

1. Барисов В.В., Круглов В.В., Федулов А.С. Нечеткие модели в сети. М., Телеком, 2012, 725с.
2. Леоненков А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzy TECH / А. В Леоненков БХВ - Петербург, Санкт-Петербург, 2005, 717с.
3. Дьяконов В.П. MATLAB. Полный самоучитель. - М.; ДМК Пресс, 2012. -768 с.
4. Мустафаев В.А. Анализ нечетких продукционных моделей динамических взаимодействующих процессов./Вестник компьютерных и информационных технологий. Москва, 2012. №5 (95). с. 25-30.

MEXANİKİ EMAL İSTEHSALINDA KOSET KONVEYERİN HƏRƏKƏTİNİN İDARƏ OLUNMASINDA QEYRİ-SƏLİS NƏTİCƏÇIXARMA

Açar sözlər: qeyri-səlis nəticəçixarma, produksiyalar qaydası, fuzzifikasiya, kaset konveyeri, mənsubluq funksiyası.

Xülasə: Tezisdə mexaniki emal istehsalında koset konveyerin hərəkətinin idarə olunmasının qeyri-səlis məntiqi nəticəçixarma mexanizmi verilmişdir. MATLAB mühitində Fuzzy Logic Toolbox paketindən istifadə etməklə, giriş və çıxış lingvistik dəyişənlərin fuzzifikasiyası reallaşdırılmışdır. Mamdani alqoritminin tətbiqi ilə ağırlıq mərkəzi metodundan istifadə etməklə çıxış lingvistik dəyişəninin kəmiyyət qiymətləri alınmışdır.

FUZZY OUTPUT CONTROL OF THE MOTION OF THE CASSETTE CONVEYOR IN THE PRODUCTION OF MECHANICAL PROCESSING

Keywords: fuzzy inference, production rules, fuzzification, cassette conveyor, membership function

Summary: The tesis presents a fuzzy logical inference mechanism for controlling the movement of the cosette conveyor in the production of mechanical processing. In the MATLAB environment, the input and output linguistic variables were phased out using the Fuzzy Logic Toolbox package. Quantitative estimates of the output linguistic variable were obtained using the center of gravity method using the Mamdani algorithm.

СЕТЕВАЯ МОДЕЛЬ СИНХРОНИЗАЦИЯ ПАРАЛЛЕЛЬНО ФУНКЦИОНИРУЮЩИХ МЕХАТРОННЫХ УСТРОЙСТВ

Мустафаев Валех Азад оглу, Салимли Улви Везир оглу
Сумгаитский государственный университет, г. Сумгаит
valex-sdu@mail.ru

Ключевые слова: модель, сети Петри, синхронизация, промышленный робот

Резюме: Разработана сетевая модель синхронизация параллельно функционирующих мехатронных устройств. Модель синхронизация представлена в виде сети Петри, определено множество позиций в переходов сети. Результате компьютерного симуляция получена последовательность срабатываемых переходов из начальной маркировки.

Учитывая высокую эффективность сетевых моделей при проектировании систем, которые содержат множество параллельных активных элементов с асинхронными взаимодействиями, модель синхронизация параллельно функционирующих мехатронных устройств представляется в виде сети Петри.

Формально сеть Петри (СП) определяется как набор вида [1] : $N = (P, T, I, O, \mu_0)$, где $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$, $n > 0$ - конечное непустое множество условий;

$T = \{t_1, t_2, \dots, t_m\}$, $m > 0$ - конечное непустое множество переходов (множество условий и множество переходов не пересекаются $P \cap T = \emptyset$; $I: P \times T \rightarrow \{0, 1, \dots\}$, $O: T \times P \rightarrow \{0, 1, \dots\}$ - соответственно функции входных и выходных инцидентий; $\mu_0: P \rightarrow \{0, 1, \dots\}$ - начальная маркировка. Условие p_i является входной или выходной позицией перехода t_j в тех случаях, если выполняются $p_i \in I(t_j)$ или $p_i \in O(t_j)$ соответственно.

Состояние СП определяется количеством маркеров, (наличием или отсутствием точек в кружках) в ее позициях. Причем в каждой входной позиции p_i перехода t_j число маркеров не меньше веса дуги, соединяющей эту позицию с переходом.

Изменение состояний СП осуществляется в результате срабатывания возбужденных переходов и последовательной сменой маркировок по правилу [2] :

$$\mu'(p_i) = \mu(p_i) - I(p_i, t_j) + O(t_j, p_i), \forall p \in P,$$

где $\mu'(p_i)$ - текущая маркировка; $\mu(p_i)$ - предыдущая маркировка;

$I(p_i, t_j)$ - количество маркеров из всех входных позиций p_i перехода t_j ;

$O(t_j, p_i)$ - количество маркеров, которые добавляются во все выходные позиции p_i перехода t_j .

Множество всех маркировок $R(N)$, достижимых из начальной μ_0 , называется множеством достижимых маркировок СП.

Гибкий производственный модуль (ГПМ) синхронизации и координации включает транспортная система (ТС1) для транспортировки зачищенные карточки с выхода ГПМ зачистки карточки к позиции выходного накопителя; ТС2 для транспортировки зачищенные карточки из выходного накопителя ТС2 к позиции входного позиции ГПМ нанесение рисунка; промышленный робот (ПР) для загрузки и выгрузки входных и выходных накопителей ТС1 и ТС2 соответственно.

Для описания ГПМ синхронизации и координации ситуации разобьем на события и поставим соответственно каждому событию некоторый предикат: множество позиции: p_1 - отсутствие карточки на входном накопителе ТС1; p_2 - наличие карточки на выходном накопителе ТС1; p_3 - наличие карточки на выходном накопителе ТС1 и ТС1 остановлена; p_4 - рука, подъемное, поворотное устройства ПР в начальном состояниях и захватное устройство ПР открыто; p_5 - подъемное, поворотное устройства ПР в начальном состояниях, рука ПР в конечном состоянии и захватное устройство ПР открыто; p_6 - подъемное, поворотное устройства ПР в начальном состояниях, рука ПР в конечном состоянии и захватное устройство ПР закрыто; p_7 - рука, подъемное, поворотное устройства ПР в начальном состояниях и захватное устройство ПР закрыто; p_8 - рука, поворотное устройства ПР в начальном состояниях, подъемное устройство ПР в конечном состоянии и захватное устройство ПР закрыто; p_9 - рука ПР в начальном состоянии, подъемное, поворотное устройства ПР в конечном состоянии и захватное устройство ПР закрыто; p_{10} - отсутствие карточки на входном накопителе ТС2; p_{11} - наличие карточки на входном накопителе ТС2; p_{12} - рука ПР в начальном состоянии, подъемное, поворотное устройства ПР в конечном состояниях и захватное устройство ПР открыто; p_{13} - рука, поворотное устройства ПР в начальном состояниях, подъемное устройства ПР в конечном состоянии и захватное устройство ПР открыто; p_{14} - наличие карточки на входном накопителе ТС2 и ТС2 в движении.

множество переходов: t_1 - включение ТС1; t_2 - отключение ТС1; t_3 - включение рука ПР; t_4 - включение захватные устройство ПР; t_5 - отключение рука ПР; t_6 - включение подъемное устройства ПР; t_7 - включение поворотное устройство ПР; t_8 - отключение захватное устройство ПР; t_9 - отключение поворотное устройство ПР; t_{10} - отключение подъемное устройство ПР; t_{11} - включение ТС2; t_{12} - отключение ТС2.

Определяется структура СП, которая состоит из множество позиций, множество переходов, входной и выходной функции:

$$\begin{aligned} P &= \{p_1, p_2, \dots, p_{14}\}; T = \{t_1, t_2, \dots, t_{12}\}; O(p_3) = t_3; I(p_4) = t_{10}; O(p_4) = t_3; \\ I(p_5) &= t_3; O(p_5) = t_4; I(p_6) = t_4; O(p_6) = t_5; I(p_7) = t_5; O(p_7) = t_6; I(p_8) = t_6; \\ O(p_8) &= t_7; I(p_9) = t_7; O(p_9) = t_8; I(p_{10}) = t_{12}; O(p_{10}) = t_8; I(p_{11}) = t_8; O(p_{11}) = t_{11}; \\ I(p_{12}) &= t_8; O(p_{12}) = t_9; I(p_{13}) = t_9; O(p_{13}) = t_{10}; I(p_{14}) = t_{11}; O(p_{14}) = t_{12}; \\ I(t_1) &= p_1; O(t_1) = p_2; I(t_2) = p_2; O(t_2) = p_3; I(t_3) = p_3, p_4; O(t_3) = p_5; I(t_4) = p_5; \\ O(t_4) &= p_6; I(t_5) = p_6; O(t_5) = p_1, p_7; I(t_6) = p_7; O(t_6) = p_8; I(t_7) = p_8; \\ O(t_7) &= p_9; I(t_8) = p_9, p_{10}; O(t_8) = p_{11}, p_{12}; I(t_9) = p_{12}; O(t_9) = p_{13}; \\ I(t_{10}) &= p_{13}, p_{10}; O(t_{10}) = p_4; I(t_{11}) = p_{11}; O(t_{11}) = p_{14}; I(t_{12}) = p_{14}; O(t_{12}) = p_9; \end{aligned}$$

При этом продукции в виде “ условие - действие ” примут вид:

$$p_1 \rightarrow t_1; p_2 \rightarrow t_2; p_3 \wedge p_4 \rightarrow t_3; p_5 \rightarrow t_4; p_6 \rightarrow t_5;$$

$$p_7 \rightarrow t_6; p_8 \rightarrow t_7; p_9 \wedge p_{10} \rightarrow t_8; p_{12} \rightarrow t_9;$$

$$p_{13} \rightarrow t_{10}; p_{11} \rightarrow t_{11}; p_{14} \rightarrow t_{12};$$

В результате компьютерного эксперимента получена последовательность срабатывания переходов $\sigma = (t_1, t_2, t_3 \dots t_{12})$ из начальной маркировки $\mu_0 = (1, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0)$:

срабатывает переход t_1 , полученная новая маркировка имеет вид:

$$\mu_1 = (0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0)$$

срабатывает переход t_1 , полученная новая маркировка имеет вид:

$$\mu_2 = (0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0)$$

срабатывает переход t_3 , полученная новая маркировка имеет вид:

$$\mu_3 = (0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 2 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0)$$

срабатывает переход t_4 , полученная новая маркировка имеет вид:

$$\mu_4 = (0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 2 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0)$$

срабатывает переход t_5 , полученная новая маркировка имеет вид:

$$\mu_5 = (1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0)$$

срабатывает переход t_6 , полученная новая маркировка имеет вид:

$$\mu_6 = (1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0)$$

срабатывает переход t_7 , полученная новая маркировка имеет вид:

$$\mu_7 = (1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0)$$

срабатывает переход t_8 , полученная новая маркировка имеет вид:

$$\mu_8 = (1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0)$$

срабатывает переход t_9 , полученная новая маркировка имеет вид:

$$\mu_9 = (1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0)$$

срабатывает переход t_{10} , полученная новая маркировка имеет вид:

$$\mu_{10} = (1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0)$$

срабатывает переход t_{11} , полученная новая маркировка имеет вид:

$$\mu_{11} = (1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1)$$

срабатывает переход t_{12} , полученная новая маркировка имеет вид:

$$\mu_{12} = (1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0)$$

Литература

1. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем. -М., Мир, 1984, 264с.
2. Котов В.Е. Сети Петри. -М.: Наука, 1984, 160с.

PARALEL FƏALİYYƏT GÖSTƏRƏN MEXATRON QURĞULARIN SİNXRONLAŞDIRILMASI MODELİ

Açar sözlər: model, Petri şəbəkəsi, sinxronizasiya, sənaye robotu.

Xülasə: Paralel fəaliyyət göstərən mexatron qurğuların sinxronlaşdırılması modeli işlənmişdir. Sinxronlaşdırma modeli Petri şəbəkəsi şəklində təsvir olunmuş, şəbəkənin mövqelər və keçidlər çoxluğu təyin edilmişdir. Kompüter simulyasiyası nəticəsində başlanğıc markerləşmədən keçidlərin yerinə yetirilməsi ardıcılığı alınmışdır.

NETWORK MODEL SYNCHRONIZATION OF PARALLEL FUNCTIONING MECHATRONIC DEVICES

Keywords: *model, Petri nets, synchronization, industrial robot.*

Summary: A network of parallel functioning mechatronic devices has been developed. The synchronization model is presented in the form of a Petri net, a set of positions in the transitions of the net are defined. The result of a computer simulation is a sequence of triggered transitions from the initial marking.

МЕХАНИЗМ НЕЧЕТКОГО ВЫВОДА УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО МОДУЛЯ ОБРАЗОВАНИЯ КАНАЛА АЛЮМИНИЕВЫХ ИСПАРИТЕЛЕЙ

Атаев Гафар Нариман оглу

*Сумгаитский государственный университет, Сумаит, Азербайджан
gafar_atayev@mail.ru*

Ключевые слова: *Продукционные правила, фаззификация, дефаззификация, функция принадлежности.*

Резюме: В представленной работе представлена программная реализация принятия решений в процессе воздухопроводов в алюминиевых испарителях. Для классификации входных и выходных лингвистических переменных были выбраны функции принадлежности в виде трапециевидного нечеткого интервала. Реализованы процедуры активации и накопления всех лингвистических переменных. В среде *MATLAB* классификация входных и выходных лингвистических переменных была реализована с помощью пакета *Fuzzy Logic Toolbox* и применения алгоритма Мамдани. Количественные оценки логического вывода были получены путем дефинирования выходной лингвистической переменной с использованием метода центра тяжести.

Для создания современных методов принятия решения для раздувки канала алюминиевых испарителей приходится разрабатывать и уточнять математические модели, описывающие различные операции в условиях неопределенности. При этом происходит процесс накопления информации - эмпирические и экспертные модели должны дополняться и уточняться по мере накопления новых опытных данных, полученных в модельных и экспериментальных условиях [1].

В представленной работе рассматривается реализация программного обеспечения принятия решений для раздувки канала алюминиевых испарителей. Инструментальные и программные средства моделирования для раздувки канала алюминиевых испарителей реализованы в среде *MATLAB* с использованием пакета расширения *Fuzzy Logic Toolbox* [2,3].

Для формирования базы правил системы нечетких продукций в качестве входной лингвистической переменной используются следующие термы: давление воды испарителя; усилия давления гидропресса. В качестве выходной лингвистической переменной следует использовать вентиль крана водяного насоса. В результате фаззификации входных и выходных лингвистических переменных база нечетких продукций для раздувки канала алюминиевых испарителей состоит из следующих правил.

- Правило 1:** *ЕСЛИ* давление воды в канале испарителя отрицательное большое и усилие давления гидропресса отрицательное большое, **ТО** повернуть вентиль крана водяного насоса гидропресса на большой угол вправо; [14.18 15.02 15.67 16.12], [5.28 5.45 5.65 5.97], [0.86 0.872 0.883 0.91]
- Правило 2:** *ЕСЛИ* давление воды в канале испарителя отрицательное среднее и усилие давления гидропресса отрицательное среднее, **ТО** повернуть вентиль крана водяного насоса гидропресса на небольшой угол вправо; [12.32 12.92 13.57 14.17], [2.79 2.94 3.48 3.62], [0.665 0.669 0.7 0.702]
- Правило 3:** *ЕСЛИ* давление воды в канале испарителя отрицательное малое и усилие давления гидропресса отрицательное малое, **ТО** повернуть вентиль крана водяного насоса гидропресса на небольшой угол вправо; [10.1 11.01 11.73 12.31], [1.1 1.35 1.67 1.98], [0.573 0.586 0.61 0.62]
- Правило 4:** *ЕСЛИ* давление воды в канале испарителя отрицательное, близко к нормальному и усилие давления гидропресса отрицательное, близко к нормальному, **ТО** оставить