



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 004.896

ПРИМЕНИМОСТЬ СЕТЕЙ ПЕТРИ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМ С МНОЖЕСТВОМ РЕСУРСОВ

Улезко В.В.

Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет МЭИ» в г. Смоленске, Россия (214013, г. Смоленск, Энергетический проезд, дом 1); e-mail: vovaoecoys@yandex.ru

Проведен краткий обзор видов сетей Петри. Проанализированы возможности каждой из них. Исследованы и выделены основные особенности рассмотренных видов сетей Петри. Проанализирован механизм учета ресурсов каждой из них. Сделан вывод относительно их применимости для моделирования систем с множеством ресурсов.

Ключевые слова: сети Петри, моделирование систем, системы с множеством ресурсов.

APPLICABILITY OF PETRI NETS FOR SIMULATION OF SYSTEMS WITH THE SET OF RESOURCES

Ulezko V.V.

The Branch of Federal state budgetary educational institution of higher education "National research University Moscow power engineering Institute" in Smolensk, Russia (214013, Smolensk, Energeticheski proezd, 1); e-mail: vovaoecoys@yandex.ru

The short review of types of Petri nets is carried out. Possibilities of each of them are analyzed. The main features of the considered types of Petri nets are probed and selected. The mechanism of the accounting of resources of each of them is analyzed. The conclusion concerning their applicability for simulation of systems with a set of resources is drawn.

Key words: Petri nets, types of Petri nets, resources, resource accounting.

В настоящее время для моделирования сложных систем широко применяются сети Петри. При этом, реальные системы, для моделирования которых они применяются, зачастую предъявляют более жесткие требования к способу моделирования и его результатам. Особенно актуальным вопросом является моделирование сложных составных систем,

каждый элемент которых имеет свой набор ресурсов. Так, например, при моделировании лесозаготовок необходимо моделировать харвестер (машину, осуществляющую сруб, снятие веток, распил и погрузку леса), лесовозы, топливозаправщик. При этом, к числу ресурсов можно отнести топливо, максимально разрешенную продолжительность смены водителей/операторов, загрузку лесом харвестера/лесовозов, объем топлива в цистерне топливозаправщика. Предметом обзора данной статьи являются виды сетей Петри обеспечивающие в той или иной мере учёт множества ресурсов и моделирование систем с множеством ресурсов.

В ряде источников [6, 7] можно встретить следующую классификацию сетей Петри (рисунок 1).



Рисунок 1 – Вариант классификации сетей Петри

Оценочные(ограниченные) сети Петри

Интерпретация сетей Петри, в которой позиции имеют целое число маркеров, а дуги определяют их количественное распределение (кратность дуг) после прохождения через переходы.

Разновидностями такой сети являются:

- безопасная сеть Петри. Описание сетей Петри, в которых каждая вершина может содержать не более одной метки ($N \in \{0,1\}$), а также все дуги имеют единичный вес;
- ординарная сеть Петри. Ее особенность заключается в том, что все дуги имеют кратность равную 1 [1].

Исходя из описания этого подкласса сетей Петри, он удовлетворяет всего одному из выдвинутых критериев использования ресурсов в производственных системах. Это невоз-

возможность размножения маркеров в сети (достигается использованием безопасной сети Петри). В остальном же есть ряд несоответствий. Отсутствует возможность работы сразу с несколькими ресурсами одновременно в силу ограниченности, переходя к лесозаготовительной системе – это проблема размещения нескольких ресурсов(маркеров) в одном состоянии. Неприспособленность для учета временного ресурса и нечеткости.

Числовые и макрочисловые сети Петри

Интерпретации, в которых вершины переходов делятся на несколько типов из изначально установленного множества, каждый переход срабатывает при определённом числе N меток в сети, а вершины макропереходов имеют возможность некоторого изменения своей структуры [3].

Данное представление сетей Петри в большинстве своем нацелено на использование их в задачах, на прямую не связанных с учетом ресурсов. Исходя из этого, следует, что установленные критерии учета ресурсов реализовать с использованием таких сетей затруднительно.

Временные сети Петри

Временная сеть [3] позволяет отражать процессы, происходящие в моделируемой системе с учетом времени. Каждому переходу во временной сети Петри соответствует временная задержка. В математическом описании данной сети относительно стандартной добавляется еще один параметр:

$$N = (P, T, I, O, D),$$

где P – это конечное множество позиций;

T – конечное множество переходов;

I – входная функция переходов;

O – выходная функция переходов;

D – времена срабатывания переходов.

Разновидностью такого вида сети являются стохастические сети Петри. Отличаются тем, что в качестве задержек используются случайные величины, подчиняющиеся различным законам распределения.

На рисунке 2 сеть Петри может считаться временной, если будут заданы времена срабатывания переходов $t1-t4$, или времена задержек маркеров в позициях $P1-P4$.

Рассмотренный вид сети Петри, как правило, используется только для учета одного ресурса – времени. Он представляется в виде задержек в переходах или позициях. Такой механизм учета времени вполне подходит для описания одного из ресурсов лесозаготовительной системы – продолжительности смены. С другой стороны, исследуемая нами система обладает несколькими ресурсами (топливо, время смены, вместимость).

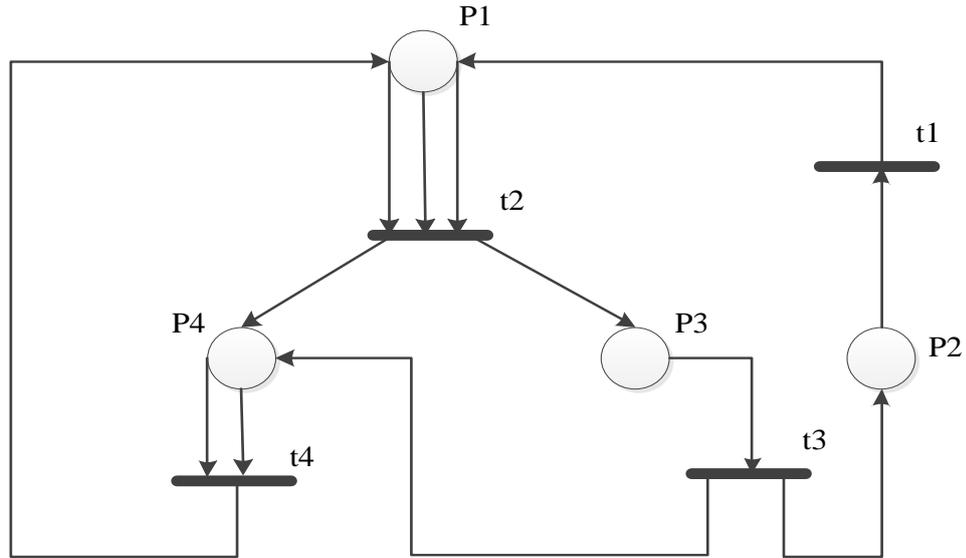


Рисунок 2 – Пример сети Петри (не маркированной)

Цветные(раскрашенные) сети Петри

Для многих задач моделирования необходимо различать разные типы информации и существенных потоков, которые встречаются в системе. Это может достигаться с помощью, так называемых, цветных(раскрашенных) сетей Петри [1]. Суть работы этой сети заключена в разграничении меток одного вида информации от меток другого вида. На практике это выглядит, как добавление к маркеру свойства(параметра), который определяет его тип.

На рисунке 3 изображена цветная сеть Петри решающая задачу обмена информацией между тремя накопителями и центральным процессором [1].

В данном примере $d1, d2, d3$ – накопители; a, b – каналы связи.

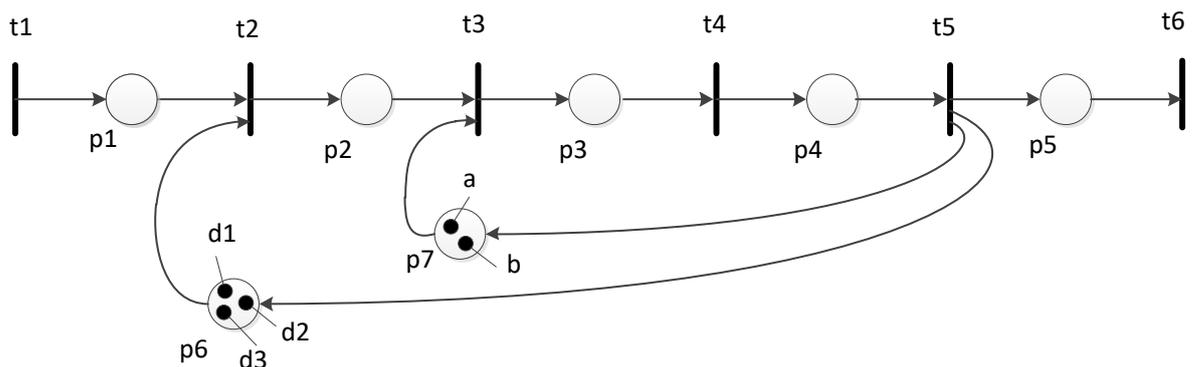


Рисунок 3 – Пример цветной сети Петри

Цветные сети Петри предназначены для описания систем с большим количеством ресурсов имеющих разные типы, что является важным критерием описания сложных производственных объектов и в частности системы лесозаготовки, выбранной в качестве примера. В классическом виде, данный тип сети не предоставляет инструменты для представления времени и учета нечеткости.

Функциональные сети Петри

Обеспечивает выполнение вычислений в сети для определения некоторых параметров, например, времени задержки. Задержки могут определяться, как функции некоторых аргументов, например, количества меток в каких-либо позициях, состояния некоторых переходов.

Общий вид функциональной сети Петри изображен на рисунке 4.

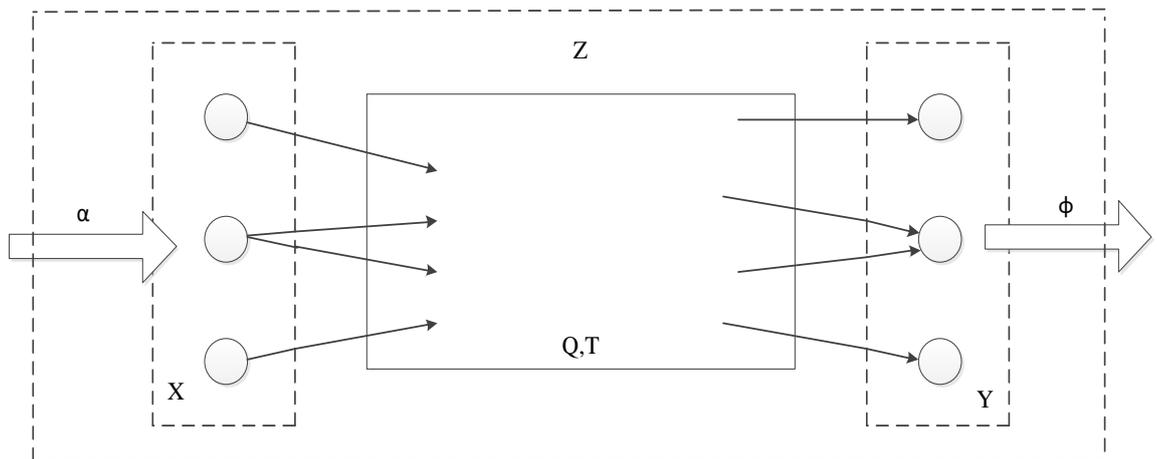


Рисунок 4 – Общий вид функциональной сети Петри

В представленном примере:

X и Y – входные и выходные позиции сети Петри;

Z – сеть Петри. α – входная последовательность, представляющая целые неотрицательные числа $\alpha = \{\alpha_x^t \mid x \in X, t = 1, 2, \dots\}$;

ϕ – выходная последовательность, представляющая последовательность маркеров $\phi = \{\phi_y^t \mid y \in Y, t = 1, 2, \dots\}$

Для применения таких сетей для моделирования системы с множеством ресурсов целесообразно их комбинирование с другими видами сетей Петри.

Нечеткие сети Петри

Применяются при решении прикладных задач, характеризующихся учетом различных факторов неопределенности. Нечеткость [5] вводится в описание различных компонентов сети Петри [4]. Можно выделить следующие классы нечетких сетей Петри:

- с нечеткостью в задании структуры;
- с нечеткостью задания начальной маркировки;
- с нечеткостью задания времен задержки;
- с нечеткостью в задании правил, определяющих процесс функционирования сети.

Так как в исследуемой системе лесозаготовки важно использование фактора неопределенности, например, в части неопределенности скорости потребления ресурсов. Однако, в явном виде, такие сети не обеспечивают работу со множеством ресурсов.

Иерархические сети Петри

Переходы такой сети содержат пути во вложенные в этот переход, другие сети, которые так же могут быть иерархическими. Срабатывание такого перехода характеризует выполнение полного жизненного цикла вложенной сети. Иерархическая сеть Петри [1] создаётся путем приписывания позициям и переходам сетей Петри дополнительных сетей Петри нижележащего уровня, описывающих действия, выполняемые соответствующими элементами.

На рисунке 5 изображена иерархическая сеть Петри, в которой сети $N1$ и $N2$ вложены в сеть N .

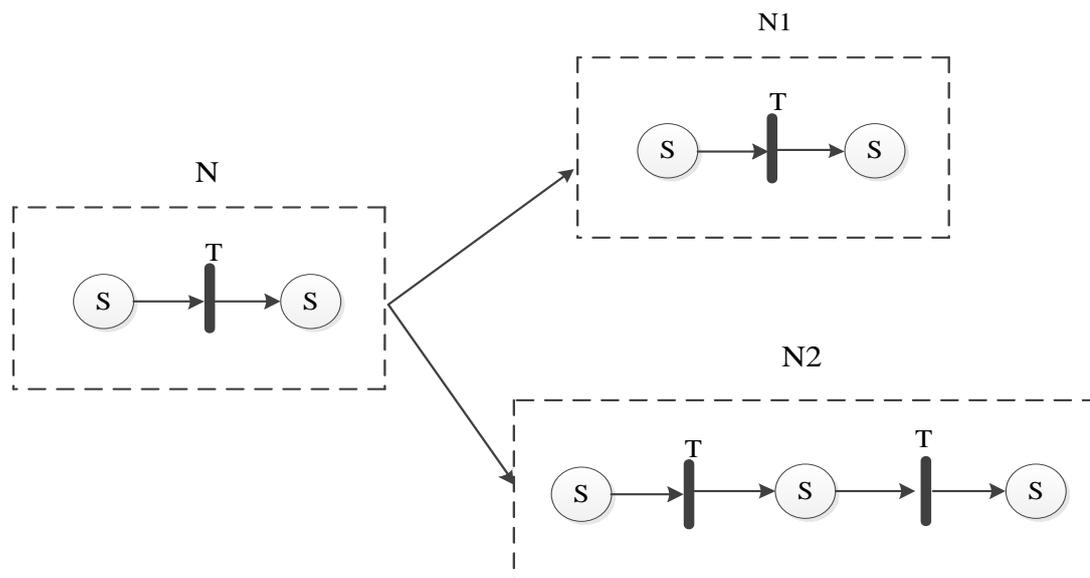


Рисунок 5 – Иерархическая сеть Петри

Особым видом иерархических сетей можно считать вложенные сети Петри, предложенные в [2]. Такие сети характеризуются вложенностью уровней не в переходы, а в маркеры.

В целом, подобного рода сети представляют собой лишь некоторое упрощение классических сетей Петри.

Критерии оценки и возможность их реализации с помощью видов сетей Петри

В таблице 1 приведено обобщенное сравнение сетей Петри и дана оценка их применимости для моделирования систем с множеством ресурсов.

Таблица 1 – Анализ видов сетей Петри с точки зрения моделирования систем с множеством ресурсов

№ п/п	Критерий/вид сети	Оценочные	Числовые	Временные	Цветные	Функциональные	Нечеткие	Иерархические
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Возможность учета множества ресурсов	-	-	-	+	-	-	+
2	Возможность учета времени	-	-	+	-	-	-	-
3	Учет сопутствующих задачам моделирования нечеткости и неопределенности	-	-	-	-	-	+	+

Таким образом, можно сделать вывод о необходимости комбинирования сетей нескольких типов для реализации возможностей по моделированию систем с множеством ресурсов. При этом, могут быть рассмотрены несколько комбинации различных типов сетей. Полученная комбинаторная сеть потребует разработки способов построения и моделирования с её помощью сложных систем с множеством ресурсов. Дополнительными сложностями при разработке указанных способов, зачастую, является противоречивость алгоритмов моделирования различных типов сетей, что определяет необходимости выработки новых правил срабатывания переходов, или согласования существующих правил.

Литература

1. Котов В.Е. Сети Петри.-М.: Наука Главная редакция физико-математической литературы, 1984 – 160с.
2. Ломазова И.А. Вложенные сети Петри: моделирование и анализ систем с распределенной структурой.-М.: Научный мир, 2004. – 208с.
3. Кузьмук В.В., Супруненко О.О. Модифицированные сети Петри и устройства моделирования параллельных процессов. К.: Маклаут, 2010. 260 с.
4. Борисов В.В., Круглов В.В., Федулов А.С. Нечеткие модели и сети.-М.:Горячая линия-Телеком, 2007. – 284 с.
5. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 736 с.
6. Средства описания информационных потоков в динамических моделях медицинских программно-аппаратных систем, [Электронный ресурс] Web: [http://www.t-science.org/arxivDOI/2014/07\(15\)/PDF/07\(15\)_2.pdf](http://www.t-science.org/arxivDOI/2014/07(15)/PDF/07(15)_2.pdf)
7. Моделирование сложных объектов в режиме реального времени на основе сетей Петри, [Электронный ресурс] Web: http://www.vestnik.adygnet.ru/files/2013.1/2406/simankov2_2013_1.pdf

References

1. Kotov V. E. Petri Nets. M.:Nauka, GL. ed. Fiz.-Mat. lit., 1984. 160P
 2. Lomazova I.A. Nested Petri nets: Modeling and analysis of distributed systems with object structure. - Moscow:Scientific World, 2004. - 208 p.
 3. Kuzmuk V.V., Supronenko O.O. Modified Petri net and parallel process simulation device. K.:Maklout, 2010. 260p.
 4. Borisov V.V., Kruglov V.V., Fedulov A.S. Fuzzy models and nets, - M.: Goryachaya liniya-telecom, 2007. – 284p.
 5. The Leonenko A.V. Fuzzy modeling in MATLAB and fuzzyTECH. – SPb.: BHV-Petersburg, 2005. – 736p.
 6. The means for the description of information flows in dynamic models of medical hardware-software systems,[Web resours]Web:
[http://www.tscience.org/axivDOI/2014/07\(15\)/PDF/07\(15\)_2.pdf](http://www.tscience.org/axivDOI/2014/07(15)/PDF/07(15)_2.pdf)
 7. Modeling of composite objects in real time on the basis of a Petri net,[Web resours]Web:
http://www.vestnik.adygnet.ru/files/2013.1/2406/simankov2_2013_1.pdf
-