

	2	3	1	4	5	7	10	6	8	9
2	⊗									
3	1	⊗								
1	1		⊗							
4			1	⊗						
5	1	1			⊗					
7			1			⊗				
10				1		1	⊗			
6							1	⊗		
8								1	⊗	
9								1	1	⊗

Рис.9. Шаг 3, такт 1

	2	3	1	5	4	7	10	6	8	9
2	⊗									
3	1	⊗								
1	1		⊗							
5	1	1		⊗						
4			1		⊗					
7			1			⊗				
10					1	1	⊗			
6							1	⊗		
8								1	⊗	
9								1	1	⊗

Рис.10. Шаг 3, такт 2

Для преодоления локального барьера, используются подходы, основанные на сочетании различных видов эволюции.

В первом подходе используются идеи метода моделирования отжига. Если в процессе анализа обнаруживается, что условия 1,2,3 не выполняются, то перестановка осуществляется с вероятностью $P = \exp(-\Delta F/kT)$, где T – температура, ΔF – разница между суммами значений элементов анализируемых строк.

Во втором подходе используется одна из структур генетического поиска [2]. Популяция представляет собой множество матриц смежности (закодированных в виде хромосом). Декодирование, т.е. получение решения, осуществляется с помощью вышеописанной адаптивной процедуры.

Временная сложность адаптивной процедуры на одном шаге – $O(n)$. Сравнение с известными алгоритмами показало, что при меньшем времени работы новый алгоритм дает более качественные решения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лебедев Б.К. Адаптация в САПР: Монография. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 1999.
2. Лебедев Б.К. Методы поисковой адаптации в задачах автоматизированного проектирования СБИС: Монография. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2000.

Н.В. Гладкова, Д.С. Кныш

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЧЕТКОГО ЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЛЕРА ПРИ ПОСТРОЕНИИ НЕЧЕТКОГО ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА*

Одним из перспективных современных методов решения задач оптимизации и принятия решений в условиях наличия неполной и недостоверной информации являются генетические алгоритмы [1]. Основным отличием нечеткого генетического алгоритма можно считать наличие нечеткого логического контроллера (НЛК). В составе НЛК можно выделить 5 основных блоков [2,3]:

- ◆ база знаний, включающая в себя базу правил и базу данных;
- ◆ блок фаззификации;
- ◆ блок дефаззификации;
- ◆ система вывода решения;
- ◆ система контроля.

* Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты № 05-08-18115, № 06-01-00272) и программ развития научного потенциала высшей школы 2006-2008 гг. (РНП.2.1.2.3193, РНП 2.1.2.2238).

База правил, иногда называемая лингвистической моделью, представляет собой множество нечетких правил $R^{(k)}$, $k = 1, \dots, N$, следующего вида:

$$R^{(k)} : IF(x_1 \text{ это } A_1^k \text{ AND } x_2 \text{ это } A_2^k \dots \text{ AND } x_n \text{ это } A_n^k) \quad (1)$$

$$THEN(y_1 \text{ это } B_1^k \text{ AND } y_2 \text{ это } B_2^k \dots \text{ AND } y_m \text{ это } B_m^k),$$

где N – количество нечетких правил, A_i^k – нечеткие множества

$$A_i^k \subseteq X_i \subset R, \quad i = 1 \dots n; \quad (2)$$

B_j^k – нечеткие множества

$$B_j^k \subseteq Y_j \subset R, \quad j = 1 \dots m; \quad (3)$$

x_1, x_2, \dots, x_n – входные переменные лингвистической модели, причем

$$(x_1, x_2, \dots, x_n)^T = x \in X_1 \times X_2 \times \dots \times X_n; \quad (4)$$

y_1, y_2, \dots, y_m – входные переменные лингвистической модели, причем

$$(y_1, y_2, \dots, y_m)^T = y \in Y_1 \times Y_2 \times \dots \times Y_m. \quad (5)$$

НЛК оперирует нечеткими множествами. Поэтому конкретное значение

$$\bar{x} = (\bar{X}_1, \bar{X}_2, \dots, \bar{X}_n)^T \in X$$

входного параметра НЛК подлежит операции *фаззификации*, в результате которой ему будет сопоставлено нечеткое множество

$$A' \subseteq X = X_1 \times X_2 \times \dots \times X_n.$$

Допустим, что на вход блока *выработки решения* подано нечеткое множество

$$A' \subseteq X = X_1 \times X_2 \times \dots \times X_n.$$

На выходе этого блока также появится соответствующее нечеткое множество. Рассмотрим два случая, которым будут соответствовать различные методы дефаззификации:

1. На выходе блока *выработки решения* в соответствии с обобщенным нечетким правилом *modus ponens* получаем N нечетких множеств $\bar{B}^k \subset Y$.
2. На выходе блока *выработки решения* получаем *одно* нечеткое множество $\bar{B}^k \subseteq Y$ по обобщенному нечеткому правилу *modus ponens*.

На выходе блока *выработки решения* формируется либо N нечетких множеств \bar{B}^k (случай 1) с функциями принадлежности $\mu_{\bar{B}^k}(y)$, $k = 1, 2, \dots, N$, либо одно нечеткое множество B' (случай 2) с функцией принадлежности $\mu_{B'}(y)$.

Встает задача отображения нечетких множеств \bar{B}^k (либо нечеткого множества B') в единственное значение $\bar{y} \in Y$, которое представляет собой управляющее воздействие, воздействующее на объекты управления НЛК. Такое отображение называется *дефаззификацией* (defuzzification). Обычно используют четыре метода дефаззификации:

1. Метод дефаззификации по среднему центру (center average defuzzification).
2. Метод дефаззификации по сумме центров (center of sums defuzzification).
3. Метод центра тяжести (center of gravity method, center of area method).
4. Метод максимума функции принадлежности.

Очевидно, что эффективность работы НГА напрямую зависит от качества (степени соответствия поставленной задачи) разработанных блоков НЛК.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Гладков Л.А.* Нечеткие генетические алгоритмы – новая гибридная технология решения оптимизационных задач // Интеллектуальные системы. Коллективная монография. Выпуск второй. – М.: Физматлит, 2007. – С. 31-47.
2. *Herrera F., Lozano M.* Fuzzy Adaptive Genetic Algorithms: design, taxonomy, and future directions. // *Soft Computing* 7(2003), Springer-Verlag, 2003. – p. 545-562.
3. *Hongbo Liu, Zhanguo Xu, Ajith Abraham.* Hybrid Fuzzy-Genetic Algorithm Approach for Crew Grouping. – Source unknown.