

УДК 681.51

И. С. К о б е р с и, Д. А. Б е л о г л а з о в
В. И. Ф и н а е в

РАЗРАБОТКА РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ФОРМАЛИЗОВАННЫМИ ОБЪЕКТАМИ

Предложен гибридный вариант алгоритма нечеткого вывода регулятора для управления формализованными объектами.

E-mail: iskobersi@gmail.com; d.beloglazov@gmail.com

Ключевые слова: регулятор, технический объект, управление, синтез.

Современный мир управления объектами включает в себя интересные задачи принятия решений, из которых одни имеют сложно-функциональный характер, другие невозможно математически описать и их параметры являются полностью или частично неизвестными (параметрическая, функциональная неопределенность и др.).

Проблема адекватного математического описания объекта управления является важной частью синтеза системы управления, где время и точность принятия решения имеют большое значение и представляют собой основу современного процесса управления объектами.

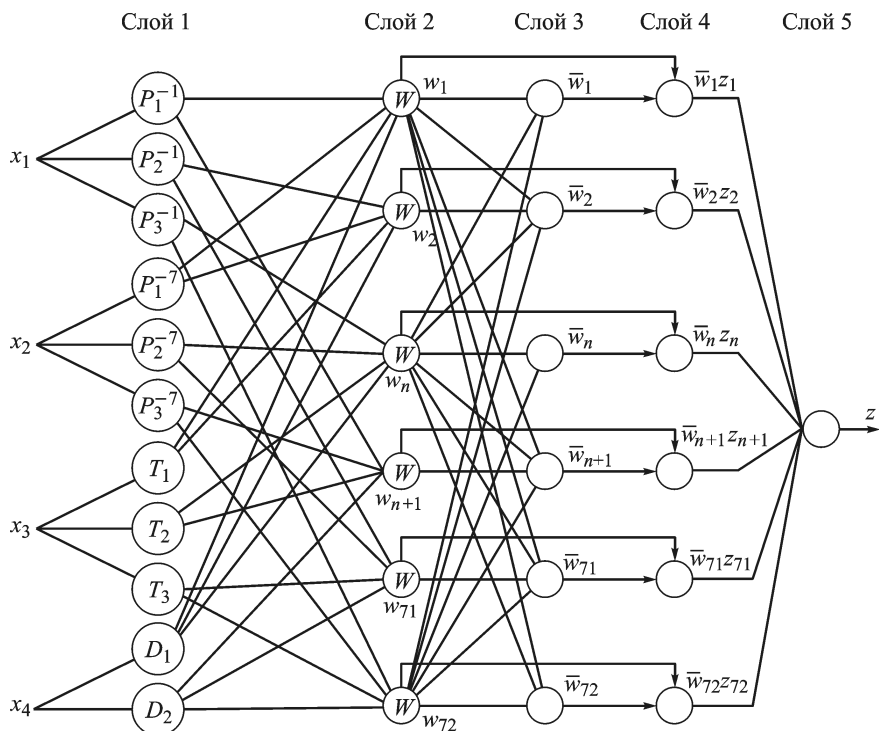
Для решения описанной проблемы предлагается разработать новую структуру системы управления, основанную на теории искусственного интеллекта, где ее параметры задаются нечеткостью, связями между элементами системы. Такие системы на практике и в теории называются нейронечеткими системами (ННС) принятия решения или управления. Проблема использования ННС заключается в необходимости настройки их параметров. Поскольку процесс настройки занимает много времени и требует применения специфических алгоритмов обучения, основанных в большинстве случаев на модификации алгоритма обратного распространения, то наиболее перспективным решением этого вопроса представляется применение генетических алгоритмов [1, 2].

В настоящей работе рассматривается модификация системы ANFIS (адаптивного нейронечеткого интерфейса), проведенная путем изменения метода дефаззификации для улучшения точности и гладкости выходного сигнала в отличие от применяемого метода центра тяжести, характеризующегося неточностью выходных результатов [2].

Нейронечеткая система ANFIS имеет пять слоев (рисунок).

1. Выходы узлов первого слоя представляют собой значения функций принадлежности некоторых эталонных величин:

$$O_i1 = \mu_{A_i}(x),$$



Архитектура ANFIS

где x — входной сигнал узла i , A_i — лингвистическая переменная, связанная с данной узловой функцией, $\mu_{A_i}(x)$ — функция принадлежности переменной A_i , определяющая степень, с которой данный x принадлежит A_i .

Отметим, что увеличение числа входных переменных больше определенного значения, приводит к увеличению во много раз времени настройки, вследствие увеличения БП ННС.

Определим параметры, значения которых будут подаваться на входы нейронов первого слоя: x_1, x_2, x_3, x_i — первая, вторая, третья и i -я переменная.

2. Выходами нейронов второго слоя являются степени истинности предпосылок каждого правила базы знаний системы:

$$w_i = \mu_{P_i}(x_1) \times \mu_{P_i}(x_2) \times \mu_{T_i}(x_3) \times \mu_{D_j}(x_4), \quad i = 1, 2, 3; \quad j = 1, 2.$$

3. Нейроны третьего слоя вычисляют величины \bar{w}_i , которые определяют отношение веса i -го правила к сумме весов всех правил (нормализация):

$$\bar{w}_1 = \frac{w_1}{w_1 + w_2 + \dots + w_{ni}}.$$

4. Нейроны четвертого и пятого слоев выполняют операции вычисления значений функций дефаззификации. Для предложенной модели

$$z_i = \bar{w}_i f_i,$$

где f_i — функции принадлежности выходных переменных;

$$y_i = \frac{z_i \sum_{n=1}^N w_n}{\sum_{n=1}^N w_n}$$

— выходной сигнал адаптивной системы ANFIS.

Предлагаемая модификация вывода ННС ANFIS основывается на исследованиях, проведенных разными авторами [1]. В результате исследований выявили, что гладкость выходного сигнала может быть улучшена в несколько раз. Помимо гладкости улучшится и точность выходного сигнала. В то же время нужно понимать, что предложенная в работе [1] модификация нечеткого алгоритма TS имеет свои ограничения: применима только в тех случаях, когда поверхность решений состоит из вогнутых/выпуклых поверхностей.

Идея улучшения гладкости поверхности решений, предложенная в работе [1], основывается на утверждении, что существуют два вида правил управления модели TS: V -правила; S -правила.

Основное отличие V -правил от S -правил заключается в том, что поверхности решений правил первого вида пересекаются между собой. Так, каждый вид правил влияет на точность аппроксимации, интерполяции. Тип S показывает лучшие результаты при кусочной аппроксимации непериодических функций, а тип V — при гладкой аппроксимации периодических функций.

Применяемый вид дефаззификации модели нечеткого вывода TS представляет собой некоторое среднее значение результатов вычисления локальных значений и их весовых коэффициентов. Для S -правил такой подход показывает хорошие результаты, а для V -правил — нет. Основная идея улучшения точности работы модели TS основана на замене способа дефаззификации, иными словами, на замене активационной функции последнего слоя следующей:

$$y = \max(y_1, y_2)$$

или

$$y = \min(y_1, y_2).$$

Причем для каждого из правил, число которых может быть $i = 1, n$, определение применения операции \max / \min происходит на основе следующих выражений

$$\text{If } y_1 - y_2 > 0 \text{ then } y = \max(y_1, y_2);$$

If $y_1 - y_2 < 0$ then $y = \min(y_1, y_2)$.

В настоящей работе предложен некоторый гибридный вариант алгоритма нечеткого вывода, объединяющий подходы, предложенные ТС и авторами работы [1]. Суть метода состоит в выработке некоторого оценочного функционала, на основе значения которого возможно разделение с определенной степенью точности S -правил и V -правил между собой. Сравнение точности работы ANFIS стандартным алгоритмом нечеткого вывода TS (ННС₁) и модифицированным (ННС₂) приведено в таблице. Оценка результатов работы сетей проводилась на основе значения среднеквадратической ошибки (СКО).

Сравнение результатов работы (СКО)

Тест	ННС ₁	ННС ₂
1	0,0017	0,0008
2	0,0025	0,002
3	0,03	0,0256
4	0,0011	0,001
5	0,025	0,019

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Babuska R., Fantuzzi C., Kaymak U., Verbruggen H. B. Improved Inference for Takagi-Sugeno Models.
2. Коберси И. С., Шадрин В. В. Применение нейронных сетей для управления энергопотреблением // Изв. ЮФУ. Технические науки. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ. – 2008. – № 7 (84). Вып. “Актуальные проблемы производства и потребления электроэнергии”. – С. 190–196.

Статья поступила в редакцию 14.12.2010

Искандар Сулейман Коберси — аспирант Таганрогского Технологического института Южного федерального университета.

I.S. Kobersi — post-graduate of the Taganrog Technological Institute of the South Federal University.

Денис Александрович Белоглазов — аспирант Таганрогского Технологического института Южного федерального университета.

D.A. Beloglazov — post-graduate of the Taganrog Technological Institute of the South Federal University.

Валерий Иванович Финаев — д-р техн. наук, профессор Таганрогского Технологического института Южного федерального университета.

V.I. Finaev — D. Sc. (Eng.) of the Taganrog Technological Institute of the South Federal University.