

И. А. Ходашинский, А. В. Лавыгина (Томск, ТУСУР).
Применение генетического алгоритма для обучения нечетких систем типа синглтон.

Рассматривается нечеткая система (НС) типа синглтон, i -е правило базы в которой имеет следующий вид:

$$\text{IF } x_1 = A_{i1} \text{ AND } x_2 = A_{i2} \text{ AND } \dots \text{ AND } x_n = A_{in} \text{ THEN } y = r_i,$$

где A_{ij} — лингвистический терм, которым оценивается переменная x_j ; r_i — действительное число, которым оценивается выход y .

НС осуществляет отображение $F: \mathfrak{R}^n \rightarrow \mathfrak{R}$, заменяя оператор нечеткой конъюнкции произведением, а оператор агрегации нечетких правил — сложением. Отображение F определяется следующей формулой:

$$F(x) = \sum_{i=1}^m r_i \prod_{j=1}^n \mu_{A_{ji}}(x_j) / \sum_{i=1}^m \prod_{j=1}^n \mu_{A_{ji}}(x_j),$$

где m — количество правил нечеткой системы; n — количество входных переменных в системе; $\mu_{A_{ji}}$ — функция принадлежности (ФП).

Каждая ФП задается своим набором параметров, например, треугольная — тройкой параметров, трапециевидная — четверкой, гауссова и параболическая — двойкой. Обучение НС ведется на основе таблиц наблюдений или тестовых функций $f(x)$. Необходимо так построить базу правил НС, чтобы ошибка вывода, определяемая как $|f(x) - F(x)|$ или $(f(x) - F(x))^2$, была бы минимальной.

База правил формируется на основе генетического алгоритма (ГА). Формирование ведется в предположении, что правила охватывают весь универсум моделирования, т.е. рассматриваются все сочетания термов входных переменных, и для каждого сочетания ищется соответствующее значение консеквента правила НС.

Рассматривается два способа обучения НС: 1) настройка параметров ФП и подбор значений консеквентов правил ведется одновременно; в этом случае хромосома содержит нормализованные значения параметров ФП и консеквентов правил; 2) поэтапная настройка сначала значений консеквентов, затем параметров ФП; на каждом этапе работает свой ГА; хромосома ГА первого этапа содержит нормализованные значения консеквентов, а хромосома ГА второго этапа содержит значения параметров ФП; указанные этапы повторяются до достижения условия останова.

В зависимости от типа ФП должно соблюдаться специфическое условие включения хромосомы в популяцию. Ниже приведен фрагмент хромосомы с треугольными ФП:

$$\text{ошибка } \dots p_{i-1}^3 \ p_i^1 \ p_i^2 \ p_i^3 \ p_{i+1}^1 \ \dots,$$

где p_i^k — значение k -го параметра i -го терма переменной. Требования к значениям параметров ФП: 1) $p_i^1 \leq p_i^2 \leq p_i^3$; 2) $p_{i-1}^2 \leq p_i^2 \leq p_{i+1}^2$; 3) ФП должны покрывать всю область изменения переменной.

Испытания проводились для систем 2ISO. Были исследованы различные комбинации генетических операторов, типов ФП и тестовых функций. В качестве условия останова выбрано количество шагов выполнения алгоритма. Например, для тестовой функции $z(x, y) = \sin(2x/\pi) \sin(2y/\pi)$ при семи термах значения ошибки: 1-й способ обучения (50 000 шагов) 0,14627; 2-й способ — 0,03528. Качество вывода НС проверялось и с использованием статистических критериев при сравнении двух выборок тестовой и полученной в результате работы НС.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 06-08-00248.