

$$\varphi_{jl} = \begin{cases} 1, \text{если } (\overrightarrow{\bullet t_j}, \omega_l) \in \bullet C_l; \\ 0, \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Шаг 6. Создание матрицы распределения цветов маркеров по выходным позициям переходов $\psi = [\psi_{jl}], j = \overline{1, m}, l = \overline{1, k}$:

$$\psi_{jl} = \begin{cases} 1, \text{если } (\overrightarrow{t_j \bullet}, \omega_l) \in C_l^\bullet; \\ 0, \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Шаг 7. Поиск разрешенного перехода. Для каждого перехода $t_j, j = \overline{1, m}$ проверяется условие срабатывания:

7.1. из матрицы $F = [f_{ij}]$ определяются все выходные позиции перехода t_j : $p_{i_1}, p_{i_2}, \dots, p_{i_z}$, где $z = |\bullet t_j|$;

7.2. из матрицы φ определяются все доступные распределения цветов по выходным позициям t_j : $\omega_{l_1}, \omega_{l_2}, \dots, \omega_{l_r}, r \in [1, k]$;

7.3. из матрицы μ выбираются числа определенного цвета маркеров во всех определенных выходных позициях перехода t_j :

$$\mu_{i_z l_r} = (p_{i_z}, \omega_{l_r}), z = \overline{1, |\bullet t_j|}, r = \overline{1, k};$$

7.4. если для $\forall i_z$ существует $\exists l_r$ что, $\mu_{i_z l_r} \geq f_{i_z j}$, тогда переход t_j разрешен и выполняется переход к шагу 9.

Шаг 8. Если для перехода t_j условие срабатывания не выполняется, то индекс j увеличивается на единицу: $j = j + 1$. Если $j \leq m$ то осуществляется переход к пункту 7.1., в противном случае сообщается о тупиковом состоянии и осуществляют переход к концу алгоритма.

Шаг 9. Вычисление элементов матрицы μ' :

$$\mu'_{il} = \mu_{il} + \varphi_{jl} * f_{ij} - \psi_{jl} * h_{ji}; i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m}; l = \overline{1, k};$$

Шаг 10. По выбору пользователя процесс завершают (осуществляют переход к концу алгоритма) или продолжают до получения искомой маркировки (переход к шагу 7).

Конец алгоритма.

Литература

1. Beaudouin-Lafon M., Mackay Ü.E., Jensen M. et al. CPN Tools: A Tool for Editing and Simulating Coloured Petri Net // LNCS 2031I, Tools and Algorithms for the Construction and Analysis of Systems, pp. 574-580.
2. Мустафаев В.А., Гусейнзаде Ш.С. Разработка модели управления обрабатывающего центра с применением раскрашенных сетей Петри. Вестник компьютерных и информационных технологий, Москва, 2018, № 3, стр. 36-44.

УДК: 519.95

Модель принятия решений для функционирования нечетких временных сетей Петри типа V_f

В. А. Мустафаев, М. Н. Салманова

Сумгаитский государственный университет, Сумгаит, Азербайджан
e-mail: valex-sdu@mail.ru, malaxat_70@mail.ru

Аннотация. В представленной работе разработана модель принятия решений для функционирования нечетких временных сетей Петри типа V_f (НВСПВ_f). Предложена новая модификация НВСПВ_f. На примере модуля обрабатывающего центра, структура НВСПВ_f представлена в виде нечетких правил продукций.

Ключевые слова. Правило продукций, нечеткие временные сети Петри, обрабатывающий центр.

Модель обрабатывающего центра в гибкой производственной системе механообработки представляется в виде НВСПВ_f [1]:

$$V_f = (P, T, I, O, M_0, Z_f, S_f, B)$$

где $P = \{p_i\}$, $(i = 1, \dots, n;)$ – непустое конечное множество позиций; $T = \{t_j\}$, $(j = 1, \dots, m;)$ – непустое конечное множество переходов; $I : P \times T \rightarrow N_0$; $O : T \times P \rightarrow N_0$ – соответственно входная и выходная функция переходов; $N_0 = \{0, 1, 2, 3, \dots\}$ множество натуральных чисел и ноль; $Z_f = (z_1, z_2, \dots, z_n)$ – вектор параметров временных задержек маркеров в позициях НВСПВ_f; $S_f = (s_1, s_2, \dots, s_m)$ – вектор параметров времен срабатывания разрешенных переходов; M_0 – матрица начальной маркировки; B – база правил продукций, определяющих процесс запуска и функционирования НВСПВ_f, которые включают в себя условия активности и срабатывания переходов, доступности маркеров в позициях НВСПВ_f, изменений начальной и последующих маркировок.

Обрабатывающий центр механообработки, состоит из трех персональных входных накопителей, из трех параллельно функционирующих однотипных обрабатывающих устройств (ОУ) для выполнения одинаковой операции над разными однотипными заготовками и из трех персональных выходных накопителей. На модуле обрабатываются детали одного типа. Заготовки поступают на персональные входные накопители и ожидают обработку. Одно свободное устройство (всего таких устройств три) захватывает заготовку из левого или правого входного накопителя. Если все устройства свободны, то возникает конфликтная ситуация. Конфликт разрешается случайным выбором нечеткими законами композиции. Обработанные детали поступают на выходные накопители и ожидают отправку.

Состояния НВСПВ_f модуля параллельно функционирующих обрабатывающих устройств в производственной системе механообработки описываются следующими позициями: p_1, p_5, p_8 – соответственно ОУ1, ОУ2, ОУ3 в исходном состоянии и в режиме ожидания; p_3, p_4, p_6 – соответственно наличие заготовки во входных накопителях и выходные накопители свободны; p_2, p_7, p_9 – соответственно ОУ1, ОУ2, ОУ3 в конечном состоянии и на выходных накопителях находится обработанные детали. Возможные события в модуле описываются следующими переходами: t_1, t_3, t_5 – начинается обработка заготовки в ОУ1, ОУ2, ОУ3 соответственно; t_2, t_4, t_6 – заканчивается обработка заготовки в ОУ1, ОУ2, ОУ3 соответственно.

Одним из преимуществ НВСПВ_f является их использование для наглядного представления правил нечетких продукций и выполнения на их основе вывода нечетких заключений. Правило нечеткой продукции вида «ПРАВИЛО #: ЕСЛИ А ТО В» представляется как некоторый переход $t_j \in T$ НВСПВ_f, при этом условию А этого правила соответствует входная позиция $p_i \in P$ этого перехода t_j , а заключению – выходная позиция $p_i \in P$ этого перехода t_j .

На основе нечетких лингвистических высказываний [2] модель базы правил нечетких продукций можно записать в следующей форме :

ПРАВИЛО <#> : ЕСЛИ “ b_1 есть a ” И “ b_2 есть a ” ТО “ b_3 есть c ”;

ПРАВИЛО <#> : ЕСЛИ “ b_1 есть a ” ИЛИ “ b_2 есть a ” ТО “ b_3 есть c ”;

здесь нечеткое высказывание “ b_1 есть a ” И “ b_2 есть a ” , “ b_1 есть a ” ИЛИ “ b_2 есть a ” представляет собой условия нечетких продукций , а нечеткое высказывание “ b_3 есть c ” заключение правил.

ПРАВИЛО <#> : ЕСЛИ “ b_1 есть a ” ТО “ b_2 есть a ” И “ b_3 есть c ”;

ПРАВИЛО <#> : ЕСЛИ “ b_1 есть a ” ТО “ b_2 есть a ” ИЛИ “ b_3 есть c ”;

здесь нечеткое высказывание “ b_1 есть a ” представляет собой условие правил нечетких продукций, а нечеткое высказывание “ b_2 есть a ” И “ b_3 есть c ” , “ b_2 есть a ” ИЛИ “ b_3 есть c ” заключение данных правил ($b_1 \neq b_2 \neq b_3$).

База нечетких продукций для функционирования модуля обрабатывающего центра состоит из следующих правил:

ПРАВИЛО #1: Если время блокировки ОУ2 по первой рабочей зоне минимальное И время блокировки ОУ3 по первой рабочей зоне минимальное, ТО время доступности ОУ1 по первой рабочей зоне минимальное;

ПРАВИЛО #2: Если время блокировки ОУ2 по первой рабочей зоне минимальное И время блокировки ОУ3 по первой рабочей зоне среднее, ТО время доступности ОУ1 по первой рабочей зоне отрицательно близко к среднему;

ПРАВИЛО #3: Если время блокировки ОУ2 по первой рабочей зоне среднее И время блокировки ОУ3 по первой рабочей зоне минимальное, ТО время доступности ОУ1 по первой рабочей зоне положительно близко к среднему;

ПРАВИЛО #4: Если время блокировки ОУ2 по первой рабочей зоне среднее И время блокировки ОУ3 по первой рабочей зоне среднее, ТО время доступности ОУ1 по первой рабочей зоне среднее;

ПРАВИЛО #5: Если время блокировки ОУ2 по первой рабочей зоне минимальное И время блокировки ОУ3 по первой рабочей зоне максимальное, ТО время доступности ОУ1 по первой рабочей зоне отрицательно близко к максимальному;

ПРАВИЛО #6: Если время блокировки ОУ2 по первой рабочей зоне максимальное И время блокировки ОУ3 по первой рабочей зоне минимальное, ТО время доступности ОУ1 по первой рабочей зоне положительно близко к максимальному;

ПРАВИЛО #7: Если время блокировки ОУ2 по первой рабочей зоне среднее И время блокировки ОУ3 по первой рабочей зоне максимальное, ТО время доступности ОУ1 по первой рабочей зоне отрицательно близко к нормальному;

ПРАВИЛО #8: Если время блокировки ОУ2 по первой рабочей зоне максимальное И время блокировки ОУ3 по первой рабочей зоне среднее, ТО время доступности ОУ1 по первой рабочей зоне положительно близко к нормальному;

ПРАВИЛО #9: Если время блокировки ОУ2 по первой рабочей зоне максимальное И время блокировки ОУ3 по первой рабочей зоне максимальное, ТО время доступности ОУ1 по первой рабочей зоне максимальное.

Аналогичным образом описываются правила нечеткой продукции для второй и третьей рабочей зоны.

Литература

1. Mustafayev V.A., Salmanova M.N. Modeling the dynamic interaction processes using fuzzy Petri nets of type $V_f/14^{TH}$ International Conference on Pattern Recognition and Information Processing (PRIP'2019), Minsk, 21-23 may, 2019, pp. 27-30.

2. Борисов В.В., Круглов В.В., Федулов А.С. Нечеткие модели и сети.-М.: Телеком. 2012- 284 с.