

УДК 519.711.3

Метод преобразования блок-схем алгоритмов в формализмы сетей Петри*

А.Н. СОЧНЕВ

В данной статье приводится описание метода преобразования алгоритма, представленного блок-схемой в сеть Петри. Сформированы структуры и определены параметры сетевых моделей для наиболее распространенных стандартных блоков. Приведены примеры использования предложенного метода.

Ключевые слова: Сеть Петри, блок-схема алгоритма.

ВВЕДЕНИЕ

Практически любой детерминированный процесс может быть представлен с помощью блок-схем алгоритмов. Алгоритмом представляется процесс решения математической задачи, процесс управления техническим объектом, процесс исследования свойств и т.д. Блок-схема позволяет довольно наглядно и подробно отобразить логическую причинно-следственную взаимосвязь процессов. Однако использовать блок-схему процесса для организации непосредственного управления невозможно, из-за того что она является статической и в ней отсутствуют временные свойства операций. Для того чтобы устранить указанные ограничения, фирмой Systems Modeling Corporation (США) для целей имитационного моделирования объектов различной природы был разработан алгоритмический язык SIMAN. Описание процессов на данном языке приближено к виду блок-схем, но точно не соответствует ему. Известны и иные языки визуального программирования, например созданный в 1986 г. язык ДРАКОН. Актуальность исследований визуальных методов моделирования подтверждается созданием системы Microsoft Robotics Developer Studio и входящего в ее состав языка программирования VPL (Microsoft Visual Programming Language). В данной статье предлагается представлять элементы блок-схемы моделями на основе различных классов сетей Петри, что позволит использовать их специфические методы анализа.

1. СЕТИ ПЕТРИ

Сеть Петри формально описывается набором вида [1, 2]:

$$R = \{P, T, D, \mu_0\},$$

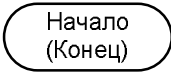
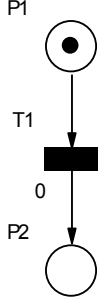
где $P = \{p_i\}$ – непустое конечное множество позиций, $i = \overline{1, n}$; $T = \{t_j\}$ – непустое конечное множество переходов, $j = \overline{1, m}$; $D = D^+ - D^-$ – отношение инцидентности позиций и переходов; $\mu_0 : P \rightarrow R^+$ – начальная маркировка сети; R^+ – множество целых неотрицательных чисел; n – количество позиций; m – количество переходов.

* Получена 20 апреля 2010 г.

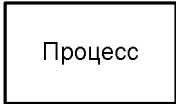
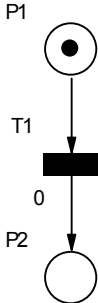
2. СЕТЕВЫЕ ЭКВИВАЛЕНТЫ БЛОКОВ АЛГОРИТМОВ

Блок-схема алгоритма состоит из отдельных графических блоков [3]. Представим основные блоки и их имитационные модели на основе сетей Петри.


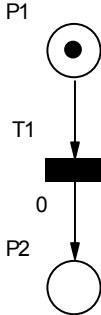
1. Блок «Начало, Конец»

Элемент блок-схемы	Сетевой эквивалент
	
Правила выполнения	Матрицы инцидентий
<ul style="list-style-type: none"> Условие срабатывания $\mu(p_1) \geq 1$ Изменение состояния $\mu(p_1) = \mu(p_1) - 1$ $\mu(p_2) = \mu(p_2) + 1$ 	$D^- = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}, D^+ = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}, D = \begin{pmatrix} -1 \\ 1 \end{pmatrix}$


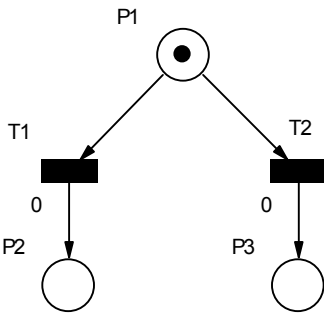
2. Блок «Процесс»

Элемент блок-схемы	Сетевой эквивалент
	
Правила выполнения	Матрицы инцидентий
<ul style="list-style-type: none"> Условие срабатывания $\mu(p_1) \geq 1$ Изменение состояния $\mu(p_1) = \mu(p_1) - 1$ <Процесс> $\mu(p_2) = \mu(p_2) + 1$ 	$D^- = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}, D^+ = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}, D = \begin{pmatrix} -1 \\ 1 \end{pmatrix}$


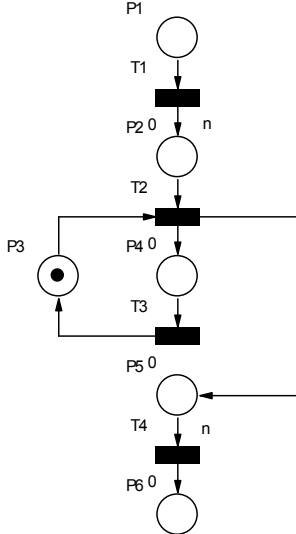
3. Блок «Ввод данных»

Элемент блок-схемы	Сетевой эквивалент
	
Правила выполнения	Матрицы инцидентий
<ul style="list-style-type: none"> Условие срабатывания $\mu(p_1) \geq 1$ Изменение состояния $\mu(p_1) = \mu(p_1) - 1$ <Ввод данных> $\mu(p_2) = \mu(p_2) + 1$ 	$D^- = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}, D^+ = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}, D = \begin{pmatrix} -1 \\ 1 \end{pmatrix}$

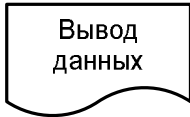
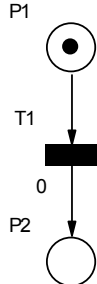
4. Блок «Решение»

Элемент блок-схемы	Сетевой эквивалент
	
Правила выполнения	Матрицы инцидентий
<ul style="list-style-type: none"> Условие срабатывания $t_1 : \mu(p_1) \geq 1 \wedge \text{Условие} \leq -1$ $t_2 : \mu(p_1) \geq 1 \wedge \text{Условие} \geq 1$ Изменение состояния $t_1 : \begin{cases} \mu(p_1) = \mu(p_1) - 1 \\ \mu(p_2) = \mu(p_2) + 1 \end{cases}$ $t_2 : \begin{cases} \mu(p_1) = \mu(p_1) - 1 \\ \mu(p_3) = \mu(p_3) + 1 \end{cases}$ 	$D^- = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}, D^+ = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}, D = \begin{pmatrix} -1 & -1 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$

5. Блок «Циклический процесс»

Элемент блок-схемы	Сетевой эквивалент
	
Правила выполнения	Матрицы инциденций
<p>$\forall t_k : p_i$ – входная позиция p_j – выходная позиция</p> <ul style="list-style-type: none"> Условие срабатывания <ul style="list-style-type: none"> $t_1 : \mu(p_1) \geq 1$ $t_2 : \mu(p_2) \geq 1 \wedge \mu(p_4) \geq 1$ $t_3 : \mu(p_3) \geq 1$ $t_4 : \mu(p_5) \geq n$ Изменение состояния <ul style="list-style-type: none"> $t_1 : \begin{cases} \mu(p_1) = \mu(p_1) - 1 \\ \text{параметр} = \text{начальное значение} \end{cases}$ $t_2 : \begin{cases} \mu(p_2) = \mu(p_2) - 1 \\ \mu(p_4) = \mu(p_4) - 1 \\ \mu(p_3) = \mu(p_3) + 1 \\ \mu(p_5) = \mu(p_5) + 1 \end{cases}$ $t_3 : \begin{cases} \mu(p_3) = \mu(p_3) - 1 \\ \text{увеличение (уменьшение) параметра} \\ \mu(p_4) = \mu(p_4) + 1 \end{cases}$ $t_4 : \begin{cases} \mu(p_5) = \mu(p_5) - n \\ \mu(p_6) = \mu(p_6) + 1 \end{cases}$ 	$D^- = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & n \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$ $D^+ = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ n & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$ $D = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 \\ n & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & -1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -n \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$

6. Блок «Вывод данных»

Элемент блок-схемы	Сетевой эквивалент
	
Правила выполнения	Матрицы инцидентий
<ul style="list-style-type: none"> Условие срабатывания $\mu(p_1) \geq 1$ Изменение состояния $\mu(p_1) = \mu(p_1) - 1$ <Вывод данных> $\mu(p_2) = \mu(p_2) + 1$ 	$D^- = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}, D^+ = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}, D = \begin{pmatrix} -1 \\ 1 \end{pmatrix}$

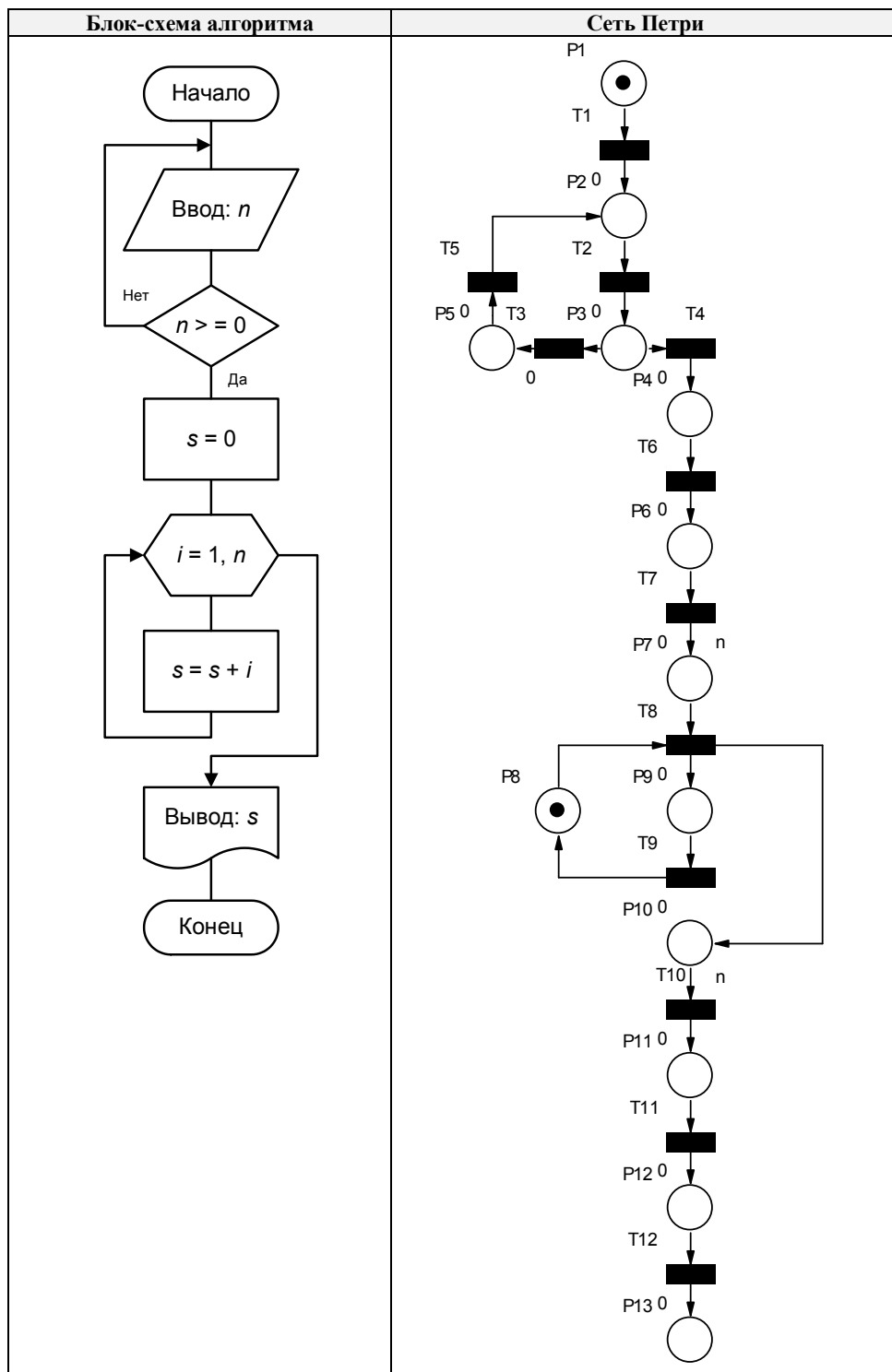
Начальная маркировка позиций в приведенных сетевых моделях соответствует представленной на рисунках.

3. ПРИМЕРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА

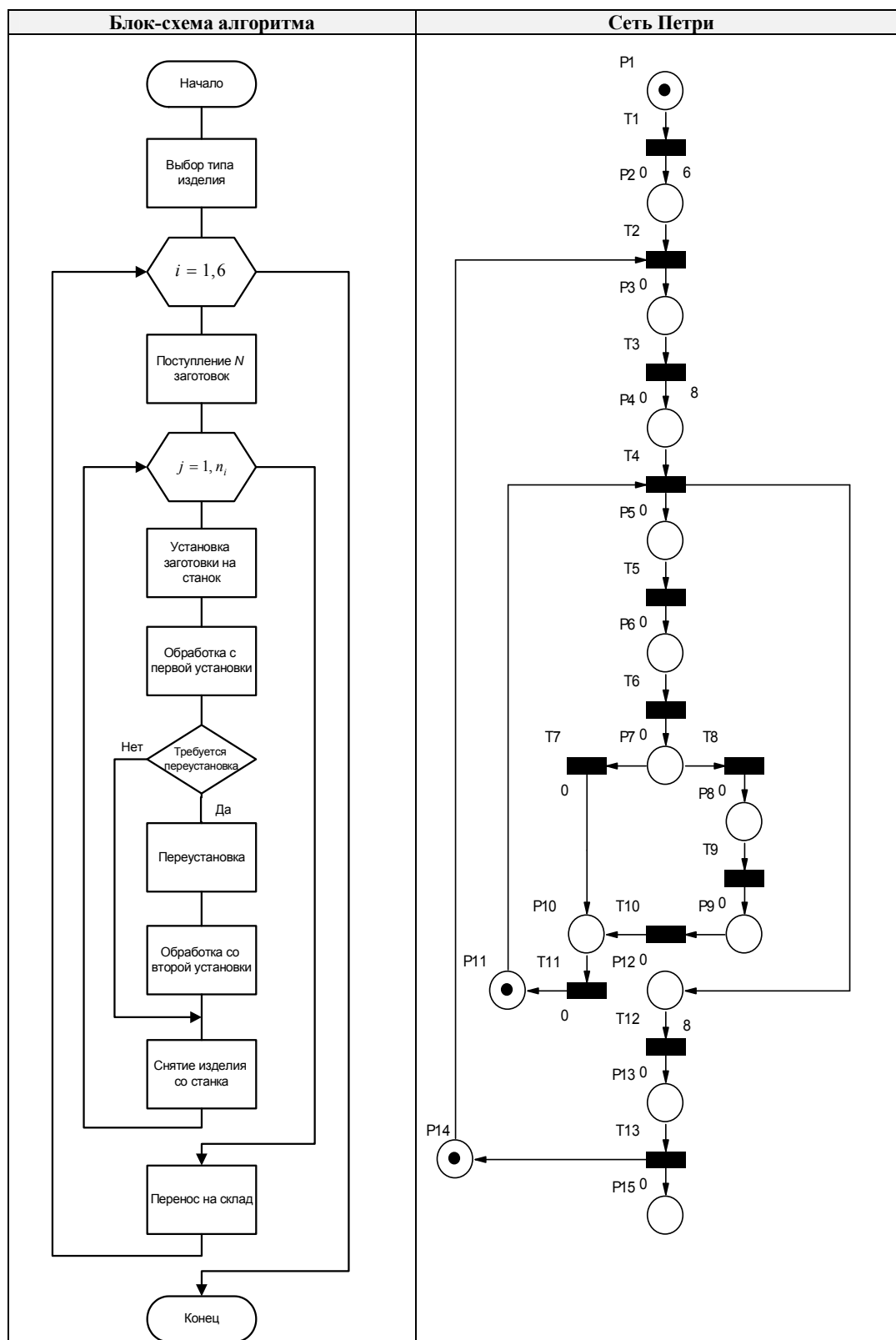
Ниже представлены два примера применения описанного метода к преобразованию блок-схем алгоритмов в сети Петри. Моделирование полученных сетей Петри произведено на основе использования универсального алгоритмического языка программирования Паскаль. Это связано с тем, что при выполнении переходов требуется выполнять не только преобразование маркировки, но и связанные с ними операции: ввод, вывод, расчеты и т.д.

Пример 1. Алгоритм процесса вычисления суммы первых n натуральных чисел

$$s = 1 + 2 + \dots + n = \sum_{i=1}^n i$$



Пример 2. Моделирование роботизированной производственной системы. Роботизированный технологический комплекс состоит из токарного станка с ЧПУ, оперативного накопителя для хранения заготовок и готовых изделий, а также робота-манипулятора, выполняющего



транспортные операции. Планируется обработка изделий шести типов. Время выполнения каждой операции предварительно определено. Приоритет изделий установлен одинаковым.

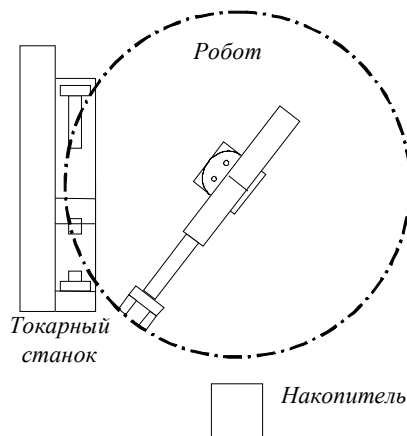


Рис. 1. Структура роботизированного технологического комплекса

Приведенные примеры демонстрируют применение описанного метода преобразования алгоритмов в сети Петри. Моделирование алгоритмов вычислительных процессов (пример 1) может применяться в учебном процессе для иллюстрации принципов их работы, а также для определения вычислительной сложности – времени выполнения процесса. Моделирование алгоритма процесса управления роботом (пример 2) может быть использовано непосредственно для создания автоматизированной системы согласованного управления оборудованием.

Направлением дальнейших исследований будет создание программы для автоматической трансляции блок-схем в структуры сетей Петри.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Емельянов В.В. Оперативное управление в ГПС / В.Ф. Горнев, В.В. Емельянов, М.В. Овсянников. – М.: Машиностроение, 1990. – 256 с.
2. Котов, В. Е. Сети Петри / В. Е. Котов. – М.: Наука, 1984. – 160 с.
3. ГОСТ 19.003-80. Схемы алгоритмов и программ. Обозначение условные графические.

Сочнев Алексей Николаевич, канд. техн. наук, доцент ФГОУ ВПО «Сибирский федеральный университет». Основное направление исследований – имитационное моделирование систем сетями Петри. Имеет 12 публикаций.

E-mail: lesek@mail.ru

A.N. Sochnev

The method of a block diagram algorithm in the formalism of Petri nets converting Siberian Federal University

This article describes the method of transformation of the algorithm presented by the block diagram, a Petri net. Formed structure and the parameters of network models for the most common building blocks. Examples of using the proposed method.

Key words: Petri nets, a block diagram of the algorithm