

УДК: 681.5, 519.86

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ВОССТАНОВЛЕНИЯ СЕТЕЙ ПЕТРИ

МАСЛАКОВ МАКСИМ ПЕТРОВИЧ

к.т.н., доцент
ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)»

КУЛАКОВА СВЕТЛАНА ВИКТОРОВНА

студент
ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)»

Аннотация: В данной работе в обобщённом виде описаны ранее полученные результаты по методам и способам построения сетей Петри с использованием графов активности переходов, все изложенное проиллюстрировано на конкретных примерах. Поставлена задача создания методов преобразования графов активности переходов в сети Петри, в которых возможна реализация всевозможного множества срабатывания переходов. Проиллюстрированы возможности алгоритма восстановления сети Петри на нескольких стандартных фигур графов активности переходов.

Ключевые слова: сеть Петри, граф активности переходов, алгоритм восстановления сети, стандартные фигуры графов.

DEVELOPMENT OF THE RECONSTRUCTION ALGORITHM OF PETRI NETS

Maslakov Maksim Petrovich,
Kulakova Svetlana Viktorovna

Abstract: In this paper summarized and described the previously obtained results on the methods and ways of constructing Petri nets using activity transition graph, all the above illustrated specific examples. Tasked with creating a methods transformation activity transition graph in Petri nets, which can be implemented in various multiple transitions firing. Illustrated the capabilities of the reconstruction algorithm of Petri net into several standard shapes of activity transition graph.

Key words: Petri net, activity transition graph, the reconstruction algorithm of the network, standard figures graphs.

В работе [1, с. 36] была предложена графовая модель активности переходов – граф активности переходов (ГАП) для нахождения расширения сети множеством входных P_i и множеством выходных P_o позиций:

$$G = \langle T, S \rangle, \text{ где:}$$

T – множество вершин графа, каждая из которых взаимно однозначно соответствует некоторому переходу сети;

S – отношение смежности, заданное на множестве T , пара $(t_i, t_j) \in S$, если t_i и t_j одновременно активны хотя бы на одном шаге очередности срабатывания переходов.

Построение ГАП по сети Петри проиллюстрируем на следующем примере. Дана сеть Петри $N_1 =$

$\langle P, T, I, O, \mu_0 \rangle$ (рис. 1), $P = \{P_1, P_2, P_3\}$, $T = \{T_1, T_2, T_3, T_4, T_5, T_6\}$.

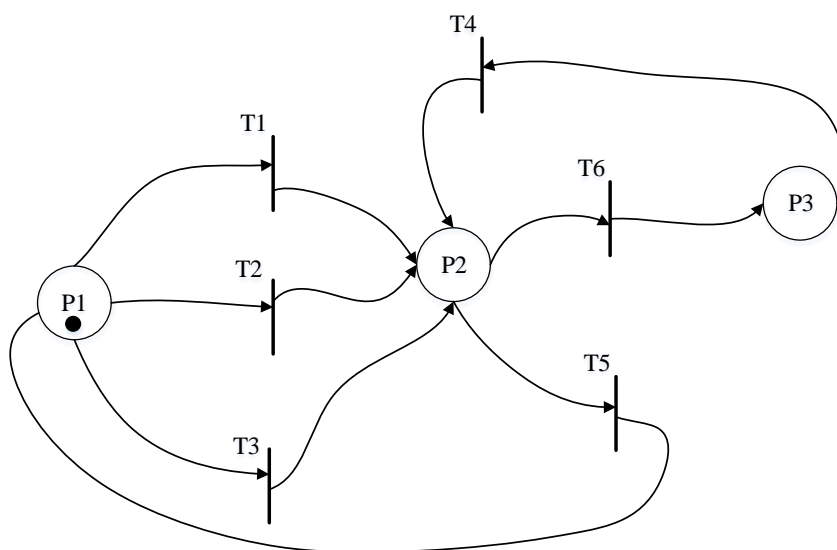


Рис. 1. Сеть Петри $N_1 = \langle P, T, I, O, \mu_0 \rangle$

Построение ГАП реализуется на основе разработанного в [2, с. 41] метода модификации обыкновенных сетей Петри (рис. 2).

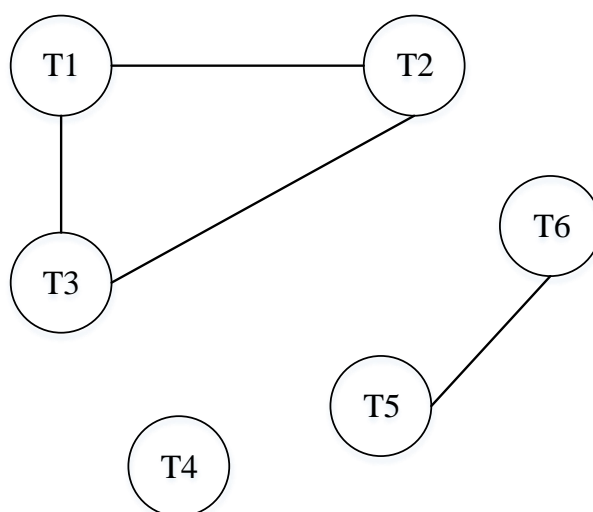
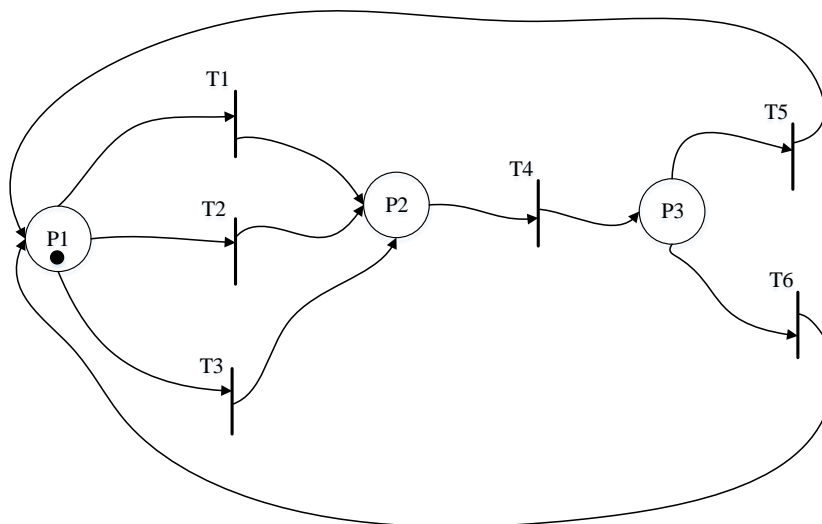


Рис. 2. ГАП сети Петри $N_1 = \langle P, T, I, O, \mu_0 \rangle$

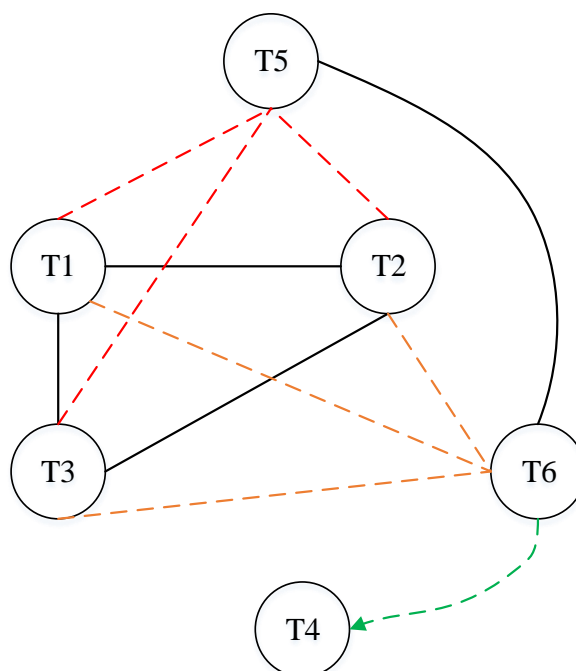
В работе [3, с. 22] была рассмотрена задача построения по заданному ГАП сети Петри, было определено, что в ГАП графически отображается только отношение смежности между вершинами, которые взаимно однозначно соответствуют одновременно активным переходам в сети Петри, также показано, что по одному ГАП может быть построено несколько сетей Петри, которые, к сожалению, не изоморфны.

Если произвести преобразование ГАП (рис. 2) в сеть Петри, то будут получены, как минимум, две сети Петри: сеть Петри N_1 (рис. 1) и сеть Петри N_2 (рис. 3). Эти сети не изоморфны, функционирование их – не эквивалентно.

Рис. 3. Сети Петри $N_2 = \langle P, T, I, O, \mu_0 \rangle$

Для устранения вышеотмеченного, структура ГАП была расширена отношением смежности Z [3, с. 24], заданным на множестве T , пара $(t_i, t_j) \in Z$, если только срабатывание t_i приводит к активности t_j , а также предложены правила построения сети Петри по заданному ГАП.

В итоге, если рассматривать ГАП (рис. 2), то с учетом предложенной структуры $G = \langle T, S, Z \rangle$ и правил построения сети, он преобразуется в следующий ГАП (рис. 4, линии выделены цветом только для наглядности структуры ГАП).

Рис. 4. ГАП $G = \langle T, S, Z \rangle$ сети Петри $N_1 = \langle P, T, I, O, \mu_0 \rangle$

При преобразовании ГАП $G = \langle T, S, Z \rangle$ (рис. 4) в сеть Петри будет получена именно искомая сеть Петри (рис. 1), модификация которой, в дальнейшем, позволит обеспечить заведомо эффективное управления процессами и производствами.

Внесение предложенного выше отношения смежности Z в структуру ГАП решает ряд важных задач

преобразования графа в сеть Петри, однако, само по себе, это отношение вносит ограничение на количество последовательностей срабатывания переходов возможных к реализации в искомой сети Петри. Что в свою очередь снижает показатели гибкости управляющих моделей систем управления, построенных на основе таких сетей Петри.

Задача создания методов преобразования ГАП в сеть Петри, реализующую всевозможные последовательности срабатывания переходов, является актуальной задачей, так как будет способствовать обеспечению гибкости управления и возможности перенастройки технологического регламента работы производств.

В рамках решения поставленной задачи был определен первичный ряд стандартных фигур ГАП, структура которых не содержит отношение смежности Z (рис. 5).

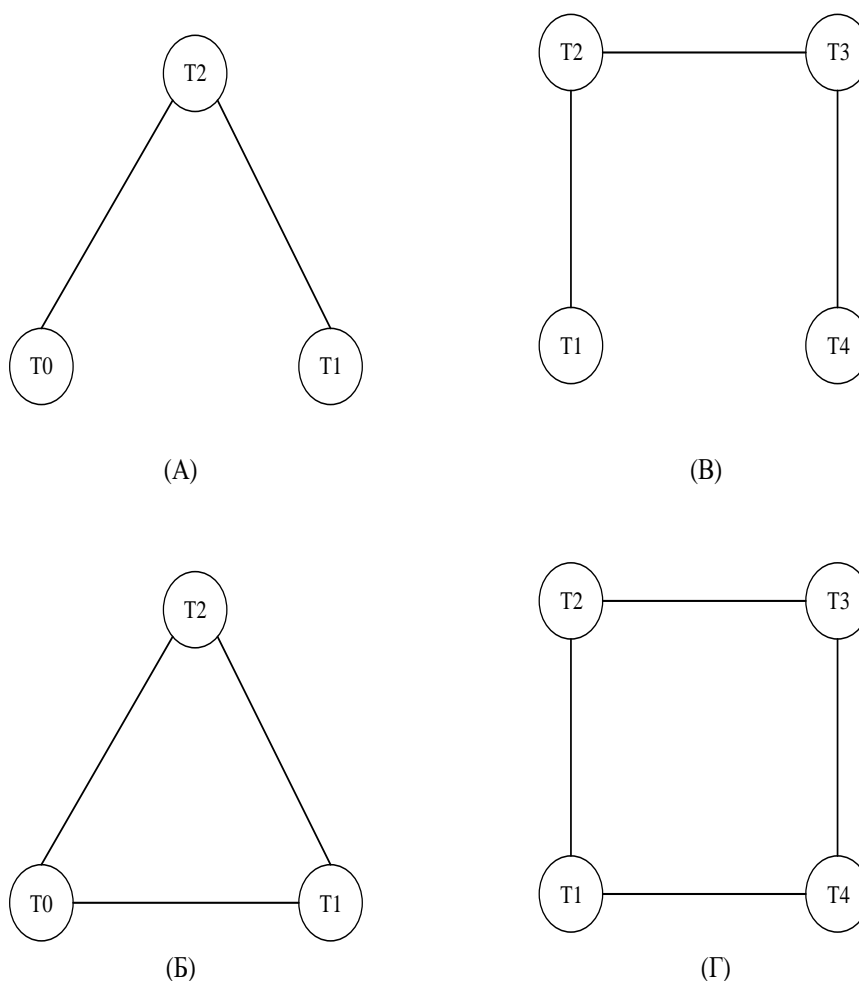


Рис. 5. Стандартные фигуры ГАП $G = \langle T, S \rangle$

Сети, реализующие всевозможные последовательности срабатывания переходов, строились с использованием алгоритма восстановления сети Петри, описание которого следующее. В каждом ГАП определялись максимально полные подграфы, среди которых (для каждого ГАП отдельно) уже выбирался подграф с наибольшей мощностью множества вершин (при наличии двух, трех и т.п. множеств с одинаковой максимальной мощностью множества вершин выбирался любой из них). Для ГАП рисунка 5 это: «А» - $V = \{T0, T1\}$; «Б» - $V = \{T0, T1, T2\}$; «Г» - $V = \{T1, T2\}$; «В» - $V = \{T1, T2\}$. Далее, уже используя метод, обратный методу модификации сетей Петри, описанный в [1], строились сети (рис. 6).

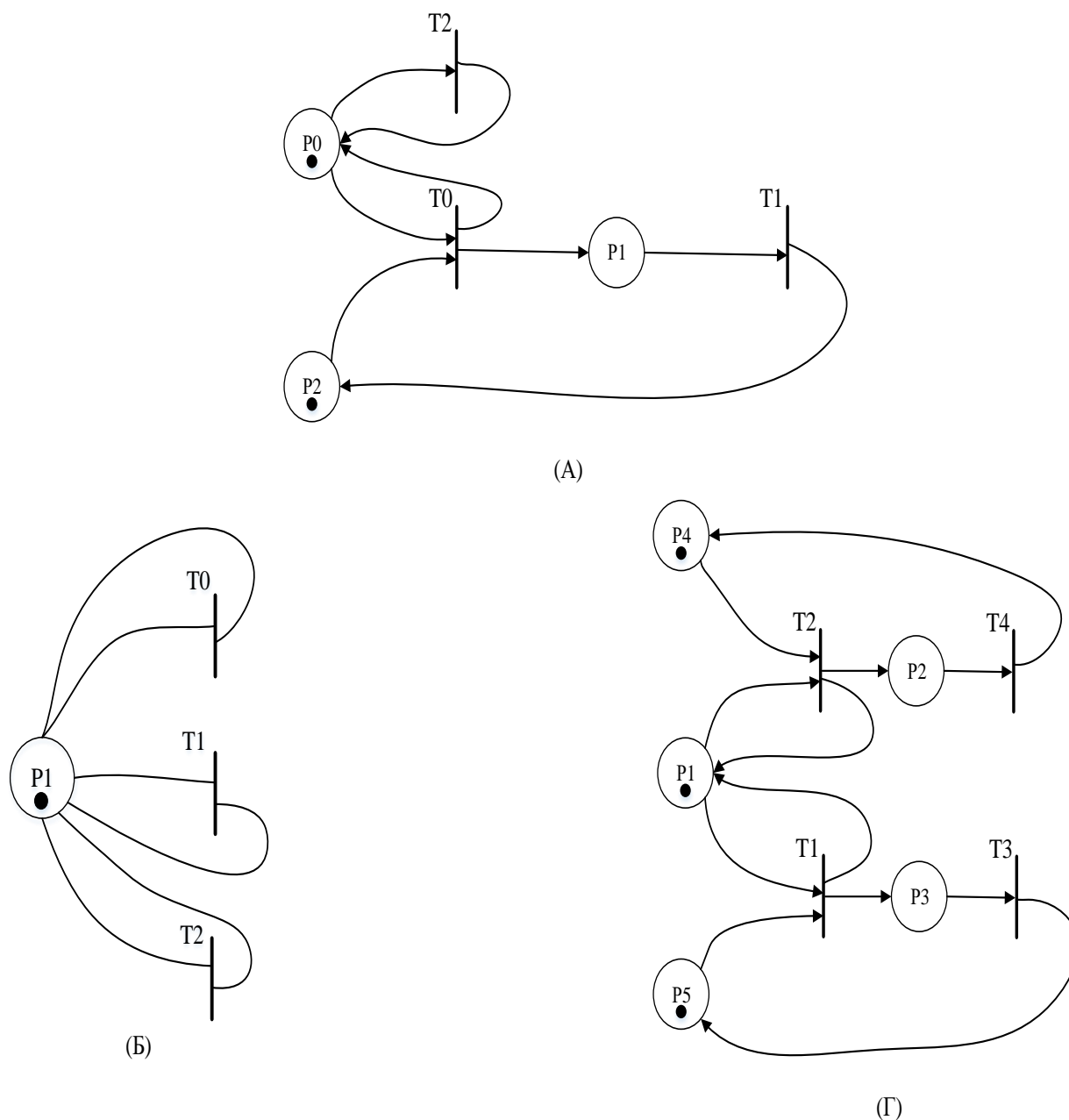


Рис. 6. Сети Петри для ГАП $G = \langle T, S \rangle$ (рис. 5)

Однако, для фигуры «В» (рис. 5) построить сеть, реализующую всевозможные последовательности срабатывания переходов, не удалось (рис. 6 – отсутствует сеть «В»). Это связано с невозможностью структурно в сети реализовать отсутствие одновременной активности между переходами T_1 и T_4 , при условии наличия смежности между вершинами, смежными с T_1 и T_4 в ГАП (рис. 5 (В)).

Можно сказать, что была определена первая запрещенная фигура преобразования ГАП в сеть Петри (рис. 5 (В)). Целью дальнейших исследований является определение всего множества запрещённых фигур преобразования ГАП в сеть Петри, в планах произвести восстановление сетей Петри для следующих фигур ГАП (рис. 7).

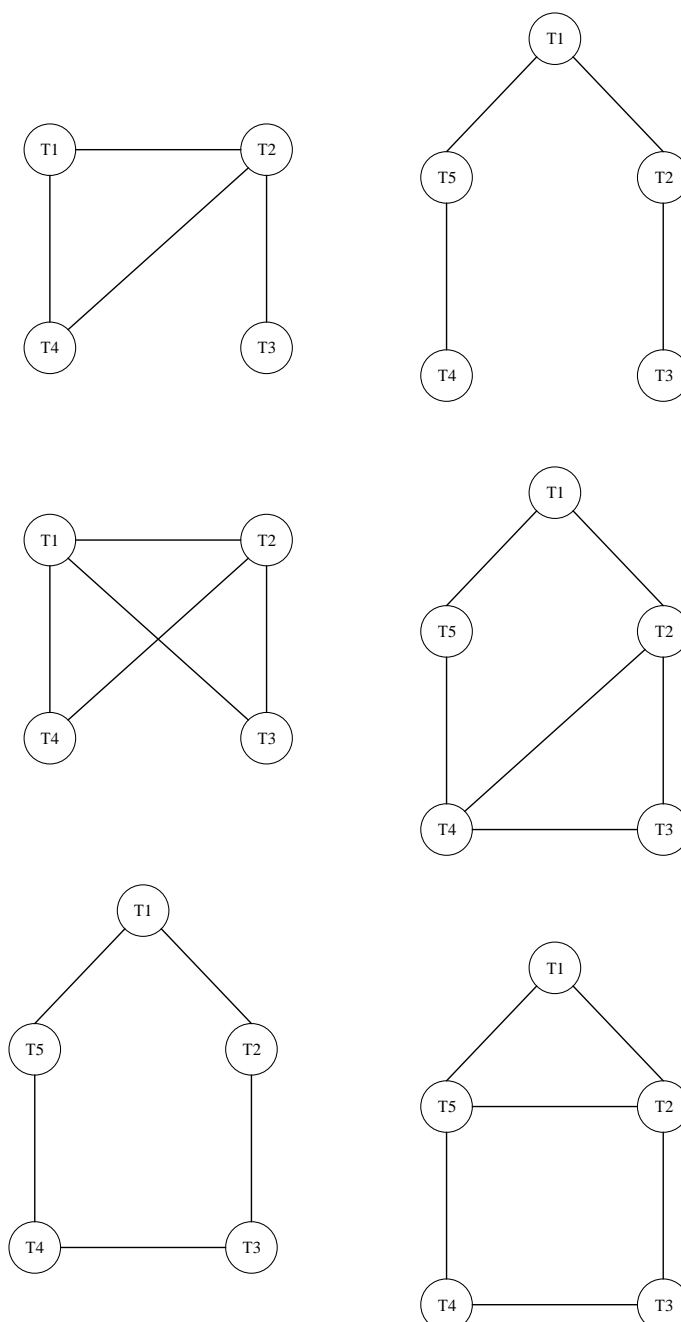


Рис. 7. Фигуры ГАП $G = \langle T, S \rangle$

Статья подготовлена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-38-00551 мол_а.

Список литературы

1. Маслаков М.П. Автоматизация проектирования технологической подготовки процесса приготовления шихты // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук: 05.13.12 / Северо-Кавказский горно-металлургический институт. Владикавказ, 2013.
2. Маслаков М.П., Дедегкаев А.Г. Метод модификации сетей Петри для построения управляющих моделей сложных технологических процессов // Перспективы науки. 2016. № 3 (78). С. 39-45.
3. Maslakov M.P., Dedegkaev A.G., Antipov K.V. The activity count of transitions Petri networks of technological processes // Наука и технологии. 2016. № 3. С. 20-25.