

**О ФОРМАХ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ИМИТАЦИОННЫХ СОБЫТИЙНЫХ МОДЕЛЕЙ  
ДИСКРЕТНЫХ СИСТЕМ****Е.А. Бабкин, В.В. Разиньков (Курск)**

Существуют две основных разновидности дискретно-событийных моделей: процессные и событийные. Если в процессных моделях функционирование дискретных систем описывается в виде последовательностей действий (операций) над заявками, то в событийных – в виде последовательностей событий, происходящих в системе. Событийное моделирование мало распространено. Однако событийные модели, то есть описание функционирования системы в терминах событий, может использоваться, во-первых, для представления и формализации концептуальной модели системы, когда исходное неформализованное описание имеет событийный акцент (характер), и, во-вторых, как промежуточная формальная модель при преобразовании формальной модели другого вида в программную модель [1]. Сложность реализации имитационных событийных моделей на программном уровне значительно меньше, чем процессных моделей.

Известны две формы представления событийных моделей: графическая и символьная.

Графическим представлением событийной модели ДС является событийный граф. Событийный граф представляет процесс функционирования ДС в терминах событий и отображает причинно-следственные связи между ними.

Возможны два способа графического представления событийных графов.

**Первый способ графического представления событийных графов**

В работе [2] рассмотрен подход к построению событийных графов с использованием четырех типов вершин и четырех типов дуг (рис. 1).

Вершина первого типа отображает событие  $e_i$ . В этой вершине выполняются все действия по изменению состояний соответствующих объектов ДС. Вершина может иметь любое количество входов и только один выход.

Вершина второго типа  $P_j$  отображает условное разветвление по логическому условию  $P_j$ . В этой вершине определяется логическое выражение или набор логических выражений  $f_{P_j}$ , в зависимости от истинности которых происходит переход по соответствующему выходу вершины. Вершина может иметь любое количество входов и один или более выходов. Каждый выход вершины помечается в квадратных скобках соответствующим значением логического выражения  $f_{P_j}$ , например, [0] или [1], [да] или [нет]. Выходы вершины могут также помечаться в квадратных скобках самими логическими выражениями, при истинности которых выполняется следование соответствующих событий, например,  $[x = 0]$ .

Вершина третьего типа  $A$  отображает распараллеливание выполнения процесса. Вершина может иметь любое количество входов и два или более выходов.

Вершина четвертого типа  $B$  отображает окончание распараллеливания выполнения процесса. В этой вершине вычисляется логическое выражение  $f_B$  окончания распараллеливания, в зависимости от истинности которого происходит переход к следующей вершине событийного графа. Вершина помечается в квадратных скобках именем или самим логическим выражением  $f_B$ . Вершина может иметь два или более входов и только один выход.

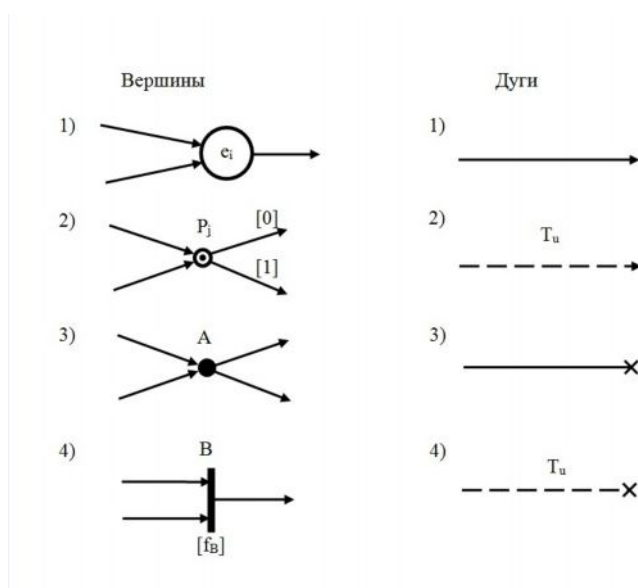


Рис. 1. Графические обозначения элементов событийного графа

Дуга первого типа отображает причинно-следственную связь между событиями  $e_i$  и  $e_v$  без задержки во времени ( $T = 0$ ), то есть это дуга мгновенного следования события  $e_v$  после события  $e_i$  (рис. 2).

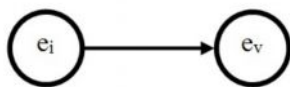


Рис. 2. Безусловное мгновенное следование события  $e_v$  после  $e_i$

Дуга второго типа (дуга планирования событий) – с задержкой во времени  $T_{iv}$  ( $0$ ), то есть это дуга следования события  $e_v$  после  $e_i$  с задержкой (рис. 3). Дуга второго типа помечается величиной задержки  $T_{iv}$ .

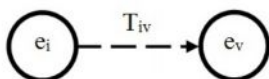


Рис. 3. Безусловное следование с задержкой  $T_{iv}$  события  $e_v$  после  $e_i$

Дуга третьего типа отображает причинно-следственную связь отмены события  $e_v$  после события  $e_i$  без задержки во времени ( $T = 0$ ), то есть это дуга мгновенной отмены события  $e_v$  после события  $e_i$  (рис. 4).

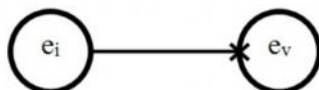


Рис. 4. Безусловная мгновенная отмена события  $e_v$  после выполнения  $e_i$

Дуга четвертого типа отображает причинно-следственную связь отмены события  $e_v$  после события  $e_i$  с задержкой во времени  $T_{iv}$  ( $0$ , то есть это дуга отмены с задержкой события  $e_v$  после события  $e_i$  (рис. 5). Дуга четвертого типа помечается величиной задержки  $T_{iv}$ .

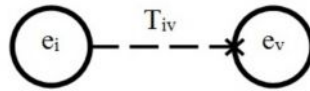


Рис. 5. Безусловная отмена с задержкой  $T_{iv}$  события  $e_v$  после выполнения  $e_i$

Для отображения причинно-следственной связи между событиями (событийными вершинами  $e_i$ ) кроме дуг используются вершины  $P$ ,  $A$  и  $B$ .

Например, если после события  $e_i$  при выполнении условия  $P_j = 1$  должно мгновенно следовать событие  $e_u$ , а при выполнении условия  $P_j = 0$  должно быть запланировано через время  $T_{iv}$  событие  $e_v$ , то используется условная вершина  $P_j$  (рис. 6).

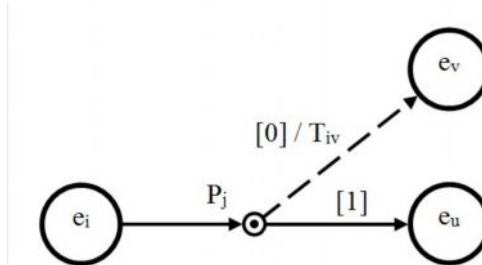


Рис. 6. Условное следование событий  $e_u$  и  $e_v$  после  $e_i$

Дуги, выходящие из условной вершины, помечаются значениями проверяемого условия или логическими выражениями, которые должны быть истинными при следовании событий. Значения условия или логические выражения условия помещаются в квадратные скобки:  $[0]$  и  $[1]$ . Дуга второго типа, соединяющая вершины  $P_j$  и  $e_v$ , помечается и значением условия  $[0]$  и временем планирования события  $T_{iv}$ . Синтаксис метки: Для условий  $P_{j0}$  и  $P_{j1}$  выходящих из вершины  $P_j$  дуг должно выполняться  $P_{j0} (P_{j1} = 1$  и  $P_{j0} [(P_{j1} = 0$ .

### Второй способ графического представления событийных графов

В этом случае событийный граф состоит только из событийных вершин и четырех типов дуг (см. рис. 1). Причем событийные вершины могут иметь произвольное число выходящих дуг. Дуги первого и третьего типа (мгновенное следование и мгновенная отмена) при условном следовании событий помечаются условием следования (отмены): [**условие** >]. Дуги второго и четвертого типа (следование и отмена событий с задержкой) помечаются условием следования (отмены) и временем задержки: Фрагмент событийного графа при условном следовании событий (см. рис. 6) для второго способа представления приведен на рисунке 7.

Достоинством первого способа является большая наглядность и детализация причинно-следственных связей событий. Достоинством второго способа является компактность событийных графов и единство представления графов на уровнях событий и макро-событий. К этому способу графического представления относится и предложенный Шру-

беном [3] граф событий (event graph), отличающийся только видом пометки и графическим изображением дуг.

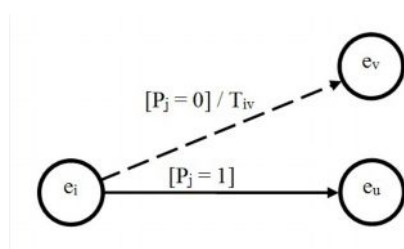


Рис. 7. Условное следование событий  $e_u$  и  $e_v$  после  $e_i$

Возможен также смешанный способ представления событийного графа, когда за основу берется второй способ, но в некоторых важных для графического отображения случаях используются дополнительные вершины второго, третьего и четвертого типов.

### Символьное представление событийных моделей

В работе [4] выделяются два вида зависимостей между событиями: причинно-следственная и информационная, – и вводятся два вида отношений: следования и отмены событий.

Если после события  $e_1$  через время  $\Delta t$  следует событие  $e_2$  при условии истинности  $c$ , то это в символьной форме можно представить следующим образом:

$$e_1 \mathbf{1} (c \rightarrow \uparrow \Delta t e_2).$$

Если событие  $e_1$  через время  $\Delta t$  отменяет событие  $e_2$  при условии истинности  $c$ , то это в символьной форме можно представить следующим образом:

$$e_1 \mathbf{1} (c \uparrow \rightarrow \downarrow \text{cancel} \uparrow \Delta t e_2).$$

Потоком событий [4] называется упорядоченное множество событий  $Tr = \{e_i | i = \overline{1, n}\}$ , здесь  $i$  – номер события в потоке. Событийная модель может быть представлена в виде совокупности потоков событий. Например, фрагмент событийного графа (см. рис. 6) может быть представлен в виде совокупности двух потоков:

$$\begin{aligned} \mathbb{K} [Tr]_{11} = e \downarrow i ((P_{ij} = 0) \rightarrow \uparrow T_{iv} e_{iv}), \\ \mathbb{K} [Tr]_{12} = e \downarrow i ((P_{ij} = 1) \rightarrow \uparrow 0 e_{iu}). \end{aligned}$$

Одной из проблем событийного моделирования является то, что одно и то же событийное поведение дискретной системы может быть представлено различными событийными графами, которые могут быть программно реализованы с различной эффективностью. Событийный граф неустойчив к влиянию мировоззрений исследователя. Для одной и той же системы разные исследователи могут построить различные событийные графы. В связи с этим возникает задача формализации эквивалентных преобразований, анализа и синтеза событийных графов. Для этого удобно использовать символьное представление событийной модели дискретной системы.

Рассмотренные формы представления могут использоваться совместно на различных этапах разработки, анализа и преобразований имитационной событийной модели. Первый способ графического представления событийных графов реализован в среде событийного имитационного моделирования ESIMPL [5] и успешно используется при обучении студентов направления «Информатика» в Курском государственном университете.

---

**Литература**

1. **Бабкин Е.А.** Событийные модели дискретных систем / Курск. гос. ун-т. – Курск, 2005. – 18 с. Деп. в ВИНТИ 14.01.05, № 30–В2005.
2. **Бабкин Е.А.** Методические указания по моделированию вычислительных систем на событийно-ориентированном языке. – Курск, КПИ, 1988. – 36 с.
3. **Schruben L.W.** Simulation Modeling with Event Graphs. // Communications of the ACM. – 1983. – Vol. 26. – Num. 11. – P. 957–963.
4. **Бабкин Е.А., Разиньков В.В.** Формальное представление событийных моделей дискретных систем // Ученые записки: Электронный научный журнал Курского государственного университета, № 4 (24), т.2, 2012, № гос. регистрации 0421200068\0201. – 10 с.
5. **Бабкин Е.А., Разиньков В.В.** Среда событийного имитационного моделирования ESimPL // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. – № 2013611592. – М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, 2013.