- Асинхронный спорадический алгоритм позволяет просматривать при моделировании только те элементы Q -схемы, изменения состояний которых могли иметь место на данном интервале системного времени, что приводит к некоторому упрощению этих моделирующих алгоритмов по сравнению с синхронными алгоритмами и существенному уменьшению затрат машинного времени по сравнению с детерминированными и циклическими алгоритмами.
- К настоящему времени накоплен значительный опыт моделирования Q -схем (при их классическом рассмотрении или в различных приложениях). Рассмотренные моделирующие алгоритмы позволяют практически отразить все возможные варианты многофазных и многоканальных Q -схем, а также провести исследование всего спектра их вероятностно-временных характеристик, различных выходных характеристик, интересующих исследователя или разработчика системы S .