

УДК 004.67

Дата подачи статьи: 05.10.2013

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОГРАММЫ ТАКСОНОМИИ ТЕХНОЛОГИЙ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОФИЛЯ С ПОМОЩЬЮ СЕТЕЙ ПЕТРИ**

*А.М. Шестаков, аспирант*

*(Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет,  
ул. Лермонтова, 83, г. Иркутск, 664074, Россия, shestakova\_olga2@mail.ru)*

Рассматривается созданная с использованием сети Петри модель, позволяющая проводить анализ передачи и получения данных от компьютеров к программе таксономии технологий изготовления деталей по сети Интернет. Цель моделирования – имитирование отказа работы программы, поиск дедлоков (отсутствие заикливания и тупиков), а также выявление узких мест в программе при передаче данных. В имитационных экспериментах отказы обслуживания программой таксономии компьютеров имитировались появлением случайного числа фишек маркеров в позиции. При отсутствии отказа программа работает в автоматическом режиме – позиция обслуживает команды на таксономию от компьютеров. При появлении отказа программы на доступ дуга закрывает переход и производится возврат к исходной позиции. В нормальном режиме работы программы сети Петри обеспечивают в любой момент времени одновременное бесконфликтное обращение нескольких компьютеров к программе таксономии деталей при их параллельной работе. Параллельность означает, что любой из компьютеров, получающих доступ к программе, может начать обращение или закончить его раньше или позже другого. В качестве формального языка для описания модели веб-приложения таксономии технологий изготовления деталей предлагается использовать аппарат сетей Петри. Сети Петри являются расширением классической теории графов. Теория сетей Петри делает возможным спецификацию системы математическим представлением, анализ которой помогает получить важную информацию о структуре и динамическом поведении моделируемой системы. На основе сети Петри построено покрывающее дерево графа достижимости. Анализируя покрывающее дерево, вершинами которого являются все возможные достижимые разметки сети, выделены такие ее свойства, как безопасность (число маркеров в любой позиции не превышает 1), сохраняемость (невозможность возникновения и удаления ресурсов в моделируемом объекте), а также живость (отсутствие заикливания и тупиков).

В разработанной сети Петри отсутствуют заикливания и тупики; программу таксономии этой модели можно применять в производстве.

**Ключевые слова:** сеть Петри, математическая модель, моделирование программы сетью, классификация, таксономия деталей, покрывающее дерево, граф достижимости.

### **SIMULATION OF TAXONOMY PROGRAM OF PARTS PRODUCTION TECHNOLOGY FOR MECHANICAL-ENGINEERING USING PETRI NETS**

*Shestakov A.M., Postgraduate Student*

*(National Research Irkutsk State Technical University,  
Lermontova St. 83, Irkutsk, 664074, Russian Federation, shestakova\_olga2@mail.ru)*

Received 05.10.2013

**Abstract.** The article considers a model created using Petri nets. It allows analyzing the transmission and receipt of data from computers to the technology taxonomy program for details production on the Internet. The purpose of modeling is simulation of the program failure, deadlocks search (no loops and dead ends), and identifying bottlenecks when transmitting data. In the simulation experiments failures of computer service by the taxonomy program are simulated as appearance of a random number of markers chips in the position. When there are no failures the program works automatically. The position serves the teams on the computer taxonomy. When there is an access denial in the program, the arc closes the transition and returns to the starting position. In normal operating mode at any time the Petri nets programs provide simultaneous conflict-free reference of multiple computers to taxonomy program with parallel work. Parallelism means that any of the computers that receive the access to the program can start referring or finish it before or after the other. The Petri nets apparatus can be used as a formal language to describe the Web application model of taxonomy of the details production technologies. The Petri nets are an extension of the classical graph theory. The Petri nets theory of enables the system specification using mathematical representation. Its analysis helps to get important information about the structure and dynamic behavior of the modeled system. Based on Petri nets the spanning tree of the reachability graph is constructed. Its points are all possible reachable network marks. The analysis of the spanning tree highlights its properties such as: security (number of marks in any position does not exceed 1); persistence (the inability of appearing and deleting resources in the simulated object) and vividness (no loops and dead ends.)

The developed Petri net does not have loops and dead ends. Its taxonomy program can be used in production.

**Keywords:** the Petri nets, mathematical model, program simulation with network, classification, components taxonomy, spanning tree, reachability graph.

Классические *сети Петри* (СП) были разработаны в 1962 г. Карлом Адамом Петри для описания асинхронных алгоритмов и моделирования поведения параллельных вычислительных систем.

Выделяют ряд преимуществ СП в моделировании: понятность модели, возможность проведения анализа с помощью вычислительной техники, возможность иерархического моделирования, а также

высокий уровень формализации дискретно-событийных систем. Следует заметить, что в последнее время интерес к СП значительно возрос [1].

СП являются расширением классической теории графов. Теория СП [2, 3] делает возможной спецификацию системы математическим представлением, анализ которой помогает получить важную информацию о структуре и динамическом поведении моделируемой системы. Важными расширениями СП являются цветные и иерархические СП. Первые позволяют более конкретно специфицировать условия срабатывания переходов, а вторые осуществлять иерархическую композицию или декомпозицию объектов сети.

Благодаря универсальности СП решается широкий круг задач. Применение СП позволяет проводить моделирование логики выполнения различных программных средств с возможностью имитации совместной работы отдельных функциональных узлов.

Моделирование программного средства позволяет выявить недостатки до его внедрения.

### Постановка задачи и ее реализация

Ставится задача моделирования СП разработанной автором программы таксономии технологий изготовления деталей машиностроительного профиля, которая выполняет классификацию объектов через сеть Интернет. Цель моделирования – имитирование отказа работы программы, поиск дедлоков (отсутствие зацикливаний и тупиков), а также выявление узких мест в программе при передаче данных.

Согласно [3], классическая СП – это ориентированный граф с вершинами двух типов: позициями и переходами. СП определяется следующим набором:  $N=(P, T, A, W)$ , где  $P=\{p_1, p_2, \dots, p_m\}$  – подмножество вершин, называемых позициями СП;  $T=\{t_1, t_2, \dots, t_m\}$  – подмножество так называемых переходов СП;  $A \subseteq (P \times T \cup T \times P)$  – множество дуг;  $W: A \rightarrow N$  [2].

Переход сети соответствует операции выполнения процесса и обозначается вертикальным барьером. Позиция сети соответствует условию срабатывания и обозначается окружностью. Ими-

тация работы СП осуществляется помещением в позиции фишек, являющихся объектами моделируемых процессов. Количество фишек внутри позиции изображается в виде точки. Одной точкой отображается одна фишка. Если фишек больше семи, внутри перехода записывается числовое значение. Движение фишки происходит в результате выполнения заданных условий. Стрелкой отображается их зависимость.

Такое строго математико-графическое представление позволяет проводить детальный анализ задачи.

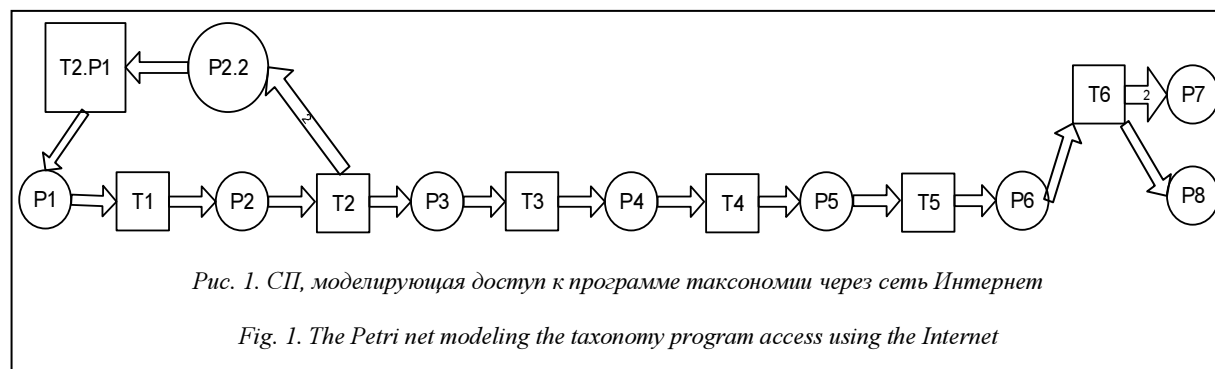
Моделируемое веб-приложение обеспечивает решение задачи таксономии технологий изготовления деталей через сеть Интернет. Программа ориентирована на классификацию деталей по схожим признакам, позволяя технологу выделять классы деталей, похожих с точки зрения описывающих их свойств. Более подробно веб-приложение описано в работе [4].

Функционирование СП осуществляется за счет срабатывания переходов. Условием срабатывания перехода является наличие фишек во входных местах.

В рассматриваемой СП (рис. 1) каждый компьютер, получающий доступ к веб-приложению, моделируется одной фишкой. Срабатывание перехода  $T_i$ ,  $i=1, \dots, 7$ , отражает начало выполнения процедуры. Наличие метки в месте  $P_i$ ,  $i=1, \dots, 9$ , показывает, что выполнено условие, предусмотренное алгоритмом программы.

Модель системы разработана в виде СП.

Позиции СП:  $P1$  – позиция, наличие фишки в которой свидетельствует о наличии запроса к программе таксономии от пользователя;  $P2$  – позиция, моделирующая выбор и загрузку файла на сервер;  $P2.2$  – проверка файла и выполнение сценария;  $P3$  – позиция, моделирующая указание пользователем максимального числа классов;  $P4$  – переход, моделирующий поиск количества классов, для которых достигается наилучшее разделение данных;  $P5$  – переход, моделирующий поиск среднего значения силуэта для класса;  $P6$  – позиция, наличие фишки в которой определяет результат работы программы, то есть законченный HTML-документ;  $P7$  – вывод результата таксономии;  $P8$  –



графическое представление деталей, разделенных по классам.

Переходы СП:  $T_1$  – запрос к программе выполнен;  $T_2$  – операция загрузки файла выполнена (если условие не выполнено, происходит возврат к  $P_1$ );  $T_2.P_1$  – если условие проверки файла не выполнено, возврат к позиции  $P_1$ ;  $T_3$  – операция указания пользователем максимального числа классов успешно завершена;  $T_4$  – операция поиска количества классов, для которых достигается наилучшее разделение данных, успешно завершена;  $T_5$  – операция поиска среднего значения силуэта для класса завершена.

В имитационных экспериментах отказы обслуживания компьютеров программой таксономии имитировались появлением случайного числа фишек  $n \in \{0; N\}$  маркеров в позиции  $P_1$ . При отсутствии отказа программа работает в автоматическом режиме (позиция  $P_1$ ), обслуживает команды на таксономию от компьютеров ( $P_2$ – $P_8$ ). При появлении отказа программы на доступ дуга закрывает переход  $T_2$  и производится возврат к позиции  $P_1$ .

В нормальном режиме работы СП, представленная на рисунке 1, в любой момент времени обеспечивает одновременное бесконфликтное обращение нескольких компьютеров к программе

таксономии деталей при их параллельной работе. Параллельность означает, что любой из компьютеров, получающий доступ к программе, может начать обращение или закончить его раньше или позже другого.

### Построение графа достижимости

Для получения более полного представления о свойствах моделируемой системы проанализируем полученную сеть методом покрывающего дерева (рис. 2), корневая вершина которого следующая: 1,0,0,0,0,0,0,0,0.

Граф достижимости СП – это ориентированный граф, вершинами которого являются все возможные достижимые разметки сети из начальной заданной разметки. Каждое ребро графа отвечает переходу, срабатывание которого приводит к изменению разметок соответствующих вершин графа. С помощью графа достижимости описываются возможные варианты функционирования сети.

В связи с большим объемом покрывающего дерева (рис. 2) часть не была включена в статью. Связи между объектами, указанные в покрывающем дереве, отображают их зависимость.

На основе СП построено покрывающее дерево графа достижимости. Анализируя покрывающее

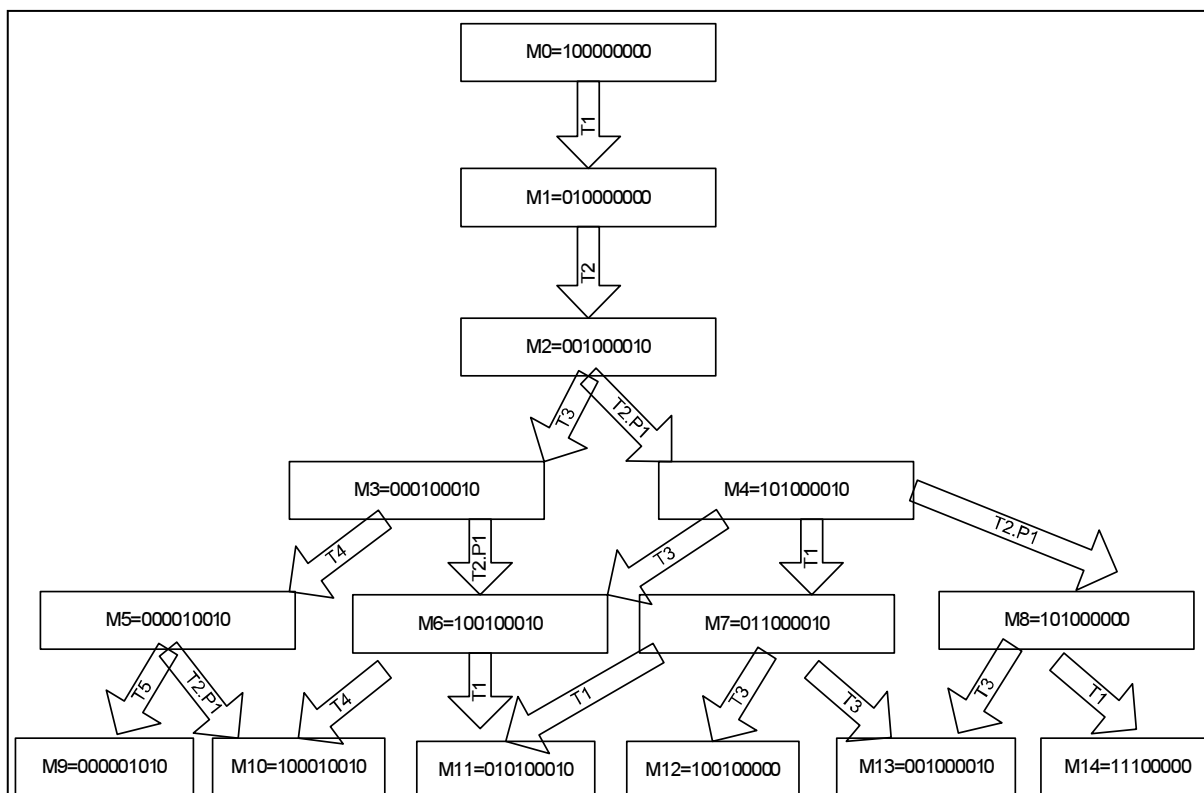


Рис. 2. Покрывающее дерево для СП, моделирующей доступ к программе таксономии через сеть Интернет

Fig. 2. The spanning tree for the Petri net modeling the taxonomy program access using the Internet

дерево, вершинами которого являются все возможные достижимые разметки сети, выделены такие ее свойства, как безопасность (число маркеров в любой позиции не превышает 1), сохраняемость (невозможность возникновения и удаления ресурсов в моделируемом объекте), а также живость (отсутствие заикливания и тупиков).

Как было показано в статье, СП могут достаточно эффективно использоваться в качестве графо-математического аппарата программ, работающих в многопользовательском режиме.

Анализ разработанной модели СП позволяет сделать вывод о том, что в ней отсутствуют заикливания и тупики. Таким образом, программу таксономии деталей можно применять на практике, например, в машиностроительном производстве. Имитирование отказа работы программы при передаче данных позволило в значительной мере отнести ее к категории надежной программной системы. Программа, разработанная автором, может быть использована в решении задач таксономии деталей для технологов при разработке технологических процессов на машиностроительных предприятиях.

### Литература

1. Васильев В.В., Кузьмук В.В. Сети Петри, параллельные алгоритмы и модели мультипроцессорных систем. К.: Наукова Думка, 1990. 216 с.
2. Котов В.Е. Сети Петри. М.: Наука, 1984. 160 с.
3. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем; [пер. с англ. М.В. Горбатовой, В.Н. Торхова, В.Н. Четверикова]. М.: Мир, 1984. 264 с.
4. Шестаков А.М. Использование удаленного доступа пакета Matlab для решения задач таксономии деталей // Вестн. Иркутского гос. технич. ун-та. 2012. № 6. С. 11–17.

### References

1. Vasilyev V.V., Kuzmuk V.V. *Seti Petri, parallelnye algoritmy i modeli multiprotsessornykh sistem* [Petri nets, parallel algorithms and models of multi-processor systems]. Kiev, Naukova Dumka Publ., 1990, 216 p.
2. Kotov V.E. *Seti Petri* [Petri nets]. Moscow, Nauka Publ., 1984, 160 p.
3. Peterson J.L. *Petri net theory and the modeling of systems*. PTR Upper Saddle River, NJ, USA, Prentice Hall Publ., 1981, 290 p. (Russ. ed.: Gorbatova M.V., Torkhov V.N., Chetverikov V.N. Moscow, Mir Publ., 1984, 264 p.).
4. Shestakov A.M. Using remote control access of Matlab to solve the components taxonomy problems. *Vestnik Irkutskogo gos. tekhn. univ.* [The bulletin of Irkutsk State Tech. Univ.]. 2012, no. 6, pp. 11–17 (in Russ.).