

СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 62-50:519.216

ОПИСАНИЕ РАБОТЫ ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ГРАФИЧЕСКОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ СЕТЕЙ ПЕТРИ В МАТРИЧНУЮ ФОРМУ*

А.А. ВОЕВОДА, А.В. МАРКОВ

В данной работе будет предложено и описано приложение, способное преобразовывать и анализировать сети Петри из графического представления в матричную форму. Моделирование сетей Петри осуществлялось в программной среде CPN Tools (version 3.4.0). Данный вид представления и анализа был предложен Питерсоном и имеет преимущества по отношению к графическому представлению, заключающемуся в лучшем понимании цифровой информации компьютерными приложениями и системами.

Ключевые слова: сети Петри, CPN Tools, матричное представление сетей Петри, входные функции, выходные функции, вектор начального состояния, вектор запуска.

ВВЕДЕНИЕ

Во время проектирования разработчики используют различные подходы и способы моделирования. Часто используется математический аппарат сетей Петри.

Сеть Петри (P, T, I, O) ¹ – это двудольный ориентированный граф, в котором присутствуют вершины двух типов: места и переходы [1]. Данные вершины взаимосвязаны между собой направленными дугами; вершины одного типа не пересекаются. По сети передвигаются метки при срабатывании перехода, которые представляют собой всевозможные ресурсы системы.

* Статья получена 25 июня 2013 г.

¹ $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ – Конечное множество позиций, $n \geq 0$.

$T = \{t_1, t_2, \dots, t_m\}$ – Конечное множество переходов, $m \geq 0$.

$I: T \rightarrow P^\infty$ является входной функцией – отображением из переходов в комплекты позиций.

$O: T \rightarrow P^\infty$ есть выходная функция – отображение из переходов в комплекты позиций.

Анализ смоделированных сетей позволяет выявить мертвые и тупиковые состояния, при которых происходит прекращение работы системы, заикливание процессов, а также выявление сценариев, которые не учувствуют в работе системы.

Существует несколько видов анализа спроектированных сетей: при помощи построения дерева достижимости, при матричном представлении сети, а также при помощи генерации отчета о пространстве состояний при помощи среды моделирования CPN Tools (version 3.4.0) [2–17]. Но в данном программном продукте отсутствует возможность представить и проанализировать сеть в матричном виде.

В предлагаемом материале будет описано приложение, которое позволяет получить построенные в CPN Tools (version 3.4.0) сети Петри в виде матриц.

1. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ СЕТЕЙ ПЕТРИ В ВИДЕ МАТРИЦ

Сети Петри, представленные в матричной форме (P, T, D^-, D^+) , эквивалентны стандартной форме и, в свою очередь, позволяют дать определения в терминах векторов и матриц; отличие заключается лишь в появлении двух матриц D^- и D^+ , представляющих входную и выходную функции [1].

Представление в матричном виде систем [15, 17] были сделаны вручную, что весьма затруднительно для больших сетей. В связи с этим было предложено реализовать приложение, способное преобразовывать смоделированные в CPN Tools сети в матричное представление. Работоспособность приложения была проверена на простой и цветной сети.

Для реализации преобразования смоделированной сети в матрицу необходимо в названии каждого места и перехода указать его порядковый номер.

2. ИЛЛЮСТРАЦИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ПРИЛОЖЕНИЯ ПО ПРЕОБРАЗОВАНИЮ СЕТЕЙ ПЕТРИ ИЗ ГРАФИЧЕСКОЙ ФОРМЫ В МАТРИЧНУЮ

Проведем проверку работоспособности приложения на нескольких примерах, а именно: на простой и цветной сетях Петри.

Для проверки выберем следующую простую сеть Петри (рис. 1).

Заметим, что все названия мест и переходов заканчиваются соответствующим порядковым номером, который был выбран разработчиком.

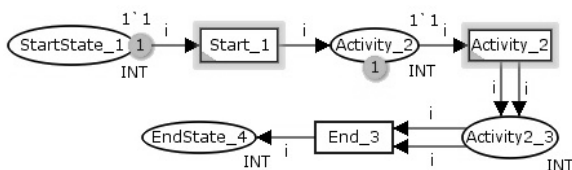


Рис. 1. Простая сеть Петри

Далее запускаем приложение и вводим название файла, который хотим проанализировать (рис. 2). Он должен находиться в папке с программой.

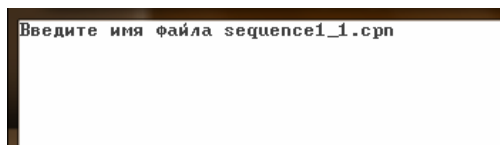


Рис. 2. Окно приложения № 1 для простой сети Петри

После чего следует нажать Enter.

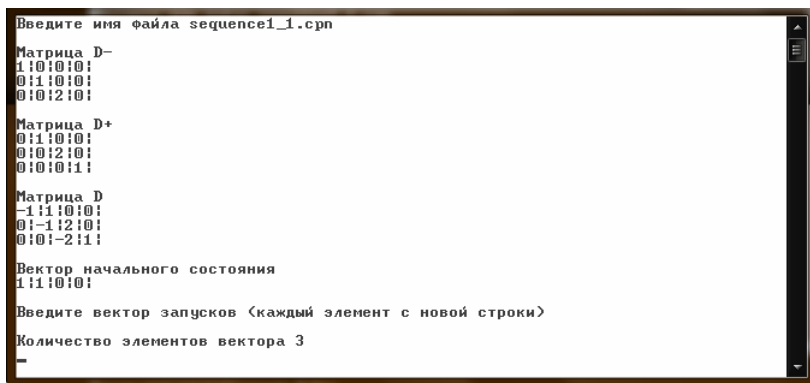


Рис. 3. Окно приложения № 2 для простой сети Петри

Получаем матрицы D^- , D^+ и D . Также был высчитан вектор начального состояния (рис. 3). Программа предусматривает возможность моделирования при помощи вектора запуска (рис. 4).

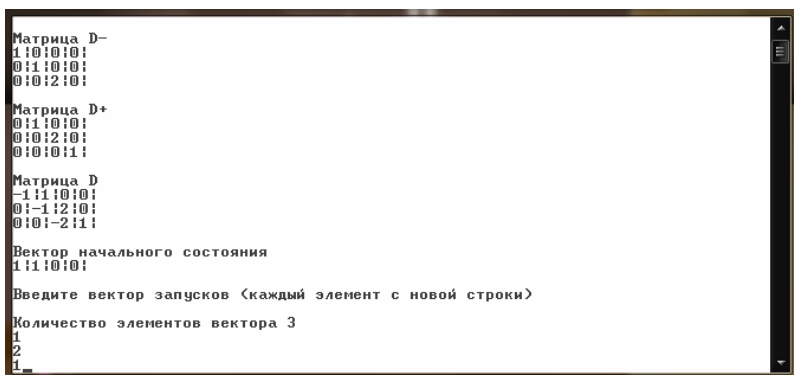


Рис. 4. Окно приложения № 3 для простой сети Петри

И получаем следующий вектор состояний (рис. 5).

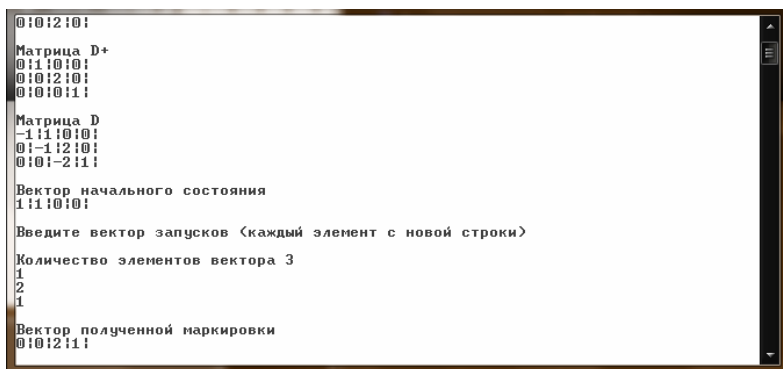


Рис. 5. Окно приложения № 4 для простой сети Петри

Все полученные данные были сохранены в текстовый файл, под названием «result.txt». При очередном моделировании данные в файле заменяются.

Матрицы D^- , D^+ , D и векторы начального состояния и достигнутой маркировки представлены на рис. 6.

Проверим работоспособность на примеры работы цветной сети Петри (рис. 7).

```

Матрица D-
1|0|0|0|
0|1|0|0|
0|0|2|0|

Матрица D+
0|1|0|0|
0|0|2|0|
0|0|0|1|

Матрица D
-1|1|0|0|
0|-1|2|0|
0|0|-2|1|

Вектор начального состояния
1|1|0|0|

Вектор полученной маркировки
0|0|2|1|

```

Рис. 6. Сохраненные результаты преобразования простой сети в текстовом файле

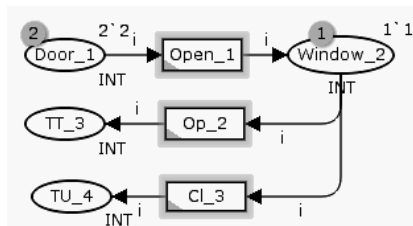


Рис. 7. Цветная сеть Петри

Матрицы и вектор начального состояния выглядят следующим образом (рис. 8). Так как алгоритм преобразования цветной сети идентичен преобразованию простой сети, то обойдёмся иллюстрациями получения матриц D^- , D^+ , D вектора начального состояния и вектора полученной маркировки.

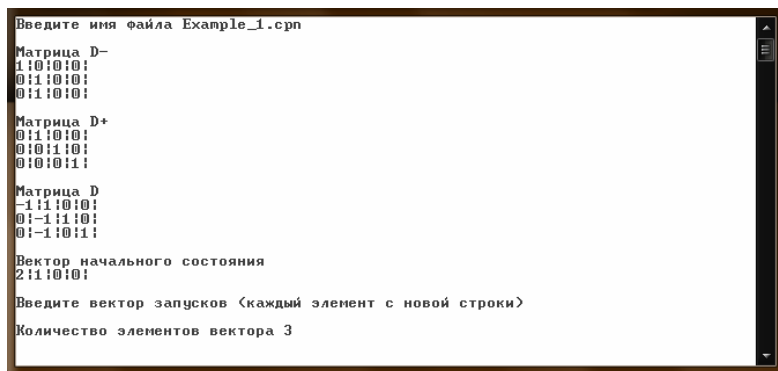


Рис. 7. Окно приложения № 1 для цветной сети Петри

Зададим вектор запуска и оценим получившееся состояние (рис. 8).

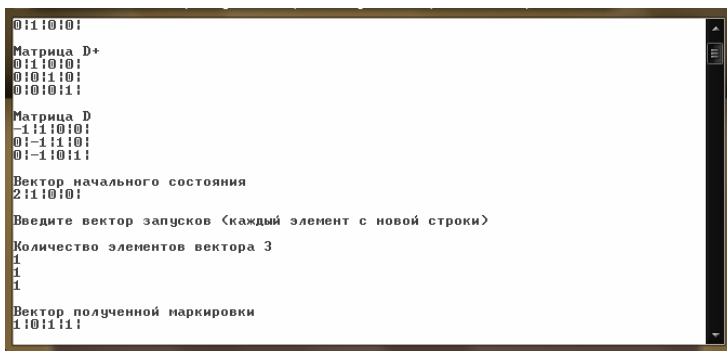


Рис. 8. Окно приложения № 2 для цветной сети Петри

```

Матрица D-
1|0|0|0|
0|1|0|0|
0|1|0|0|

Матрица D+
0|1|0|0|
0|0|1|0|
0|0|0|1|

Матрица D
-1|1|0|0|
0|-1|1|0|
0|-1|0|1|

Вектор начального состояния
2|1|0|0|

Вектор полученной маркировки
1|0|1|1|

```

Рис. 9. Сохраненные результаты преобразования цветной сети в текстовом файле

Данные в текстовом файле (рис. 9).

Результаты, полученные при моделировании цветной сети в виде матриц, также подтверждают работоспособность приложения и соответствуют алгоритму для анализа подобного рода, предложенного Питерсоном [1].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе было описано приложение, которое позволяет преобразовывать сети Петри из графического вида в матричную форму. Отсутствие дан-

ной возможности в программной среде CPN Tools (version 3.4.0) весьма затрудняет анализ спроектированных сетей при помощи матриц, так как после преобразования больших сетей разработчик получает вручную громоздкие матрицы, где легко можно допустить ошибку.

Предложенное приложение с лёгкостью справляется с поставленной задачей и имеет возможность преобразования не только простых сетей, но также и цветных. Алгоритм представления сетей Петри в виде матриц, предложенный в [1], полностью отрабатывается.

[1] *Питерсон Дж.* Теория сетей Петри и моделирование: пер. с англ. / Дж. Питерсон. – М.: Мир, 1984.

[2] *Воевода А.А.* О компактном представлении языков раскрашенных сетей Петри / А.А. Воевода, Д.О. Романников // Сб. науч. тр. НГТУ. – 2008. – № 3(53). – С. 105–108.

[3] *Воевода А.А.* О компактном представлении языков сетей Петри: сети с условиями и временные сети / А.А. Воевода, А.В. Марков // Сб. науч. тр. НГТУ. – 2010. – № 2(60). – С. 77–83.

[4] *Коротиков С.В.* Применение сетей Петри в разработке программного обеспечения центров дистанционного контроля и управления: дис. ... канд. техн. наук / С.В. Коротиков. – Новосибирск: НГТУ, 2007.

[5] *Марков А.В.* Моделирование процесса поиска пути в лабиринте при помощи сетей Петри / А.В. Марков // Сб. науч. тр. НГТУ. – 2010. – № 4(62). – С. 133–141.

[6] *Романников Д.О.* Обзор работ посвященным разработке ПО с использованием UML и сетей Петри / Д.О. Романников, А.В. Марков, И.В. Зимаев // Сб. науч. тр. НГТУ. – 2011. – №1 (63). – С. 91–104.

[7] *Марков А.В.* Моделирование процесса поиска пути в лабиринте при помощи сетей Петри для системы из двух связанных звеньев / А.В. Марков, А.А. Воевода // Сб. науч. тр. НГТУ. – 2011. – № 3(65). – С. 95–104.

[8] *Марков А.В.* Поиск манипулятором кратчайшего пути в лабиринте / А.В. Марков // Сб. науч. тр. НГТУ. – 2011. – № 4(66). – С. 75–91.

[9] *Романников Д.О.* Пример применения методики разработки ПО с использованием UML-диаграмм и сетей Петри / Д.О. Романников, А.В. Марков // Научный вестник НГТУ. – 2012. – № 1(67). – С. 175–181.

[10] *Романников Д.О.* Разработка программного обеспечения с применением UML диаграмм и сетей Петри для систем управления локальным

оборудованием: дис. ... канд. техн. наук / Д.О. Романников. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2012.

[11] *Воевода А.А.* Рекурсия в сетях Петри / А.А. Воевода, А.В. Марков // Сб. науч. тр. НГТУ. – 2012. – № 3(69). – С. 115–122.

[12] *Воевода А.А.* Понятие рекурсии в сетях Петри: факториал числа, числа Фибоначчи / А.А. Воевода, А.В. Марков // Сб. науч. тр. НГТУ. – 2013. – № 1(71). – С. 72–77.

[13] *Марков А.В.* Анализ сетей Петри при помощи деревьев достижимости / А.В. Марков, А.А. Воевода // Сб. науч. тр. НГТУ. – 2013. – № 1(71). – С. 78–95.

[14] *Марков А.В.* Разработка программного обеспечения при совместном использовании UML-диаграмм и сетей Петри (обзор) / А.В. Марков // Сб. науч. тр. НГТУ. – 2013. – № 1(71). – С. 96–131.

[15] *Марков А.В.* Анализ иерархических сетей Петри / А.В. Марков, А.А. Воевода // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2013.

[16] *Марков А.В.* Развитие системы «Перемещение манипулятора в пространстве с препятствиями» при помощи рекурсивных функций / А.В. Марков, А.А. Воевода // Автоматика и программная инженерия. – 2013. – № 2(4). – С. 35–41.

[17] *Марков А.В.* Матричное представление сетей Петри / А.В. Марков // Сб. науч. тр. НГТУ. – 2013. – № 2(71). – С. 61–67.

[18] *Воевода А.А.* Применение UML диаграмм и сетей Петри при разработке встраиваемого программного обеспечения / А.А. Воевода, Д.О. Романников // Научный вестник НГТУ. – 2009. – № 4(37). – С. 169–174.

[19] *Воевода А.А.* Редуцирование пространства состояний сети Петри для объектов из одного класса / А.А. Воевода, Д.О. Романников // Научный вестник НГТУ. – 2011. – № 4(45). – С. 146–150.

[20] *Воевода А.А.* О модификации полного покрывающего дерева и графа разметок сети Петри / А.А. Воевода, С.В. Коротиков // Научный вестник НГТУ. – 2005. – № 1(19). – С. 171–172.

[21] *Коротиков С.В.* Применение сетей Петри в разработке программного обеспечения центров дистанционного управления и контроля / С.В. Коротиков, А.А. Воевода // Научный вестник НГТУ. – 2007. – № 4(29). – С. 16–30.

Воевода Александр Александрович – доктор технических наук, профессор кафедры автоматики Новосибирского государственного технического университета. Основные направления научных исследований – теория автомати-

ческого управления и теория сетей Петри. Имеет более 200 публикаций. E-mail: voevoda@ucit.ru

Марков Александр Владимирович – аспирант кафедры автоматики Новосибирского государственного технического университета. Основные направления научных исследований – исследование свойств сетей Петри и UML-диаграмм. Имеет более 15 публикаций. E-mail: muviton3@gmail.com

A.A. Voevoda, A.V. Markov

Description of the application for conversion of graphic view Petri nets in a matrix form

In this paper will be proposed and described in the application which can convert and analyze Petri nets graphical representation of a matrix form. Simulation of Petri nets implemented in a software environment CPN Tools (version 3.4.0). This type of reporting and analysis has been proposed [link to Peterson], and has advantages in relation to the graphical representation, consisting in a better understanding of the digital computer applications and information systems.

Key words: Petri Nets, CPN Tools, a matrix representation of Petri nets, input functions, output functions, the vector of the initial state, vector launch.