

УДК 519.95

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ Е-СЕТЕЙ С ПОМОЩЬЮ СЕТЕЙ ПЕТРИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВОЗМОЖНОСТИ МАТРИЧНОГО АНАЛИЗА*А. А. Банников, Д. В. Фатхи*

Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, Российская Федерация

bannikov2@gmail.com,

fatkhi@mail.ru

Разработана методика представления Е-сетей в виде сетей Петри для их последующего функционального анализа с использованием известного математического аппарата. Рассмотрен случай, связанный с возникновением ингибиторных сетей Петри. Предложено преобразование их в дуальные сети Петри, которые в последующем могут анализироваться как классические.

Ключевые слова: Е-сети, сети Петри, ингибиторные дуги, переход, позиции.

Введение. Математические модели сложных асинхронных параллельных процессов перед их использованием требуют проверки адекватности объектам, проведения верификации и функциональной проверки работоспособности.

Для моделирования современных систем широкое распространение получили сетевые модели, такие как сети Петри различных модификаций (цветные, временные, Е-сети и др.). Сети Петри наглядны в представлении, обладают развитым формальным аппаратом матричного анализа и позволяют подробно описывать асинхронные параллельные процессы. В практике широко применяются и модели более обобщенного представления процессов — Е-сети (оценочные сети), в которых выполняются условные ветвления процессов и реализуются селективные выборки. Эти сети обладают значительной сложностью с точки зрения применения матричного анализа. Сведение Е-сетей к классическим сетям Петри для повышения доступности их исследования матричными методами является актуальной научной задачей. Решение данной научной задачи осуществляется представлением Е-сетей в виде сетей Петри, к которым матричные методы легко применимы.

Сети Петри. В аналитической форме сеть Петри [1, 2] представляется совокупностью элементов: $N = (P, T, I, O, M)$, где $P = \{p_i\}$ — конечное непустое множество позиций; $T = \{t_i\}$ — конеч-

UDC 519.95

PRESENTATION OF E-NETS WITH PETRI NETS TO ENSURE THE CAPABILITIES OF MATRIX ANALYSIS*A.A.Bannikov, D.V.Fatkhi*

Don State Technical University Rostov-on-Don, Russian Federation

bannikov2@gmail.com,

fatkhi@mail.ru

The article describes the developed methodology for the presentations of E-nets in the form of Petri nets for further functional analysis using the mathematical apparatus. The article describes the case connected with the emergence of inhibitor Petri nets. It proposes their conversion in dual Petri nets, which subsequently can be analyzed as classical ones.

Keywords: E-nets, Petri nets, inhibitor arcs, transition, positions.

ное непустое множество переходов; $I: P \times T \rightarrow \{0, 1\}$ — входная функция, которая для каждого перехода задает множество его входных позиций; $O: T \times P \rightarrow \{0, 1\}$ — выходная функция, которая для каждого перехода задает множество его выходных позиций; $M: B \rightarrow 0, 1, 2, \dots$ — функция разметки сети, которая ставит каждой позиции сети в соответствие неотрицательное целое число.

Срабатывание перехода t изменяет разметку сети $M(P)$ на разметку по правилу: $M'(P) = M(P) - I(t_i) + O(t_i)$, то есть переход t_j изымает по одной метке из каждой своей входной позиции и добавляет по одной метке в каждую из выходных позиций.

Е-сети. Путем модификации сетей Петри было разработано одно из расширений — Е-сети [3]. Е-сеть представляет собой граф, состоящий, как и сеть Петри, из двух типов вершин: позиций и переходов, соединенных друг с другом ориентированными дугами, причем каждая дуга может связывать лишь позицию с переходом или, наоборот, переход с позицией.

Структура Е-сети формально, как и сеть Петри, представляется пятью параметрами: $S_E = (P, T, I, O, M)$. В Е-сетях реализуются шесть типов основных базовых переходов: обозначаемые буквами T, J, F, X, Y, I . Динамика Е-сети определяется срабатываниями переходов и перемещениями меток из входных позиций переходов в выходные позиции в результате срабатывания.

Рассмотрим правила срабатывания основных переходов Е-сетей.



Рис. 1. T-переход

Формально срабатывание перехода имеет вид:

$$(1, 0) \xrightarrow{T} (0, 1)$$

X-переход содержит дополнительную управляющую (разрешающую) позицию R .

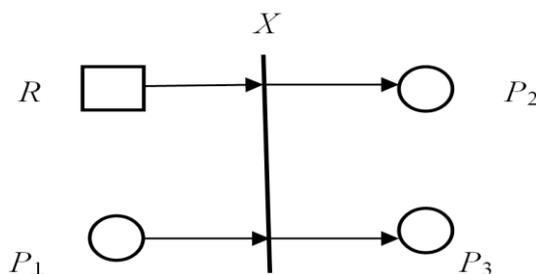
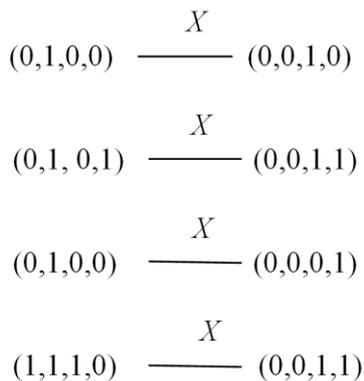


Рис. 2. X-переход

Логика работы X-перехода представляется в виде



У-переход отражает приоритетность одних потоков информации перед другими.

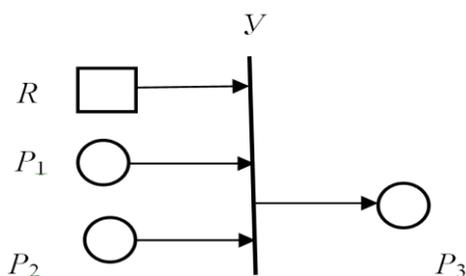
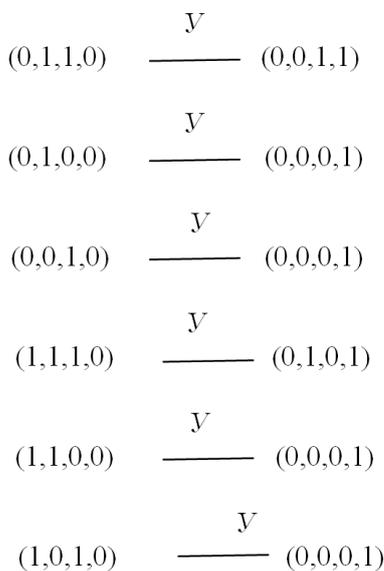


Рис. 3 . У-переход

Логика работы У-перехода:



Методика представления основных базовых переходов Е-сетей сетями Петри. Рассмотренные выше переходы Е-сетей представим в виде классических Петри (рис. 4, 5, 6).

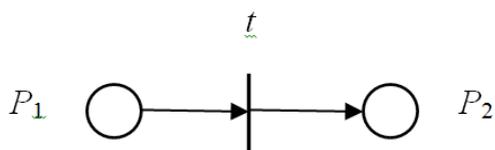


Рис. 4. Сеть Петри Т-перехода

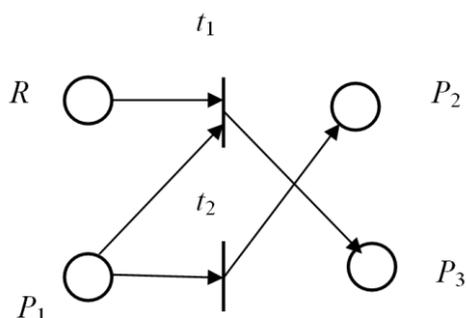


Рис. 5 . Сеть Петри X-перехода

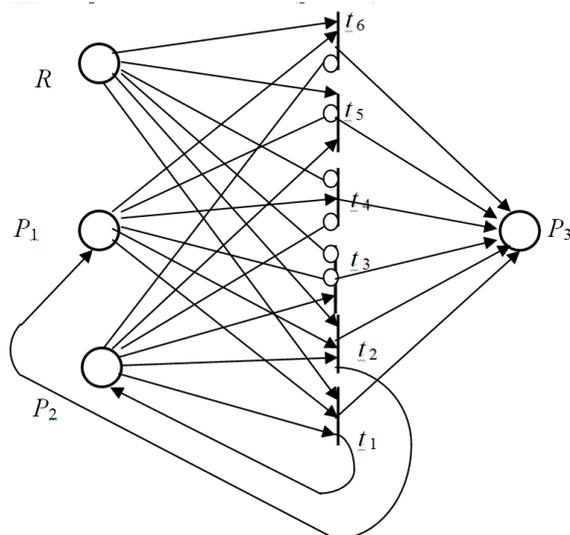


Рис. 6 . Ингибиторная сеть Петри V-перехода

Для исключения ингибиторных дуг будем использовать представление в виде дуальных сетей Петри [5], которые могут анализироваться как классические сети Петри.

Пример реализации E-сети сетью Петри. На рис. 7 представлен пример описания мультипрограммной вычислительной системы в виде E-сети. Обработка поступающих заданий организована в ней по принципу квантования времени: каждому заданию выделяется равный отрезок (квант) процессорного времени; если задание выполнено, то оно покидает систему, если же времени оказалось недостаточно, то задание встает в очередь и ждет повторного выделения кванта времени.

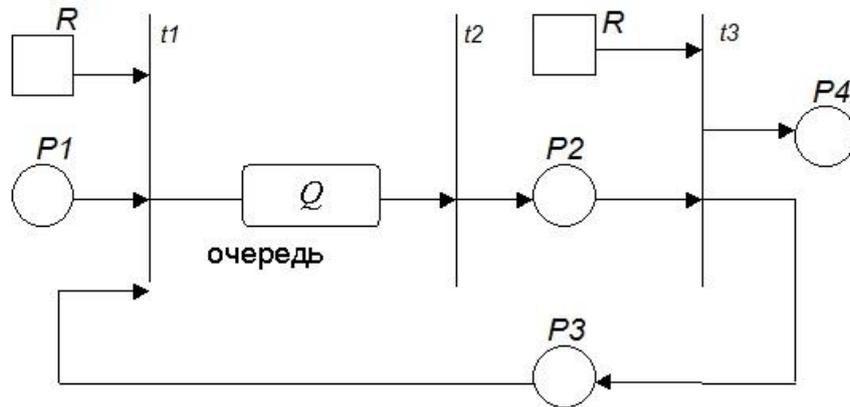


Рис. 7. Пример E-сети

На рисунке переходы, соответствующие определенным событиям в системе (t_j), имеют следующие обозначения: t_1 — постановка задания в очередь; t_2 — выполнение задания в течение одного кванта времени; t_3 — анализ степени завершенности задания. Разрешающие позиции $R1$ и $R2$ служат для задания закона формирования случайных интервалов времени между поступающими заданиями и интервалов времени, необходимых для полного обслуживания каждого из них.

Преобразуем данную E-сеть в сеть Петри (рис. 8). В данной сетевой модели присутствуют ингибиторные дуги, которые не позволяют провести точный анализ заданной сети [4]. Для дальнейшего представления в виде классической сети Петри преобразуем ее в дуальную сеть Петри. Для наглядности отображения разделим сеть Петри с ингибиторными дугами на две части и представим их в дуальном виде (рис. 9, 10, 11).

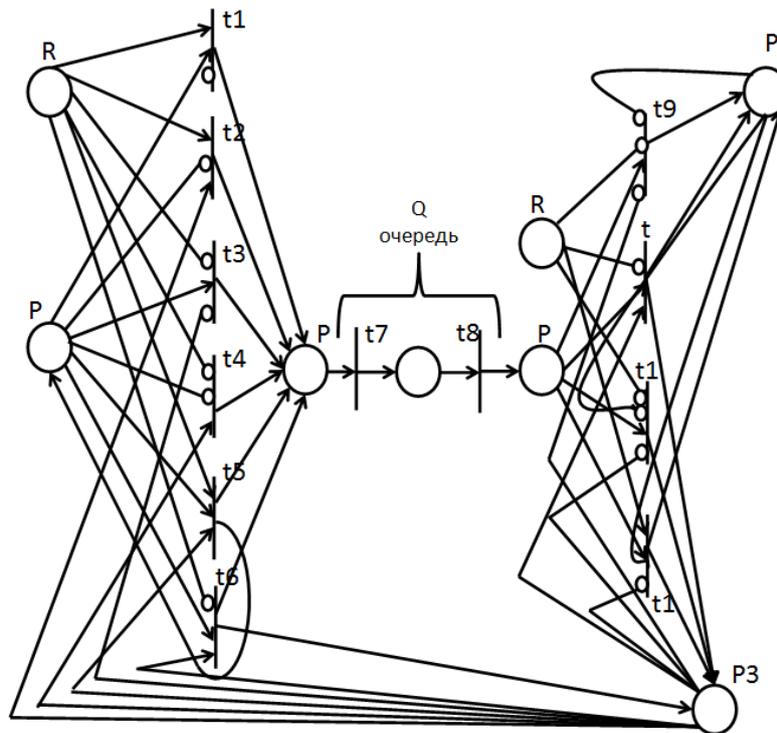


Рис. 8. Ингибиторная сеть Петри

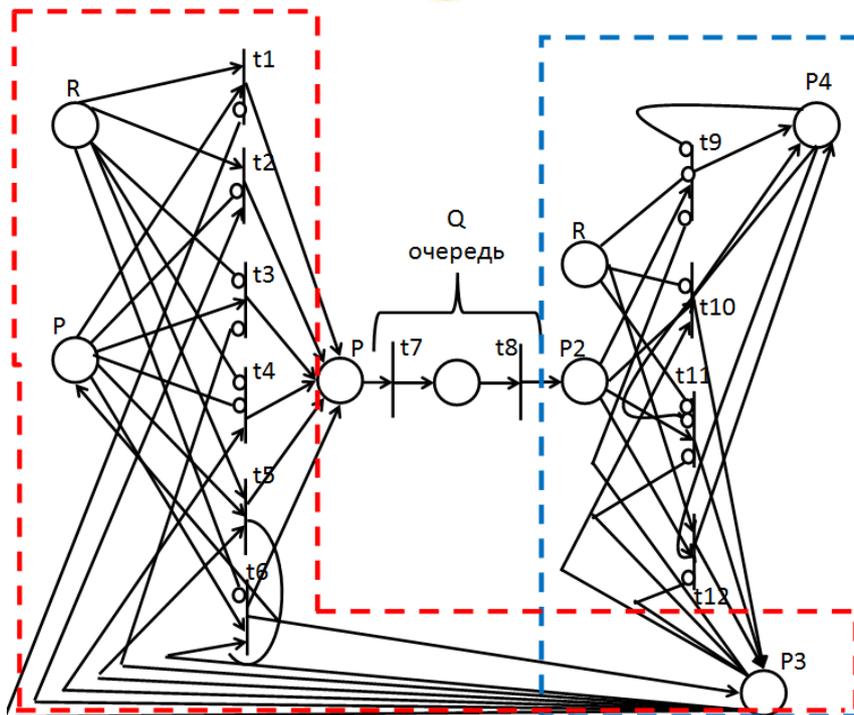


Рис. 9. Разделенная на красный и синий фрагменты ингибиторная сеть Петр

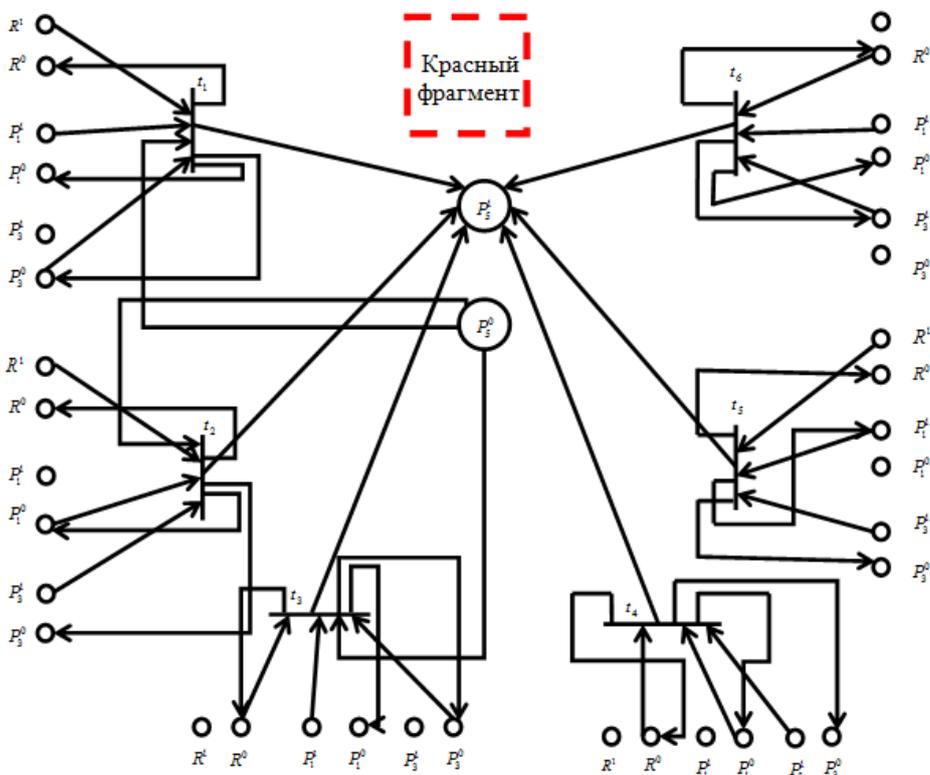


Рис. 10. Красный фрагмент дуальной сети Петри

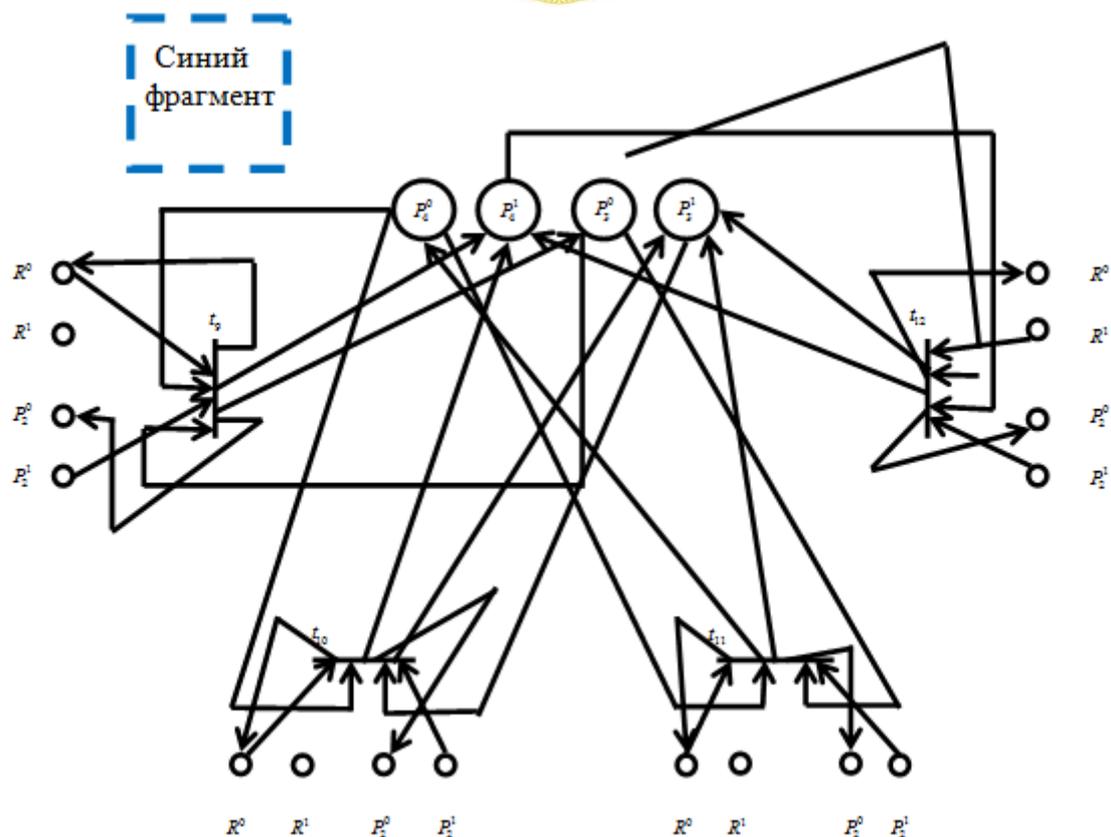


Рис. 11. Синий фрагмент дуальной сети Петри

Заключение. Методика представления классическими сетями Петри моделей, разработанных на основе Е-сетей, позволяет использовать формальные методы их анализа. Методика может быть использована при разработке и исследовании моделей асинхронных параллельных процессов с целью верификации и проверки функциональной работоспособности.

Библиографический список.

1. Питерсон, Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем / Дж. Питерсон. — Москва : Мир, 1984. — 264 с.
2. Котов, В. Е. Сети Петри / В. Е. Котов. — Москва : Наука, 1984. — 161 с.
3. Советов, Б. Я. Моделирование систем / Б. Я. Советов, С. А. Яковлев. — Москва : Высшая школа, 2001. — 343 с.
4. Фатхи, Дм. В. Повышение мощности разрешения моделей информационной безопасности на основе модификации ингибиторных сетей Петри / Дм. В. Фатхи, Д. В. Фатхи // Информационная безопасность регионов. — 2010. — № 2(7). — С. 69–70.
5. Фатхи, Дм. В. Бинарные сети Петри с альтернативным маркированием Петри / Дм. В. Фатхи, Д. В. Фатхи // Математические методы в технике и технологиях : сб. трудов XXII междунар. науч. конф. — Псков, 2009. — Т. 5. — С. 101–105.