

# АППАРАТ ЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ГИПЕРСЕГМЕНТНЫХ БАЗ ДАННЫХ С ИЗОБРАЖЕНИЯМИ

Смирнова Е.И., Емельянов Г.М.

Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого,  
Факультет математики и информатики, кафедра программного обеспечения  
вычислительной техники  
173003, Россия, г. Великий Новгород, ул. Б.-С.Петербургская, 41  
e-mail: [shi@novsu.ac.ru](mailto:shi@novsu.ac.ru), [gem@novsu.ac.ru](mailto:gem@novsu.ac.ru)

## ABSTRACT

Формальная алгебра есть основа инструмента конструирования логических структур данных, ориентированных на определенную модель. В данной работе в качестве основы для построения алгебры логического моделирования гиперсегментных информационных структур с изображениями предлагается аппарат ограниченных TS-сетей Петри, как ядро аппарата манипулирования структурированными образными данными.

## ВВЕДЕНИЕ

Логическое моделирование базы данных, благодаря формальному описанию объектов и связей между ними, позволяет любую информационную структуру, построенную в рамках определенной модели, воспринимать как объект конструирования для получения более сложных структур. При этом, помимо средств описания качественных характеристик исходных информационных объектов, логическая модель должна иметь в своем составе инструмент манипулирования данными и структурами данных. В качестве инструментария логической модели данных используется некий формализм, который позволяет описывать свойства и связи информационных объектов и определить набор операций над исходными структурами.

Для реляционной модели данных задача логического моделирования решена полностью. Реляционная модель имеет хорошо формализованный аппарат описания и манипулирования данными, что позволяет обращаться к данным в более абстрактной логической форме, обеспечивая легкость и гибкость при разработке кода приложения.

Гиперсегментные информационные структуры в силу своей динамичности, простоты представления цепочки контекстного поиска и возможности добавления в аппарат моделирования различных методов идентификации изображений, являются хорошим средством описания структур данных с изображениями, но не имеют формализованного аппарата, подобного реляционной алгебре.

В работе авторов [1] предложена концептуальная модель гиперсегментной структуры на базе классических сетей Петри с некоторыми ограничениями без описания инструментария. В данном исследовании в качестве основы для построения алгебры логического моделирования гиперсегментных структур в приложении к задачам построения гиперсегментных баз данных с изображениями предлагается аппарат ограниченных TS-сетей Петри.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕКТОВ ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА

Процесс функционирования поисковой системы, ориентированной на динамическую визуализацию информационных совокупностей со сложными внутренними связями, может быть формализован в виде концептуальной модели, построенной на базе теории

сетей Петри. В основе этой модели лежит понятие сети Петри [1] с ограниченной разметкой, которая определяется как кортеж  $N = \{P, T, F, H, M_0\}$ , где  $P = \{p_i\}, i = \overline{1, n}$  - множество позиций;  $T = \{t_j\}, j = \overline{1, m}$  - множество переходов, причем  $P \cap T = \emptyset$ ;  $F$  и  $H$  - отображения  $F: P \rightarrow T$ ;  $H: T \rightarrow P$ , задаваемые матрицами инцидентности  $M_0: P \rightarrow \{0, 1\}$  - начальная маркировка или разметка.

В рамках данной модели информационные элементы гипертекстового мультимедиа-приложения есть множество позиций  $P$ ; состояние системы определяется множеством активных (видимых) в данный момент элементов; активному (видимому) элементу соответствует помеченная позиция; активному множеству видимых элементов - некоторая разметка  $M$ ; множеству активных множеств - множество допустимых разметок; начальному множеству видимых элементов после активизации приложения - начальная разметка  $M_0$ ;  $T$  - множество всех возможных переходов от одного состояния системы к другому; смысл отображений  $F$  и  $H$  очевиден; равной вероятности реакций пользователя соответствует равновероятное срабатывание переходов.

Множество активных (визуализированных в некий момент времени на экране компьютера) элементов названо в рамках предложенной модели сценарием. Сценарий  $S_i$  определяется разметкой  $M_i = \{m_i^1(p_1), m_i^2(p_2), \dots, m_i^n(p_n)\}$ , которая представляет собой двоичный  $n$ -разрядный набор, где вершина  $p_j \in S_i$ , если разметка  $m_i^j(p_j) = 1$ , вершина  $p_j \notin S_i$ , если разметка вершины  $m_i^j(p_j) = 0$ .

Причем, поскольку сценарий есть набор визуализированных на экране элементов, то для любого информационного элемента из допустимого множества  $m_i^j(p_j) \leq 1 \quad \forall i, j$ .

Сценарии связаны между собой символами-переходами. Система функционируя переходит от сценария к сценарию, причем возможность выбора очередного сценария зависит от набора вершин текущего сценария. Другими словами, сценарий  $S_i$ , описывающий состояние системы в некий момент времени, подразумевает посредством символа-перехода  $t$  возможность перехода системы в другое состояние, описываемое сценарием  $S_j$ . Переходов по сценарию  $S_i$  может быть несколько, выбор любого из них зависит от действий пользователя, наблюдающего на экране визуализированные элементы, но каждый из переходов однозначно переводит систему в состояние, соответствующее выбранному переходу.

Определение понятия сценария позволяет выделить из множества ограниченных сетей Петри класс ограниченных TS-сетей с особыми свойствами.

Обозначим связывание сценария  $S_i$  со сценарием  $S_j$  через переход  $t_k: S_i \xrightarrow{t_k} S_j$ , если некоторое подмножество  $s_i^k$ , состоящее из вершин, входящих в сценарий  $S_i$ :  $s_i^k = \{p_i^{k_1}, p_i^{k_2}, \dots, p_i^{k_r}\} \subseteq S_i$  инициализирует активизацию некоторого подмножества вершин, входящих в сценарий  $S_j$ :  $\{p_j^{m_1}, p_j^{m_2}, \dots, p_j^{m_s}\} \subseteq S_j$ .

*Определение.* Сеть, порожденная связыванием посредством перехода  $t_k$  сценария  $S_i$  со сценарием  $S_j$ , которые определены на множестве всех допустимых сценариев, назовем

примитивной ограниченной  $TS$ -сетью, для которой  $P = S_i \cup S_j$ ,  $T = \{t_k\}$ , функции инцидентности формируются следующим образом:

$$F: P \times T \rightarrow \{1\} \quad \forall p \in S_i, \quad P \times T \rightarrow \{0\} \quad \forall p \in S_j \setminus S_i \cap S_j,$$

$$H: T \times P \rightarrow \{0\} \quad \forall p \in S_i \setminus S_i \cap S_j, \quad T \times S_j \rightarrow \{1\}.$$

Начальная разметка  $M_0: P \rightarrow \{0,1\}$ :  $m_0^k(p_k) = 1$ , если  $p_k \in S_i$ , и  $m_0^k(p_k) = 0$ , если  $p_k \in S_j$ .

Здесь необходимо отметить, что для любого множества сценариев, определенного на множестве допустимых информационных элементов,  $\exists i, j \in \{1, 2, \dots, n\}$  такие, что  $S_i \cap S_j \neq \emptyset$ , где  $i \neq j$ , но  $\forall i, j \in \{1, 2, \dots, n\}$   $S_i \neq S_j$ , если  $i \neq j$ .

Ограниченные сети Петри, порожденные множеством символов-переходов  $T$  на множестве сценариев  $S$ , назовем ограниченными  $TS$ -сетями Петри.

Сказанное означает, что в ограниченной  $TS$ -сети все фишки, помечившие вершины сценария  $S_i$  в результате срабатывания перехода  $t_i$  перейдут к вершинам сценария  $S_j$  в результате срабатывания разрешенного в рамках сценария  $S_i$  перехода  $t_j$ .

Выделенный класс ограниченных  $TS$ -сетей обладает рядом свойств, главными из которых являются следующие.

*Свойство 1.* В ограниченной  $TS$ -сети Петри для  $\forall t_j$ , разрешенного в рамках сценария  $S_i$ , выполнены два условия:

1) все вершины  $p_{i1} \dots p_{ik}$ , составляющие сценарий  $S_i$  и определяющие срабатывание перехода  $t_j$ , либо являются размеченными изначально, либо существует хотя бы один другой переход  $t_i$  такой, что вершины  $p_{i1} \dots p_{ik}$  приобретают разметку все одновременно в результате срабатывания перехода  $t_i$ .

2) разметка  $M_i$ , определяющая сценарий  $S_i$ , совпадает с вектором-столбцом матрицы  $F$ , соответствующим переходу  $t_j$ :  $\forall p_i \in P \quad M_i(p_i) = F(p_i, t_j)$ . Причем, возможно существование другого, отличного от  $t_j$ , перехода  $t_k$ :  $\forall p_i \in P \quad F(p_i, t_k) = F(p_i, t_j)$ , где  $t \neq k$ .

*Свойство 2.* Ограниченные  $TS$ -сети Петри в качестве подкласса входят в множество ограниченных сетей Петри, поскольку количество фишек, помечающих вершину, не может быть больше 1.

*Свойство 3.* Ограниченные  $TS$ -сети являются подклассом классических сетей Петри, обладающих свойством  $k$ -ограниченности, при  $k=1$ .

*Свойство 4.* Ограниченные  $TS$ -сети является живой сетью, если в ней есть хотя бы один переход, который может сработать из начальной разметки. Для ограниченной  $TS$ -сети условие теоремы выполняется для любого множества элементов, названного сценарием, и для любого перехода, разрешенного в рамках соответствующего сценария, если какой-либо сценарий из допустимого множества определен (размечен) как начальный.

*Свойство 5.* Множество переходов в ограниченной  $TS$ -сети Петри конечно; его мощность ограничена сверху числом  $|T| \leq (2^n - 1)(2^n - 2) < 2^{2n}$ .

Выделенные свойства ограниченных  $TS$ -сетей Петри, позволяют использовать их в качестве аппарата моделирования динамических информационных структур и говорить

об адекватности модели, построенной с помощью этого аппарата, требованиям, предъявляемым базам данных с комплексированной информацией. Кроме того, поскольку ограниченные TS-сети Петри являются подклассом классических сетей Петри, операции над ними легко описываются с помощью теоретико-множественных операций. В работе [2] такие операции вводятся и доказывается полнота алгебры относительно введенных операций, а также тождественность некоторых преобразований.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Предложенный авторами аппарат ограниченных TS-сетей Петри позволяет построить алгебру для адекватного логического моделирования гиперсегментных информационных структур с изображениями. В данной работе в рамках построенной в [1] модели обосновано выделение класса сетей, обладающих некоторыми специальными свойствами, существенными для гиперсегментных информационных структур в приложении к указанным задачам. Это позволяет определить набор операций для конструирования корректных сетей из подсетей и примитивов и проведения предварительного анализа получаемых сетей, что, в свою очередь, дает основу для аппарата моделирования и манипулирования в гиперсегментных информационных структурах с изображениями.

## **ССЫЛКИ**

1. *Emelyanov, E.I. Smirnova* Logical Model Of Hypertext Image Database //Pattern Recognition and Image Analysis.-1999.-Vol.9, № 3.-P.485-491
2. *Смирнова Е.И.* Алгебра ограниченных TS-сетей Петри. НовГУ. - Новгород, 1998 - 14с.-Деп.в ВИНТИ № 3447-В98 от 25.11.98