

МОДЕЛЬ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОЧЕК ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ЛАПКИ МАНИПУЛЯТОРОВ

Натиг Гасан оглы Талыбов

СГУ, г. Сумгаит, Республика Азербайджан

natiq1965@bk.ru

Построена база правил нечетких продукций для определения точек перемещения лапки захватывающих устройств роботов. Реализованы процедуры фаззификации и агрегирования всех входных лингвистических переменных и определена степень истинности всех условий. Продукционная модель представлена в виде раскрашенных сетей Петри. В результате симуляции получено дерево достижимости в виде последовательных матриц.

Ключевые слова: модель, раскрашенные сети Петри, точки перемещения лапки, правила продукций, функция принадлежности.

MODEL OF DECISION MAKING FOR DETERMINATION OF DISPLACEMENT POINTS OF MANIPULATORS' LEGS

Talibov Natig Hasan oglu

A base of fuzzy product rules has been built for determining the displacement points of the grasping devices legs of robots. The procedures of fuzzification and aggregation of all input linguistic variables are implemented and the degree of verity of all conditions is determined. The production model is presented in the form of colored Petri nets. As a result of the simulation, a reachability tree is obtained in the form of sequential matrices.

Key words: model, colored Petri nets, displacement points of legs, product rules, membership function.

В модели принятия решений для определения координат точки перемещения лапки манипулятора используются правила нечетких продукций, в которых условия и заключения сформулированы в терминах нечетких лингвистических высказываний следующего вида [1, 3]:

Если x_1 есть α_1
И x_2 есть α_2 И ...
И x_{n-1} есть α_{n-1} ,
ТО x_n есть α_n ;

где x_1, x_2, \dots, x_n — названия лингвистической переменной; $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_{n-1}, \alpha_n$ — их значения, которым соответствуют отдельные лингвистические термы из базового терм-множества отдельных лингвистических переменных.

Для формирования базы правил систем нечетких продукций определяются входные и выходные лингвистические переменные. В качестве входных лингвистических переменных следует формально использовать следующие: длина карточки; ширина карточки; вес карточки.

В качестве выходной лингвистической переменной следует формально использовать точки перемещения.

База нечетких продукций для определения точки перемещения лапки захватывающих устройств состоит из следующих правил.

Правило 1. Если длина, ширина и вес карточки соответствуют нормальному, близко к нормальному, И, точки перемещения лапки захватывающего устройства соответствуют нулю или близки к нулю;

Правило 2. Если длина, ширина и вес карточки соответствует отрицательному, близко к нормальному, И, точки перемещения лапки захватывающего устройств соответствует нулю или близки к нулю;

Правило 3. Если длина, ширина и вес карточки соответствует положительному, близко к нормальному, И, точки перемещения лапки захватывающего устройства соответствуют нулю или близки к нулю;

Правило 4. Если длина карточки отрицательное малое, И ширина карточки отрицательное малое, И вес карточки отрицательное малое, ТО точки перемещения лапки захватывающего устройства соответствуют отрицательному близко к нулю;

Правило 5. Если длина карточки положительное малое, И ширина карточки положительное малое, И вес карточки положительное малое, ТО точки перемещения лапки захватывающего устройства соответствуют положительному близко к нулю;

Правило 6. Если длина, ширина и вес карточки отрицательное среднее, И, точки перемещения лапки захватывающего устройства соответствуют отрицательному среднему;

Правило 7. Если длина, ширина и вес карточки положительное среднее, И, точки перемещения лапки захватывающего устройства соответствуют положительному среднему;

Правило 8. Если длина, ширина и вес карточки отрицательное большое, И, точки перемещения лапки захватывающего устройство соответствуют отрицательному большому;

Правило 9. Если длина, ширина и вес карточки положительное большое, И, точки перемещения лапки захватывающего устройства соответствуют положительному большому.

Для фаззификации входных лингвистических переменных «длина карточки», «ширина карточки», «вес карточки» использована трапецевидная функция принадлежности, которая задается следующими выражениями [2]:

$$f(x, a, b, c, d) = \begin{cases} 0, & \text{если } x \leq a; \\ \frac{x-a}{b-a}, & \text{если } a \leq x \leq b; \\ 1, & \text{если } b \leq x \leq c; \\ \frac{d-x}{d-c}, & \text{если } c \leq x \leq d; \\ 0, & \text{если } a \leq d \leq x; \end{cases}$$

где a, b, c, d – некоторые произвольные действительные числа, удовлетворяющие $a \leq b \leq c \leq d$.

В качестве терм-множества всех входных лингвистических переменных будем использовать следующие множества: $T = \{\text{нормальное, близко к нормальному; отрицательное, близко к нормальному; положительное, близко к нормальному; отрицательное малое; положительное малое; отрицательное среднее; положительное среднее; отрицательное большое; положительное большое}\}$.

Нечеткие множества входных лингвистических переменных определяются следующим образом:

$$\tilde{X}(\text{длина карточки}) = 0,118 / x_1 + 0,215 / x_2 + 0,395 / x_3 + 0,895 / x_4 + \\ + 1,000 / x_5 + 0,840 / x_6 + 0,412 / x_7 + 0,200 / x_8 + 0,092 / x_9;$$

$$\tilde{Y}(\text{ширина карточки}) = 0,101 / x_1 + 0,325 / x_2 + 0,578 / x_3 + 0,899 / x_4 + \\ + 1,000 / x_5 + 0,950 / x_6 + 0,483 / x_7 + 0,197 / x_8 + 0,070 / x_9;$$

$$\tilde{Z}(\text{вес карточки}) = 0,113 / x_1 + 0,296 / x_2 + 0,557 / x_3 + 0,897 / x_4 + \\ + 1,000 / x_5 + 0,922 / x_6 + 0,499 / x_7 + 0,102 / x_8 + 0,093 / x_9.$$

В качестве терм-множества выходных лингвистических переменных использовано множество $T_1 = \{\text{нуль, близко к нулю; отрицательное, близко к нулю; положительное, близко к нулю; отрицательное среднее; положительное среднее; положительное среднее; отрицательное большое; положительное большое}\}$.

Нечеткие множества выходных лингвистических переменных определяют следующим образом:

$$\tilde{B} \text{ (точек перемещения)} = 0,102/x_1 + 0,199/x_2 + 0,410/x_3 + 0,786/x_4 + \\ + 1,000/x_5 + 0,890/x_6 + 0,554/x_7 + 0,285/x_8 + 0,132/x_9.$$

Разработана нечеткая продукционная модель принятия решения для определения точки перемещения координат лапки захватывающего устройства в условиях неопределенности. Создана база правил для определения перемещения точки координат и реализована процедура фазификации всех подусловий входных лингвистических переменных. Определены степени истинности условий в правилах нечеткой продукции. Реализована процедура активизации и найдены все значения степеней истинности под-заключений для каждого правила.

Продукционная модель определения точки перемещения лапки захватов промышленных роботов представляется в виде раскрашенных сетей Петри.

Раскрашенные сети Петри формально могут быть представлены в следующем виде [4]:

$$N = (P, T, \Omega, F, H, \lambda, \varphi, \psi, \mu_0),$$

где $P = \{p\}$ – непустое конечное множество позиций; $T = \{t\}$ – непустое конечное множество переходов; $\Omega = \{\omega\}$ – непустое конечное множество цветов позиций и маркеров; F, H – функция соответственно инцидентности множества позиций и переходов; λ – функция распределения цветов по позициям сети; φ, ψ – функции распределения цветов маркеров соответственно по входным и выходным позициям переходов сети; μ_0 – начальная маркировка сети.

Функции φ и ψ задают законы срабатывания переходов и определяют распределение цветов маркеров по позициям сети в процессе ее функционирования.

Маркировка позиций сети представляется в виде матрицы, элементы которой составлены из числа маркеров ω в позиции p .

В граф-модели раскрашенных сетей Петри состояния точки перемещения лапки захватывающих устройств описываются следующими позициями [5]: P_1 – наличие карточки; P_2 – длина карточки малая, близко к малому; P_3 – длина карточки средняя, близко к среднему; P_4 – длина

карточки большая, близко к большому; P_5 – ширина карточки малая, близко к малому; P_6 – ширина карточки средняя, близко к среднему; P_7 – ширина карточки большая, близко к большому; P_8 – вес карточки малый, близко к малому; P_9 – вес карточки средний, близко к среднему; P_{10} – вес карточки большой, близко к большому; P_{11} – диапазон точки перемещения лапки захватывающего устройства отрицательный, близко к нормальному; P_{12} – диапазон точки перемещения лапки захватывающего устройства нормальный, близко к нормальному; P_{13} – диапазон точки перемещения лапки захватывающего устройства положительный, близко к нормальному; P_{14} – точки неподвижности лапки захватывающего устройства.

Возможные события в модели описываются следующими переходами: t_1 – определение длины карточки; t_2 – определение ширины карточки; t_3 – определение веса карточки; t_4 – t_6 – соответственно перемещение лапки захватывающего устройства по координатами; t_7 – определение точки неподвижности лапки захватывающего устройства.

Функции инцидентности множества позиций и переходов представляются матрицами:

$$F(14,7) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$H(7,14) = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

Матрицы распределения цветов маркеров по входным и выходным позициям переходов представляется матрицами:

$$\Phi(7,8) = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 3 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 3 \end{vmatrix} \quad \Psi(7,8) = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

Распределение цветов маркеров по позициям сети представляется матрицей $\Lambda(14,8)$:

$$\Lambda(14,8) = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

В результате симуляции получена последовательность запуска срабатывания переходов в виде:

$$\tau_1 = (t_1, t_2, t_3, t_4, t_7), \tau_2 = (t_1, t_2, t_3, t_5, t_7), \tau_3 = (t_1, t_2, t_3, t_6, t_7) .$$

Граф-модель определения координаты точки перемещения лапки захватывающих устройств показана на рис. 1.

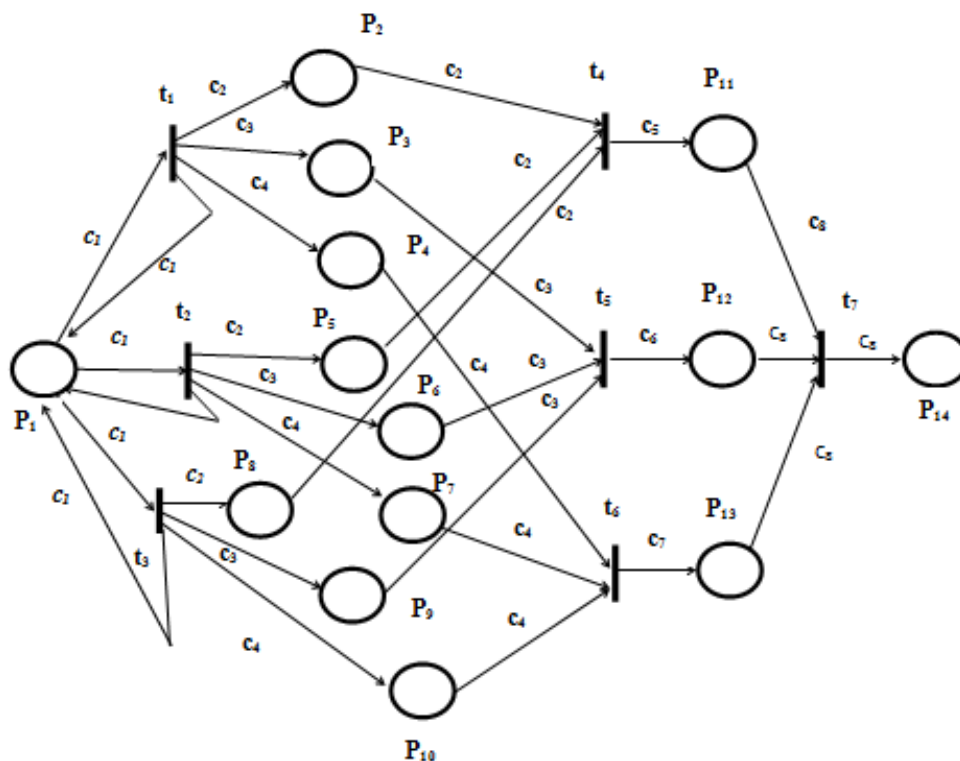


Рис. 1. Граф-модель определения координаты точки перемещения лапки захватывающих устройств

Источники

1. Борисов В.В., Круглов В.В., Федулов Ф.С. Нечеткие модели и сети. М.: Телеком, 2012. 725 с.
2. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде МАТЛАБ и fuzzy TECH. СПб.: Петербург, 2005. 717 с.
3. Мустафаев В.А. Анализ нечетких продукционных моделей динамических взаимодействующих процессов // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2012. № 5(95). С. 25–30.
4. Карпов Ю.Г. Model Cheking. Верификация параллельных и распределенных программных систем. СПб.: БХВ-Петербург, 2010. 560 с.
5. Мустафаев В.А., Гусейнзаде Ш.С. Разработка модели управления обрабатывающего центра с применением раскрашенных сетей Петри // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2018. № 3(165). С. 36–44.