4. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем: Учебник для вузов. – М.: Высш. шк., 1985. – 271 с.

УДК 519.95

Д.Ш. Фаттахов, М.Н. Салманова

МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ПАРАЛЛЕЛЬНО ФУНКЦИОНИРУЮЩИМИ ОБРАБАТЫВАЮЩИМИ УСТРОЙСТВАМИ В ВИДЕ ВРЕМЕННЫХ СЕТЕЙ ПЕТРИ

Научный руководитель: В.А. Мустафаев, д.т.н., профессор
Сумгаитский Государственный Университет
(Азербайджанская Республика, г. Сумгаит, valex-sdu@mail.ru)

Временные сети Петри (ВСП) являются одним из возможных расширений базовых сетей Петри, используемых для моделирования дискретных систем и процессов в задачах управления, при анализе которых необходимо учитывать не только порядок выполнения действий, но и временные характеристики. Среди определений ВСП наиболее эффективным является определение, сопоставляющее временные задержки переходам и временные задержки маркерам в позициях сети, как элементам, представляющим действия моделируемой системы.

ВСП определяется выражением $N=(P,T,E,W,\mu_0,Z,S)$, где

$P=\{p_i\}$, $(i=1,...,n$; n – число позиций) – конечное непустое множество позиций; $T=\{t_j\}$, $(j=1,\dots,m$; m–число переходов) – конечное непустое множество переходов; $E=\{(p_i,t_j)\subseteq P\times T\cup(t_j,p_i)\subseteq T\times P\}$ – задает дуги объединяющие позиции с переходами и переходы с позициями; $W:E\to N\setminus\{0\}$ – означает разметку кратности дуг; $\mu_0=(\mu_1^0,\mu_2^0,\dots,\mu_n^0)$– вектор начальной маркировки сети, каждый компонент μ_i^0 равен числу меток в позиции p_i; $Z=(z_1,z_2,\dots,z_n)$ – вектор параметров временных задержек маркеров в позициях ВСП, где $Z:P\to R^+$ (R^+–множество положительных вещественных чисел); $S=(s_1,s_2,\dots,s_m)$– вектор параметров времен срабатывания разрешенных переходов ВСП, где $S: P \to R^{+}$. Если $e_k \in E$ – дуга сети *N*, соединяющая позицию p_i с переходом t_j, то натуральное число $W(e_k) = n_k$ задает кратность дуги e_k. При $n_k > 1$ значение кратности используется в качестве метки дуги. Если $n_k = 1$, то дуга не помечается.

Если кратности всех дуг равны единице, то такие сети называются одинарными [1, ст. 83].

Функционирование сети представляет собой процесс изменения её маркировки в результате запусков и завершений переходов. Маркировка в произвольный момент времени $\tau \in Z$ записывается в виде $\mu(\tau) = (\mu_1(\tau), \mu_2(\tau), ..., \mu_n(\tau)$ [2, ст 5].

Учитывая вышеизложенное, разработан алгоритм функционирования ВСП. *Начало алгоритма*

1. Создание матрицы входной инцидентности множеств переходов с размерностью $n \times m$:

$$c_{i,j}^{-} = \begin{cases} w(p_i, t_j), & \text{если } \forall p_i \in I(t_j); \\ 0, & \text{если } \forall p_i \notin I(t_j), \end{cases}$$

где, $i = \overline{1,n}$, $j = \overline{1,m}$.

2. Создание матрицы выходной инцидентности множеств переходов с размерностью $m \times n$:

$$c_{j,i}^{+} = \begin{cases} w(t_j, p_i), & \text{если } \forall p_i \in O(t_j); \\ 0, & \text{если } \forall p_i \notin O(t_j), \end{cases}$$

где, $i = \overline{1,n}$, $j = \overline{1,m}$.

3. Создание вектора начальной маркировки μ^0: $\mu_i^0 = \mu^0(p_i)$, $(i = \overline{1,n})$.

4. Создание вектора задержек маркеров в позициях: $z = (z_1, z_2, ..., z_n)$.

5. Создание вектора времени срабатывания разрешенных переходов: $s = (s_1, s_2, ..., s_m)$.

6. $\tau = 0 -$ момент времени, для которого зафиксирован начальная разметка сети.

7. Текущая маркировка сети $\mu_{\tau i} = \mu_i^0$; где, $i = \overline{1,n}$.

8. Поиск разрешенного перехода: Для каждого перехода t_j, $j = \overline{1,m}$; проверяются следующие условия срабатывания:

8.1. Если для всех входных позиций перехода t_j, для которых $c_{ij}^{-} \neq 0$, выполняется условие $\mu_{\tau i} \geq c_{ij}^{-}, i = \overline{1,n}$, то переход t_j срабатывается и осуществляется переход к шагу 9, в противном случае значение j увеличивается на единицу: $j = j + 1$.

8.2. Если $j \leq m$, то осуществляется переход к шагу 8, в противном случае вывод сообщения о тупиковом состоянии.

9. Нахождение максимального времени блокировок маркеров входных позиций перехода t_j:

9.1. $z_{\max} = 0$;

9.2. если для всех $p_i \in I(t_j)$, выполняется условие $z_i > z_{\max}$, то выполняется присваивание $z_{\max} = z_i$.

10. Вычисляется время срабатывания перехода t_j: $\tau = \tau + z_{\max} + s_j$;

11. Создание вектора новой маркировки:

$$\mu'_{\tau i} = \mu_{\tau i} - c_{ij}^{-}, \forall p_i \in I(t_j)$$

$$\mu'_{\tau i} = \mu_{\tau i} + c_{ij}^{+}, \forall p_i \in O(t_j).$$

12. Новая маркировка принимается за текущую: $\mu_{\tau i} = \mu'_{\tau i}$, $i = \overline{1,n}$; и осуществляется переход к шагу 8.

Конец алгоритма.

Рассмотрим модель функционирования модуля «обрабатывающий центр» в гибкой производственной системе механообработки. Обрабатывающий центр состоит из одного персонального входного накопителя для необработанных деталей; из устройства 1 и устройства 2, выполняющих две различные операции над деталью; из робота-манипулятора, выполняющего загрузки-разгрузки устройства 1 и устройства 2 соответственно, и из персонального выходного накопителя для обработанных деталей. Связь модуля с предыдущим и последующим модулями происходит соответственно с помощью вышеуказанных накопителей.

Модуль работает следующим образом: детали поступают на входной накопитель и ожидают обработку; при наличии деталей на входном накопителе робот–манипулятор осуществляет загрузку устройства 1, после обработки детали разгружаются, затем осуществляется загрузка устройства 2, после обработки детали происходит разгрузка устройства 2 и цикл повторяется.

В представленной модели, составленной с применением ВСП (см. рис.1), состояния модуля обрабатывающего центра описываются следующими позициями:

p_1 и p_2 – соответственно обслуживание устройства 1 и устройства 2; p_3 – входной накопитель необработанных деталей; p_4, p_8 – соответственно загрузки устройства 1 и устройства 2; p_5 и p_{10} – соответственно готовность для выполнения операций с одной деталью устройства 1 и устройства 2; p_6 и p_9 – завершение обработки над деталью устройства 1 и устройства 2; p_7 и p_{11} – соответственно разгрузки устройства 1 и устройства 2; p_{12} – выходной накопитель обработанных деталей.

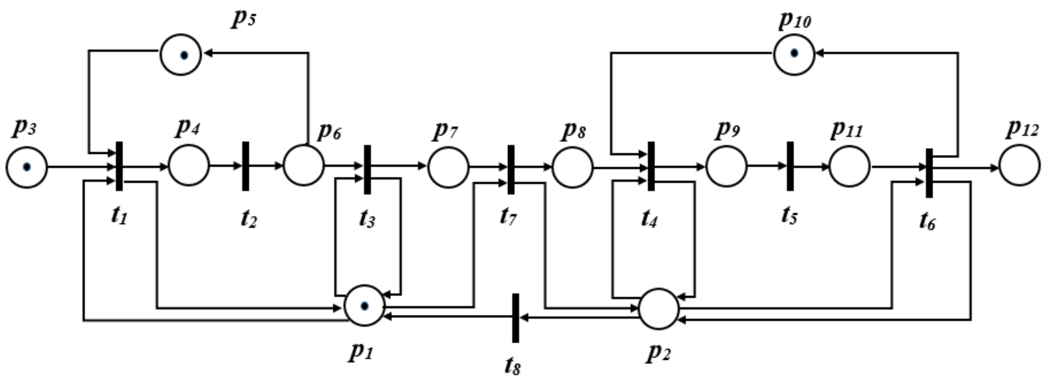

Рис. 1. Граф модели ВСП «обрабатывающий центр» в гибкой производственной системе механообработки

Возможные события в модуле обрабатывающего центра описываются следующими переходами:

t_1 и t_4 – соответственно выполнение загрузки устройства 1 и устройства 2; t_2 и t_5 – соответственно обработка детали устройства 1 и устройства 2; t_3 и t_6 – соответственно выполнение разгрузки устройства 1 и устройства 2; t_7 –

транспортировка детали из выхода устройства 1 к входу устройства 2; t_8– перемещение робота манипулятора от устройства 2 к устройству 1.

Функция инцидентности множества позиций представляется матрицей $C^{-}(8,12)$:

$$C^{-}(8,12)=\begin{Vmatrix} 1&0&1&0&1&0&0&0&0&0&0&0\\ 0&0&0&1&0&0&0&0&0&0&0&0\\ 1&0&0&0&0&1&0&0&0&0&0&0\\ 0&1&0&0&0&0&0&1&0&1&0&0\\ 0&0&0&0&0&0&0&0&1&0&0&0\\ 0&1&0&0&0&0&0&0&0&0&1&0\\ 1&0&0&0&0&0&1&0&0&0&0&0\\ 0&1&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0 \end{Vmatrix}$$

Функция инцидентности множества переходов представляется матрицей $C^{+}(8,12)$:

$$C^{+}(8,12)=\begin{Vmatrix} 1&0&0&1&0&0&0&0&0&0&0&0\\ 0&0&0&0&0&1&0&0&0&0&0&0\\ 0&0&0&0&1&0&1&0&0&0&0&0\\ 0&1&0&0&0&0&0&0&1&0&0&0\\ 0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&1&0\\ 0&1&0&0&0&0&0&0&0&1&0&1\\ 0&1&0&0&0&0&0&1&0&0&0&0\\ 1&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0 \end{Vmatrix}$$

Начальная маркировка представляется вектором: $\mu_0=(1,0,1,0,1,0,0,0,0,1,0,0)$.

На основе разработанного алгоритма определяется структура ВСП. В результате компьютерного эксперимента получена последовательность срабатывающих переходов $\sigma=(t_1t_2t_3t_7t_4t_5t_6t_8)$ из начальной маркировки μ_0:

срабатывается переход t_1: момент выполнения перехода $\tau=8$, новая маркировка имеет вид $\mu_1=(1,0,0,1,0,0,0,0,0,1,0,0)$;

срабатывается переход t_2: момент выполнения перехода $\tau=11$, новая маркировка имеет вид $\mu_2=(1,0,0,0,0,1,0,0,0,1,0,0)$;

срабатывается переход t_3: момент выполнения перехода $\tau = 18$, новая маркировка имеет вид $\mu_3 = (1,0,0,0,1,0,1,0,0,1,0,0)$;

срабатывается переход t_7: момент выполнения перехода $\tau = 25$, новая маркировка имеет вид $\mu_4 = (0,1,0,0,1,0,0,1,0,1,0,0)$;

срабатывается переход t_4: момент выполнения перехода $\tau = 34$, новая маркировка имеет вид $\mu_5 = (0,1,0,0,1,0,0,0,1,0,0,0)$;

срабатывается переход t_5: момент выполнения перехода $\tau = 38$, новая маркировка имеет вид $\mu_6 = (0,1,0,0,1,0,0,0,0,0,1,0)$;

срабатывается переход t_6: момент выполнения перехода $\tau = 47$, новая маркировка имеет вид $\mu_7 = (0,1,0,0,1,0,0,0,0,1,0,1)$;

срабатывается переход t_8: момент выполнения перехода $\tau = 52$, новая маркировка имеет вид $\mu_8 = (1,0,0,0,1,0,0,0,0,1,0,1)$.

Таким образом, представленные правила срабатывания переходов полностью описывают процесс функционирования ВСП.

Список использованных источников

1. Управление ГПС: Модели и алгоритмы./под. общ. ред. академика АН СССР С.В. Емельянова, М.: Машиностроение, 1987, с. ил

2. Зайцев Д.А., Слепцов А.И. Уравнение состояний и эквивалентные преобразования временных сетей Петри // Кибернетика и системный анализ. - 1997, №5, с. 59-76.