УДК 519.876.5

ЭВОЛЮЦИОНИРУЮЩИЕ СЕТИ ПЕТРИ

к.т.н. С.В. Корженевский, О.Ю. Батин
(представил д.т.н., проф. Е.И. Бобыр)

Предложен математический аппарат, представляющий собой некоторое развитие известных сетей Петри и Е – сетей для решения задач моделирования сложных систем.

В современных условиях бурного роста сложности информационных процессов и внедрения информационных технологий, как непосредственно производственного ресурса, моделирование все больше становится источником новых знаний, средством поиска оптимальных решений, а во многих случаях единственным методом поддержки принятия решений.

Цель статьи предложить в качестве средства описания моделей математический аппарат, представляющий собой некоторое развитие известных сетей Петри и Е - сетей [1, 2] в направлении динамических и эволюционных возможностей для решения задач моделирования сложных параллельных процессов и исследования проблем «искусственного интеллекта».

К недостаткам известных интерпретаций относится узкая их специализация и ограниченность применения. Это обусловлено тем, что при построении транслятора закладывается фиксированное число возможных структур позиций и переходов, производится жесткая привязка алгоритмов вычисления разрешающей функции и срабатывания перехода. И хотя правила построения и реализации Е - сетей позволяют несколько изменять структуру переходов в сети, вводя макро - переходы, и тем самым изменять статическую структуру сети, эти изменения недостаточны и в большинстве случаев затрудняют или делают невозможным процесс построения моделей для оптимизации систем со сложной динамической структурой, нейроподобных и эволюционирующих систем. Поэтому возникла необходимость формулировки таких правил построения и реализации сетей Петри, которые бы содержали универсальные вершины переходов с неограниченным числом входов и выходов и имели бы возможность динамически изменять свою структуру и правила поведения. В наибольшей степени для таких сетей подходит название эволюционирующих сетей Петри (**EvNP**).

Формальное описание эволюционирующих сетей Петри (EvNP) состоит в следующем. Эволюционирующей сетью Петри **EvNP** = **(P**, **T**, **K**, **Sev**, **Wev**, **Cev)** называется бихроматический граф, состоящий из двух непустых непересекающихся множеств вершин позиций **P** = **{P**, **Q}** и вершин переходов **T** = **{Tt**, **Et**, **At**, **Ft**, **Jt**, **XRt**, **YRt**, **Kt**, **KRt}**, связанных между собой дугами **K** по определенным начальным функциональным правилам **Sev**, изменяемым по правилам тенденций **Wev**, и целевой функции **Cev**.

K - начальная двумерная матрица инцидентности **Nt×Np**, где **Nt** - число строк, равное числу переходов в сети, **Np** - число столбцов равное числу позиций в сети, число **1** на пересечении столбца и строки обозначает соединение выхода соответствующей позиции со входом перехода, число **-1** обозначает соединение выхода перехода со входом соответствующей позиции. Отсутствие соединения обозначается числом - **0**.

Sev = **(L**, **B**, **R**, **Mr**, **C**, **Mc**, **Z**, **Mz**, **A**, **Ma)** - начальные функциональные правила; **L** - используемый алфавит, **L** = **UYV**, причем **U** - входные образы, которые имеют число элементов **UNt** большее или равное числу переходов в сети; **Y**- внутренние образы; **V**- выходные образы, также имеют число элементов **VNt**, большее или равное числу переходов;

B - функция обозначения **b: TL**; показывает, как входные образы из внешней среды связаны с сетью и как выходные образы воздействуют на внешнюю среду;

R - **{r1**, **r2**, ..., **r}** - множество функций разметок **r: P{0, 1}**, назначенных матрицей **Mr (Nt×1)**; число элементов в матрице равно числу переходов в сети, **i** - й элемент матрицы содержит номер функции разметки **rj∈R**, назначенный соответствующему **i** - му переходу;

C - **{c1**, **c2**, ..., **c}** - множество функций готовности переходов, назначенных матрицей **Mc (Nt×1)**; **i** - й элемент матрицы содержит номер функции готовности **cj C**, назначенной соответствующему **i** - му переходу;

Z - **{z1**, **z2**, ..., **z}** - множество функций задержки срабатывания переходов, назначенных матрицей **Mz (Nt×1)**; **i** - й элемент матрицы содержит номер функции задержки **zj∈Z**, назначенный **i** - му переходу;

A - **{a1**, **a2**, ..., **a}** - множество функций преобразования образов, матрица **Ma (Nt×1)** содержит номера функций и показывает назначение функции **aj∈A** соответствующему **i** - му переходу;

Wev = **(TE**, **Aw**, **Mw)** - правила тенденций содержат множество **TE** = **{X}** из векторов **X**, элементами которых являются ограничения тенденций, текущая тенденция и предыдущие тенденции глубиной **q**;

Aw - **{aw1**, **aw2**, ..., **aw}** - множество функций формирования тенденций, причем между векторами тенденций **xj∈TE** и функцией **awj∈Aw** имеется взаимно однозначное соответствие;

Mw ($N_t \times 1$) - матрица назначения функций формирования тенденций переходам, **i**-й элемент матрицы содержит номер функции;

Cev - целевая функция.

В составе входных **U** и выходных **V** образов выделяются соответствующие переходам символы **su** $\{0, 1\}$ и **sv** $\{0, 1\}$, причем каждому переходу один символ. Для входных образов **U**: значение 1 - запрет работы перехода, 0 - разрешение работы перехода. Для выходных образов **V** значение 1 соответствует запрету восприятия соответствующим переходом входных образов, 0 - разрешению. Внутренние образы предназначены для отражения текущего и предшествующих состояний модели.

Для увеличения моделирующих возможностей в состав множества функций готовности включаются простые и сложные функции готовности. Простые функции готовности являются стандартными, назначаемыми по умолчанию, конкретное содержание стандартной функции готовности определяется типом перехода. Стандартной функции доступны состояния позиций, непосредственно связанные с переходом по входу и выходу, и значение функции разметки. Сложные функции готовности, включая возможности стандартных, расширяются за счет доступа к состоянию произвольных позиций и значениям существующих образов.

Функции разметки также разделяются на простые (стандартные) и сложные. Простые функции разметки являются стандартными, назначаемыми по умолчанию, структура функции определяется типом перехода, а подмножество позиций, в которых разметка может измениться при срабатывании перехода, принадлежит только выходным позициям данного перехода. Сложные функции разметки не зависят от типа перехода, а подмножество позиций, в которых разметка может изменится, не ограничивается перечнем позиций, принадлежащих данному переходу.

Множество функций задержки времени срабатывания может включать в свой состав как функции, формирующие фиксированные значения времени задержки, так и функции, формирующие время задержки срабатывания переходов по определенным законам распределения. Параметры законов распределения принадлежат подмножеству внутренних образов **Y** и доступны функциям преобразования образов, что позволяет производить параметрическую настройку законов формирования времени задержки в процессе функционирования сети.

Конкретное содержание функций преобразования образов определяется в процессе создания модели. Сложность этих функций не ограничивается и занимает диапазон от простого копирования и накопления данных о результатах функционирования до реализации моделей подсистем, обеспечивая, таким образом, иерархическую многомерную структуру модели.

Приведенные выше функциональные правила и назначение их соответствующим переходам являются только исходными и фиксируют момент начала эволюции сети. В процессе функционирования эти правила могут изменяться, может расти или уменьшаться их количество, может изменяться назначение правил переходам. Количество переходов и позиций может изменяться в процессе функционирования сети, достигая некоторого структурного и функционального состояния, определяемого целевой функцией **Cev**.

Изменение правил осуществляется функциями преобразования внутренних образов под воздействием правил тенденций **Wev** и целевой функции **Cev**.

Функционирование сети определяется:

- моментами перехода от разметки к разметке в соответствии с функциональными правилами и результатами анализа множества внутренних и внешних образов;
- моментами оценки соответствия сети целевой функции;
- моментами генерации новых функциональных правил;
- моментами реконфигурации сети под воздействием правил тенденций **Wev** и целевой функции **Cev**.

Приведенное описание является прямым развитием сетей Петри и Е-сетей поскольку «замораживание» определенных свойств эволюционирующих сетей приводит к свойствам Е-сетей или одному из подвидов сетей Петри, подтверждая их «генетическое родство».

С другой стороны, представление описания состава и структуры сети как декларативной части, описание функционирования как совокупности правил поведения и правил реконфигурации сети как механизма развития, т.е. процедурной части, обеспечивают их эволюционность и связь с моделями и интерпретациям «искусственного интеллекта», открывая самую широкую область применения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем. - М.: Мир, 1984. – 264 с.

2. Применение микропроцессорных средств в системах передачи информации / Б.Я. Советов, О.И. Кутузов, Ю.А. Головкин, Ю.В. Аветов. – М.: Высш. шк., 1987. – 256 с.