

## ПОВЫШЕНИЕ МОЩНОСТИ РАЗРЕШЕНИЯ МОДЕЛЕЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОСНОВЕ МОДИФИКАЦИИ ИНГИБИТОРНЫХ СЕТЕЙ ПЕТРИ

© ФАТХИ Дмитрий Владимирович

кандидат технических наук, доцент, заместитель начальника Новочеркасского суворовского военного училища МВД России по учебной работе.

☎ (863-2) 787-669, ✉ D.V.Fatkhi@gmail.com



Фатхи Владимир Ахатович

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой вычислительных систем и информационной безопасности института энергетики и машиностроения Донского государственного технического университета.

☎ (863-2) 589-140, ✉ fatkhi@mail.com

Фатхи Денис Владимирович

кандидат технических наук, научный сотрудник Ростовского военного института Ракетных войск.

☎ (863-2) 451-669, ✉ D.V.Fatkhi@gmail.com



*В статье предлагается решение задачи проверки на нуль и моделирования процессов, сравнимых по сложности с машинами Тьюринга, в целях повышения мощности моделирования Сетей Петри, расширенных путём использования, сдерживающих (ингибиторных) дуг. Предлагается осуществлять преобразование ингибиторной сети Петри в бинарную сеть Петри с альтернативным маркированием.*

*Ключевые слова: сети Петри, машина Тьюринга, моделирование.*

Сети Петри используются в различных областях науки и техники для моделирования поведения современных систем, реализующих параллельные и асинхронные процессы. В системах обеспечения информационной безопасности сетями Петри целесообразно представлять в комплексе и функционирование аппаратно-программных средств и соответствующую деятельность людей.

Важной особенностью сетей Петри (СП) является наличие математического аппарата, позволяющего анализировать модели

на основе матричных уравнений. Однако СП имеют ограничения на моделирование, которое состоит в неспособности их проверить на наличие точно определённой маркировки в некоторой неограниченной позиции и осуществить действия в зависимости от результатов проверки. Оно известно как неспособность к проверке на нулевую маркировку некоторой позиции. Кроме того, возможны ограничения на мощность моделирования и на мощность разрешения, которые СП стремятся преодолеть. Мощность моделирования характеризует способность мо-

делей представлять сложные системы, близкие по универсальности к машинам Тьюринга, а *мощность разрешения* характеризует возможность проведения формального анализа расширений СП.

Повышение мощности моделирования СП привело к расширению последних путём использования, так называемых, *сдерживающих (ингибиторных) дуг*, что дало возможность решить задачу проверки на нуль и моделировать процессы, сравнимые по сложности с машинами Тьюринга. Однако все вопросы анализа СП стали неразрешимыми, как и для машин Тьюринга. Итак, увеличение мощности моделирования, то есть расширение модели СП привело к уменьшению мощности разрешения и невозможности применения для анализа расширенных моделей математического аппарата СП.

Тем не менее мощность разрешения можно повысить посредством введения ограничений

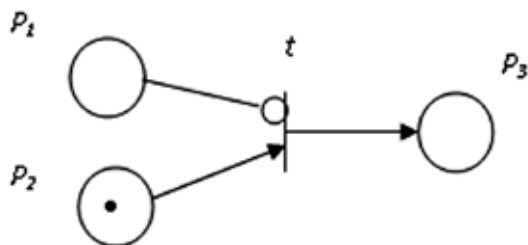


Рис. 1. Фрагмент ингибиторной сети Петри

на структуру модели расширенной СП. Данный факт будем рассматривать в качестве постановки задачи, состоящей в *наложении разумных структурных ограничений на СП, которые увеличивают мощность разрешения модели, существенно не ограничивая мощности моделирования.*

Предлагается решение задачи осуществлять путём *преобразования ингибиторной СП в бинарную СП с альтернативным маркированием (БСП).*

В ингибиторной СП со сдерживающими дугами (рис. 1) переход считается разрешённым, если метки присутствуют во всех его позициях, связанных с переходом СП обычными дугами, и отсутствуют в позициях, соответствующих переходу сдерживающими дугами.

В рассмотренном фрагменте переход  $t$  срабатывает при маркировке. В результате метка  $t$  переместится в выходную позицию  $P_3$ .

Для решения задачи *структурной модификации ингибиторной СП* будем использовать БСП.

БСП представляется в виде пятерки

$$N = (P, T, F, \mu_0),$$

где  $P$  – непустое множество бинарных позиций,  $P = \{P_i^0 \cup P_i^1 \mid i = \overline{1, n}\}$ ,

$P_i^0$  – позиция, наличие метки в которой задаёт факт отсутствия метки в позиции  $P_i$ ;

$P_i^1$  – позиция, наличие метки в которой задаёт факт наличия метки в позиции  $P_i$ ;

$T$  – непустое множество переходов;

$F \subseteq P \times T \cup T \times P$  – отношение инцидентности;

$\mu_0 : P \rightarrow \{0, 1\}$  – начальная маркировка сети, ставящая в соответствие каждой позиции

либо 0, либо 1. Позиции  $P_i^0$  и  $P_i^1$  не допускают одновременной маркировки.

С учётом представленного формализованного задания, преобразуем фрагмент ингибиторной СП в БСП (рис. 2).

Для обычных переходов, используемых в ингибиторных СП, представлены аналогичные соответствия (рис. 3).

Срабатывание переходов БСП, соответствующей фрагменту ингибиторной СП, представлено на рис. 4. Здесь рассмотрено изменение

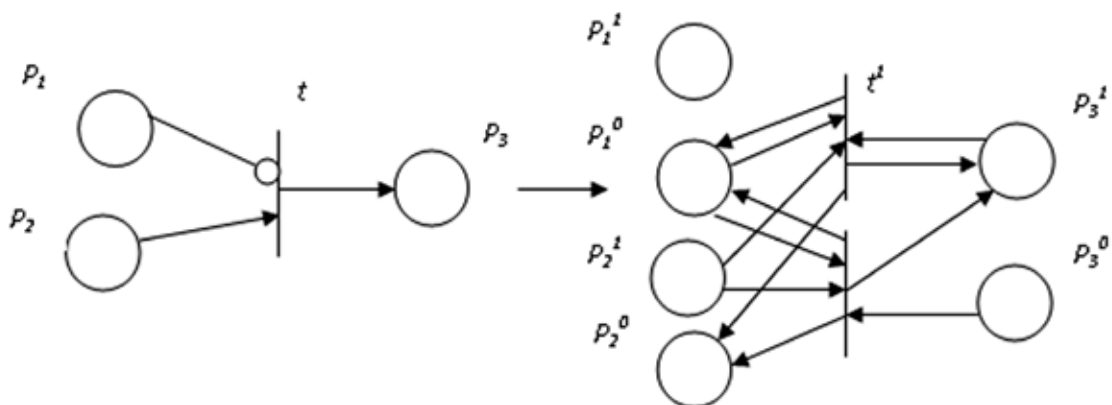


Рис. 2. Фрагмент БСП, сопоставленной ингибиторной СП

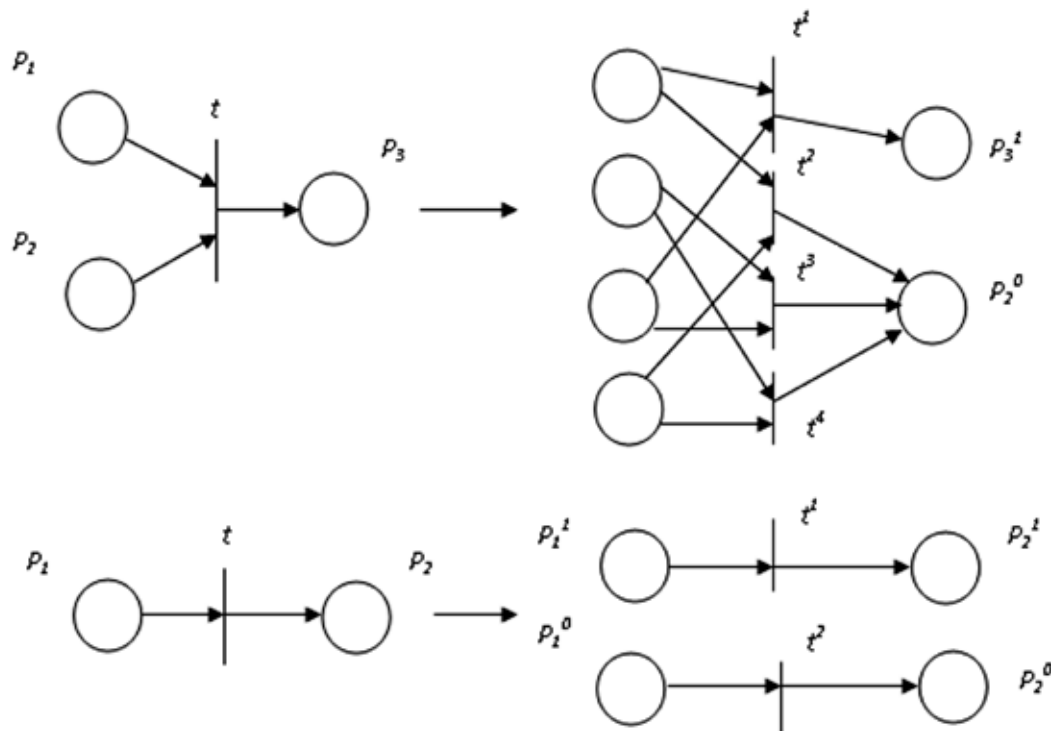


Рис. 3. Фрагменты БСП, сопоставленные обычным фрагментам ингибиторной СП

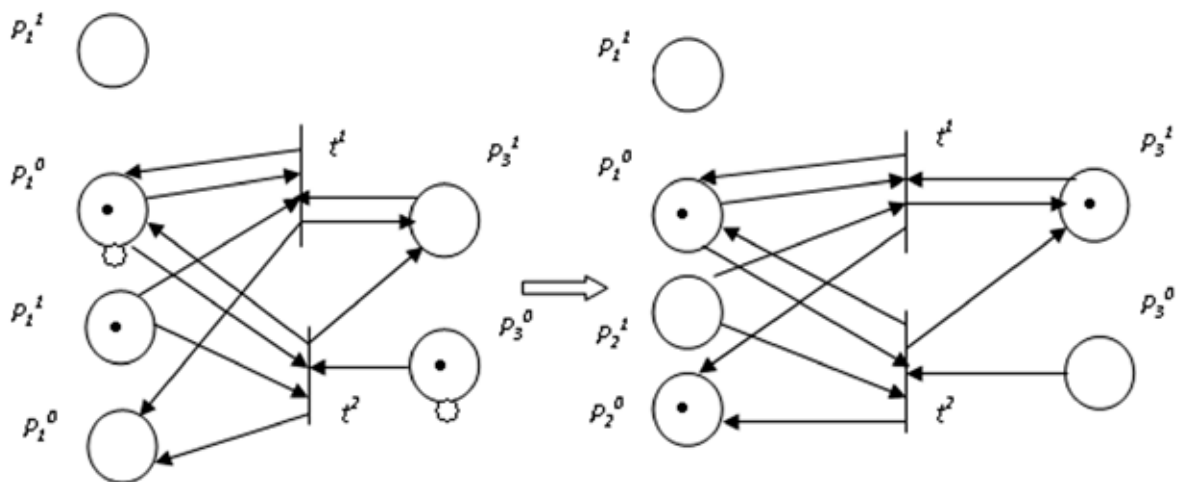


Рис. 4. Срабатывание переходов БСП, соответствующей фрагменту ингибиторной СП со сдерживающей дугой

маркировки БСП при отсутствии маркировки в позиции, связанной со сдерживающей дугой, и наличии маркировки в позиции, связанной с обычной дугой фрагмента ингибиторной СП.

Итак, представление расширенной ингибиторной СП с помощью БСП позволяет применить для анализа математический аппарат матричных уравнений, что даёт возможность повысить мощность разрешения моделей расширенных СП.

#### Библиографический список

1. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем / пер. с англ. [Текст] – М.: Мир, 1984.
2. Фатхи Дм. В. и др. Бинарные сети Петри с альтернативным маркированием [Текст] // Математические методы в технике и технологиях – ММТТ22: сб. трудов XXII Междунар. науч. конф.: в 10 т. Т. 5. Секция 5 / под общ. ред. В. С. Балакирева. – Псков: изд-во Псков. гос. политехн. ин-та, 2009. – ISBN 978-5-91116-098-9.