

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ С ОГРАНИЧЕННЫМ ВРЕМЕНЕМ ОЖИДАНИЯ

В. В. Миняев (Москва)

Объектом имитационного моделирования является система S массового обслуживания с ограниченным временем ожидания (в дальнейшем просто «система»), предназначенная для обслуживания потока заявок $\{t_k, c_k\}$, поступающих на входы системы в течение отрезка времени $[0, t_T]$. Здесь c_k - заявка с номером k , $k = \overline{1, K}$, t_k - момент времени поступления заявки, K - общее число заявок в потоке.

Система представляет собой совокупность (множество) элементов $\{s_{i,j}\}$, т. е.

$$S = \bigcup_i S_i = \bigcup_i \left(\bigcup_j s_{i,j} \right), \quad i = \overline{1, N_s}, \quad j = \overline{1, N_i},$$

$$s_{i,j} = s_{i,j}(X_{i,j}(t), \Lambda_i, r_{i,j}(t)), \quad X_{i,j} \in E, \quad r_{i,j}(t) \in R_i,$$

где S_i - i -я подсистема (компонента) системы; N_s - число подсистем в системе; $s_{i,j}$ - элемент системы (j -й элемент i -й подсистемы); N_i - число элементов в i -й подсистеме; $X_{i,j}$ - текущий вектор состояния элемента; t - текущее (реальное) время; Λ_i - вектор параметров элемента; $r_{i,j}(t)$ - текущий ресурс элемента; R_i - полный ресурс элемента; E - пространство состояния с системой отсчета

$$(t_0 \in [0, t_T], X(t_0) = X_0).$$

Таким образом, система S включает в себя N_s разнотипных подсистем, различающихся векторами параметров Λ_i , а каждая подсистема S_i состоит из N_i однотипных по параметрам Λ_i элементов $s_{i,j}$.

Число элементов и полный ресурс системы

$$N_s = \sum_{i=0}^{N_s} N_i, \quad R_s = \sum_{i=0}^{N_s} \sum_{j=0}^{N_i} R_{i,j}.$$

Конкретная заявка c_k характеризуется принадлежностью к классу m и подклассу n , которые устанавливаются в результате идентификации:

$$c_k = c_{m,n,k} \in C = \bigcup_m C_m = \bigcup_m \left(\bigcup_n C_{m,n} \right), \quad m = \overline{1, M_c}, \quad n = \overline{1, M_m}, \quad k = \overline{1, K},$$

где C - разнообразие заявок, подлежащих обслуживанию; C_m - класс заявок; $C_{m,n}$ - n -й подкласс m -го класса заявок; M_c - число классов заявок; M_m - число подклассов в классе m .

Общее число заявок в потоке

$$K = \sum_{m=0}^{M_c} \sum_{n=0}^{M_m} M_{m,n},$$

где $M_{m,n}$ - число заявок подкласса $C_{m,n}$.

Наблюдаемая во времени идентифицированная заявка $c_{m,n,k}$ характеризуется также вектором состояния $Y_{m,n,k}(t)$, вектором параметров $Q_{m,n}$ и стратегией действия

$$Z_{m,n,k}(t), \text{ т. е. } c_{m,n,k} = c_{m,n,k}(Y_{m,n,k}(t), Q_{m,n}, Z_{m,n,k}(t)).$$

Система функционирует по следующему алгоритму:

1. Сопровождение заявок.

1.1. Обнаружение в момент времени t_k заявки c_k ;

1.2. Ее идентификация ($c_k \equiv c_{m,n,k}$) - определение принадлежности к классу m и подклассу n ;

1.3. Отслеживание ее текущего состояния $Y_{m,n,k}(t)$ в течение времени $T_{k,H} \in [t_k, t]$;

1.4. Идентификация стратегии действия $Z_{m,n,k}(t)$ заявки по результатам наблюдения ее состояния во времени;

1.5. Постановка заявки $c_{m,n,k}$ в очередь P на обслуживание с присвоением ей номера $p \in P$ ($c_{m,n,k} \equiv c_p$) в зависимости от значения приоритетности

$$\Pi_k = \Pi(m, n, Y_{m,n,k}(t_k), Z_{m,n,k}(t)), \quad t > t_k,$$

и порядка отношения

$$\Pi_{p-1} < (\Pi_p = \Pi_k) < \Pi_{p+1},$$

где Π_{p-1} , Π_{p+1} - значения приоритетности заявок из очереди с порядковыми номерами $p-1$ и $p+1$;

1.6. Назначение элемента $s_{i,j} \in S$ системы для обслуживания заявки c_p , осуществляемое в два этапа:

а). Определение подмножества $S_k \in S$ элементов системы, которые в состоянии обслужить заявку c_p

$$S_k = \{s_{m,n} | T_{m,n,k} \geq T_{m,n}, T_{m,n} \in [t_k, t_T]\}$$

где $T_{m,n,k}$ - резерв времени на обслуживание заявки; $T_{m,n}$ - время, достаточное для обслуживания заявки элементом системы подкласса $C_{m,n}$;

б). Выбор элемента $s_{i,j} \equiv s_p \in S_k \in S$ системы для обслуживания заявки c_p в соответствии с критерием эффективности

$$\min_{s_{i,j} \in S_k} J(m, n, Y_{m,n,k}(t_k), Z_{m,n,k}(t_k), X_{i,j}(t_k)).$$

2. Обслуживание заявок.

2.1. Обслуживание самой приоритетной заявки из очереди (заявки с наименьшим номером $p \in P$);

2.2. Исключение обслуженной заявки из очереди;

2.3. Подсчет оставшегося ресурса.

Цель имитационного моделирования состоит в выработке правил принятия эффективных решений в системе при обслуживании конкретного потока заявок (стратегии ее функционирования) на основе обработки, анализа и обобщения результатов моделирования многообразия возможных потоков заявок).

Имитационная модель реализуется на языке программирования Фортран и включает следующие модули:

- модуль задания конфигурации системы (задание числа подсистем и числа элементов в каждой подсистеме);
- модуль инициализации параметров элементов для каждого подкласса элементов;
- модуль задания исходного вектора состояния элементов;
- модуль задания начальных ресурсов системы;
- модуль задания потока заявок;
- модуль алгоритмов функционирования элементов системы (алгоритмы строятся по способу шагов до следующего события [1]);
- модуль взаимодействия алгоритмов функционирования элементов при одновременном сопровождении и обслуживании нескольких заявок потока (взаимодействие алгоритмов осуществляется привязкой локального времени элементов системы к модельному времени);
- модуль стратегий поведения заявок (из заданного множества возможных стратегий);
- модуль оценки эффективности системы (по критерию максимального числа обслуженных заявок при минимальном расходе ресурса системы);
- модуль условий окончания имитации (до исчерпания очереди или ресурса).

Имитационная модель строится по блочно-модульному принципу, что позволяет модифицировать ее либо изменением структуры, либо изменением состава входящих в нее модулей.

Имитационная модель служит средством изучения системы - вариантов структуры системы, определения степени влияния изменения параметров элементов, начальных состояний элементов и стратегий действия заявок на эффективность системы; является инструментом для предварительной проверки стратегий принятия решений и выработки четких правил принятия решений в конкретных ситуациях.

Литература

1. **Максимей И.В.** Имитационное моделирование на ЭВМ. – М.: Радио и связь, 1988. – 232 с.