

ПРИМЕНЕНИЕ ДЕФАЗЗИФИКАЦИОННОГО МЕТОДА
WABL К НЕЧЕТКИМ РЕГУЛЯТОРАМР.Ю.ШИХЛИНСКАЯ
Бакинский Государственный Университет

В работе приведены общие сведения о дефаззификационном методе WABL (Weighted Average Based on levels). Этот метод применен к нечеткой модели и разработано программное средство на основе предложенных алгоритмов. Полученные в виде визуально – интерактивных графиков результаты сравнены с существующими в литературе результатами.

1. Введение. В последнее время в области управления и принятия решений одним из интенсивных направлений исследований является нечеткое моделирование, т.е. моделирование, основанное на нечеткой теории. Это направление позволяет получить более адекватные результаты в области управления технических систем. С каждым годом область применения нечетких методов расширяется: бытовые электроприборы, фотоаппараты, видеокамеры, промышленные роботы и др. переводятся на режим работы по принципу нечеткой логики.

В определенных этапах решения задачи вместо нечетких параметров приходится использовать их дефаззификации. Это намного упрощает вычисления.

Определение 1. Дефаззификацией (defuzzification) называется процедура преобразования нечеткого числа в четкое число.

Существуют различные методы дефаззификации: COA – центр тяжести (Center of Area), MOM – усреднение по максимуму (Mediana of Maximum), OWA - усреднение по упорядоченным весам (Ordered Weighted Average), WABL - усреднение по уровням (Weighted Average Based on Levels). Использование того или иного метода дефаззификации зависит от постановки выбранной задачи. В данной статье предложена математическая модель с использованием дефаззификационного метода WABL и приведены сравнения с существующими в литературе некоторыми моделями [1, с. 262-267].

2. Постановка задачи. В этой статье предложено логическое правило вывода с применением дефаззификационного метода WABL. Оно применено к нечеткой модели работы комнатного кондиционера.

Сначала дадим краткое описание метода. Пусть A нечеткое число,

заданное с помощью LR представления:

$$A = \bigcup_{\xi \in [0,1]} (\xi, A^\xi),$$

где $A^\xi = [L_A(\xi), R_A(\xi)] = \{t \in E \mid L_A(\xi) \leq t \leq R_A(\xi)\}$, $A^1 \neq \emptyset$. Здесь $L: \{L \mid L: [0,1] \rightarrow E\}$ - класс монотонно неубывающих, непрерывных слева, $R: \{R \mid R: [0,1] \rightarrow E\}$ - класс монотонно невозрастающих, непрерывных слева функций.

Определение 2. Усредненным представителем нечеткого числа или WABL дефаззификацией называется следующая величина:

$$I_W(A) = c_L \int_0^1 L_A(\xi) p(\xi) d\xi + c_R \int_0^1 R_A(\xi) p(\xi) d\xi, \quad (1)$$

где коэффициенты c_L и c_R отражают степень существенности, соответственно, левых и правых сторон при проведении операций над нечетким числом и удовлетворяют следующим условиям: $c_L \geq 0$, $c_R \geq 0$, $c_L + c_R = 1$, $p(\xi)$ - функция важности степеней: $P: [0,1] \rightarrow E_+ \equiv [0, +\infty]$ и $\int_0^1 p(\xi) d\xi = 1$. Функцию $p(\xi)$ можно выбрать следующим образом:

$p(\xi) = (k+1)\xi^k$, $k \geq 0$. $L_A(\xi)$ и $R_A(\xi)$ соответственно левая и правая часть нечеткого множества A : $L_A(\xi) = \mu_{\uparrow}^{-1}(\xi)$, $R_A(\xi) = \mu_{\downarrow}^{-1}(\xi)$. μ_{\uparrow}^{-1} и μ_{\downarrow}^{-1} обратные функции μ , соответствующие возрастающей и убывающей части функции принадлежности μ .

Особенности дефаззификационного метода WABL:

1. Метод WABL более общий; для определенного класса нечетких чисел параметры c_L , c_R и $p(\xi)$ могут быть выбраны так, что результаты, полученные методом WABL, совпадут с результатами, полученными другими методами дефаззификации [4, с.78-81; 5, с.40-49]. Для нечетких чисел полиномиальной формы доказано, что: 1) результаты дефаззификации методами WABL и COA совпадают при выборе параметров WABL следующим образом, $c_L = \frac{\alpha}{\alpha + \beta}$,

$c_R = \frac{\beta}{\alpha + \beta}$, $p(\xi) = (k+1)\xi^k$, $k > 0$; 2) результат дефаззификации

методом WABL стремится к MOM(A) для любых фиксированных c_L и c_R , при $k \rightarrow \infty$ в оценке параметра $p(\xi) = (k+1)\xi^k$.

2. Метод WABL аддитивный [3], т.е.:

$$I_W(A+B) = I_W(A) + I_W(B).$$

3. Метод WABL позволяет учесть в модели стратегию эксперта. Если результат дефаззификации не удовлетворяет эксперта, он варьируя параметрами $c_L, c_R, p(\xi)$ может поменять число дефаззификации; может сдвинуть усредненный представитель нечеткого числа влево или вправо вдоль саппорта.

3. Решение задачи. Дадим логическое правило вывода, опираясь на метод WABL. Рассмотрим этапы логического правила вывода:

1. Формирование базы правил систем нечеткого вывода.
2. Фаззификация входных и выходных переменных, т.е. формирование функций принадлежности $\mu_{k_i}(x), i = \overline{1, n}$ и $\mu_{l_j}(x), j = \overline{1, m}$ соответствующие нечетким входам k_i и нечетким выходам l_j .
3. Вычисление $\overline{k_i}$ - степени истинности принадлежности точного входного значения $x = \overline{x}$ в множество значений нечетких входов $\mu_{k_i}(x), i = \overline{1, n}$, т.е.: $\overline{k_i} = \mu_{k_i}(\overline{x}), i = \overline{1, n}$.
4. Дефаззификация методом WABL выходных нечетких подмножеств l_j , т.е. нахождение $I_W(l_j), j = \overline{1, m}$.
5. Суммирование результатов дефаззификации с коэффициентами, равными степени истинности точных входных значений:

$$I_W = \sum_{i=1}^n \overline{k_i} I_W(l_j). \quad (2)$$

Пример (см. [1, с. 262]). Рассмотрим как обрабатываются нечеткие правила вывода в ЭС, управляющей вентилятором комнатного кондиционера. Пусть изменяя скорость вращения вентилятора, мы можем менять температуру воздуха. Тогда алгоритм работы кондиционера может быть задан следующими правилами:

1. Если температура воздуха в комнате **низкая**, то скорость вращения вентилятора **низкая**.
2. Если температура воздуха в комнате **средняя**, то скорость вращения вентилятора **средняя**.
3. Если температура воздуха в комнате **высокая**, то скорость вращения вентилятора **высокая**.

Как видно, в базе правил используются шесть терм множеств. Из них три, определенные на значениях температуры: «низкая температура», «средняя температура», «высокая температура» - нечеткие входные параметры, остальные три, определенные на значениях скорости: «низкая скорость», «средняя скорость», «высокая скорость» - нечеткие выходные параметры. На этапе фаззифицировании нечетких переменных зададим

функции принадлежности для нечетких множеств, определенных на значениях температуры (T) и скорости вращения вентилятора (v). Тогда система сможет обрабатывать правила. Для дальнейшего сравнения результатов работы нашей ЭС и ЭС, описанной в [1], определим функции принадлежности как в [1, с. 266], (рис.1).

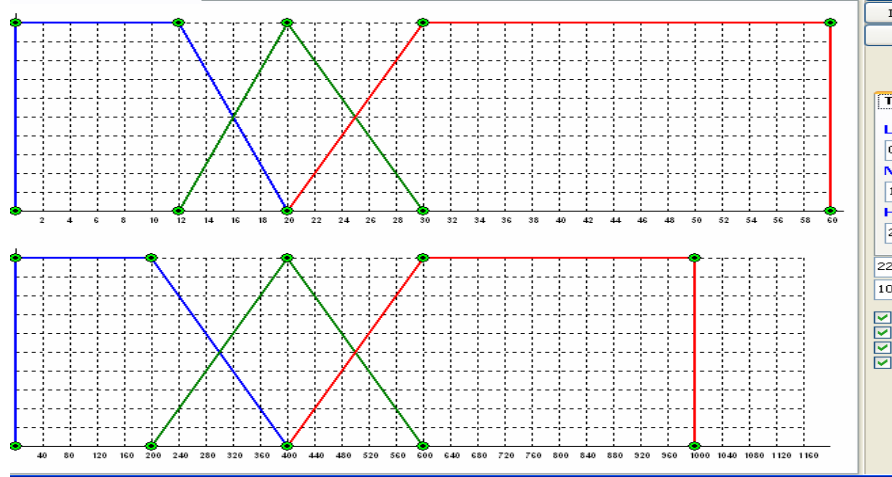


Рис. 1. Функции принадлежности для НМ (3) - (8).

$$\mu_{T_H}(t) = \begin{cases} 1, & t \leq 12 \\ \frac{20-t}{8}, & 12 < t < 20 \\ 0, & t \geq 20 \end{cases} \quad (3)$$

$$\mu_{T_C}(t) = \begin{cases} 0, & t < 12 \text{ и } t > 30 \\ \frac{t-12}{8}, & 12 \leq t < 20 \\ \frac{30-t}{10}, & 20 \leq t \leq 30 \end{cases} \quad (4)$$

$$\mu_{T_B}(t) = \begin{cases} 0, & 0 < t < 20 \\ \frac{t-20}{10}, & 20 \leq t < 30 \\ 1, & 30 \leq t < 60 \end{cases} \quad (5)$$

$$\mu_{v_H}(t) = \begin{cases} 1, & 0 < v < 200 \\ \frac{400-v}{200}, & 200 \leq v \leq 400 \\ 0, & 400 < v < 1000 \end{cases} \quad (6)$$

$$\mu_{v_C}(t) = \begin{cases} 0, & 600 < v < 200 \\ \frac{v-200}{200}, & 200 \leq v < 400 \\ \frac{600-v}{200}, & 400 \leq v \leq 600 \end{cases} \quad (7)$$

$$\mu_{v_B}(t) = \begin{cases} 0, & 0 < v < 400 \\ \frac{v-400}{200}, & 400 \leq v < 600 \\ 1, & 600 \leq v < 1000 \end{cases} \quad (8)$$

Рассмотрим теперь как нечеткая ЭС определяет скорость вращения вентилятора в зависимости от температуры воздуха в комнате. Пусть эта температура равна $28^{\circ}C$. Тогда ЭС находит степень вхождения $t = 28^{\circ}C$ в нечеткие подмножества (3) – (5). Для этого вычисляются значения функций принадлежности каждого из подмножеств от $t = 28^{\circ}C$:

$$\begin{aligned} \mu_{t_H}(28) &= 0, \\ \mu_{t_C}(28) &= 0.2, \\ \mu_{t_B}(28) &= 0.8. \end{aligned} \quad (9)$$

На следующем этапе производится дефаззификация нечетких множеств (6) – (8) методом WABL. Напишем по уровням возрастающую и убывающую части графика нечеткого множества (6):

$$L_{v_H}(\xi) = 0, \quad R_{v_H}(\xi) = -200\xi + 400.$$

Учитывая это в (1) получим:

$$\begin{aligned} I_W(v_H) &= (1 - c_L) \int_0^1 (-200\xi + 400)(k+1)\xi^k d\xi = -200c_L \frac{k+3}{k+2} - \\ &- 200 \frac{k+1}{k+2} + 400. \end{aligned} \quad (10)$$

Аналогичные операции проведем и нечеткими множествами (7) и (8):

$$\begin{aligned} L_{v_C}(\xi) &= 200\xi + 200, \quad R_{v_C}(\xi) = -200\xi + 600, \\ I_W(v_C) &= c_L \int_0^1 (200\xi + 200)(k+1)\xi^k d\xi + (1 - c_L) \int_0^1 (-200\xi + \\ &+ 600)(k+1)\xi^k d\xi = -400c_L \frac{1}{k+2} - 200 \frac{k+1}{k+2} + 600, \\ L_{v_B}(\xi) &= 200\xi + 400, \quad R_{v_B}(\xi) = 1000, \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned}
 I_W(v_B) &= c_L \int_0^1 (200\xi + 400)(k+1)\xi d\xi + (1-c_L) \int_0^1 1000(k+1)\xi^k d\xi = \\
 &= -200c_L \frac{2k+5}{k+2} + 1000.
 \end{aligned}
 \tag{12}$$

Теперь суммируются результаты дефаззификации, учитывая степени истинности точных входных значений при $c_L = c_R = \frac{1}{2}$, $k = 1$:

$$\begin{aligned}
 I_W &= 0 \cdot I_W(v_H) + 0.2 \cdot I_W(v_C) + 0.8 \cdot I_W(v_B) = \\
 &= 0.2 \cdot 400 + 0.8 \cdot 766 = 692.8.
 \end{aligned}
 \tag{13}$$

Таким образом, если температура в комнате 28^0C , то эксперт определит скорость вращения вентилятора 692.8 об./мин. Другая ЭС может задать изменение скорости вращения вентилятора по другому [1, с. 267].

Описанные выше операции выполняются каждый раз, когда требуется результат логического вывода. В системах, управляющих динамическими процессами, эта последовательность действий выполняется циклически (рис. 2).

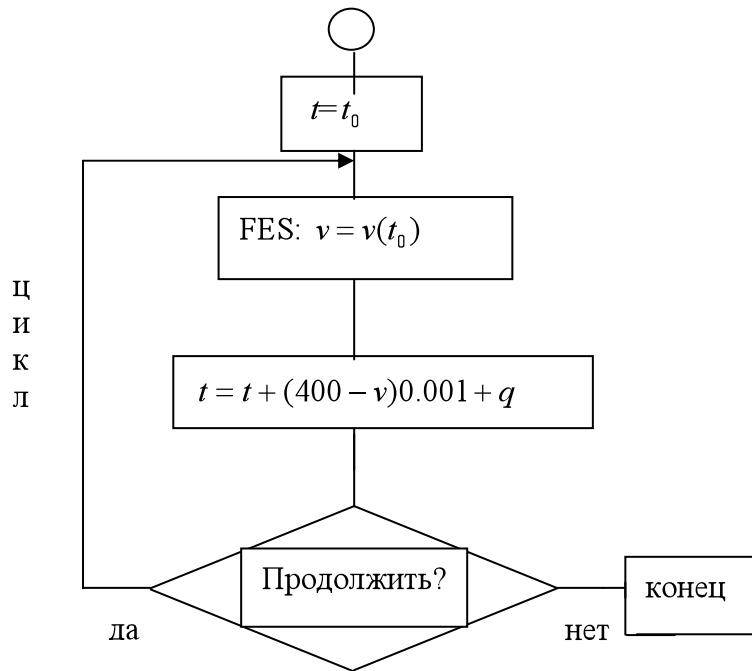


Рис. 2. Алгоритм работы нечеткой ЭС.

4. Выводы. При работе, описанной нами ЭС на этапе дефаззификации нечеткого множества методом WABL, варьируя параметрами

$c_L, c_R, p(\xi)$ можно получить разные режимы изменения температуры в комнате. Сравнения результатов работ нашей ЭС и ЭС, описанной в [1], при разных значениях входных параметров наглядно показаны графически на рис.3 и 4. Оптимальная температура, к которой приближается температура комнаты в результате работы кондиционера, устанавливается самой системой. В нашем случае, меняя значения c_L и c_R в рамках заданных условий, можно поменять оптимальную температуру комнаты.

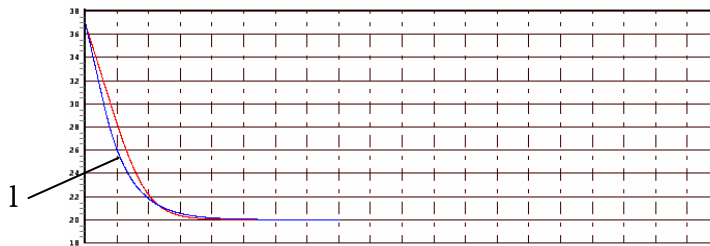


Рис. 3. 1- режим изменения температуры в комнате при значениях параметров: $t_0 = 37, c_L = 0.3, k = 1000 (p(\xi) = 1001\xi^{1000})$.

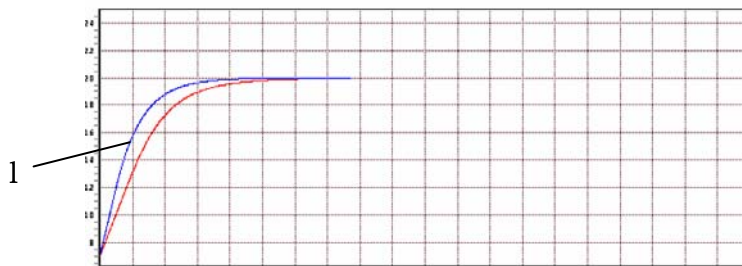


Рис. 4. 1- режим изменения температуры в комнате при значениях параметров: $t_0 = 7, c_L = c_R = 1/2, k = 1 (p(\xi) = 2\xi)$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Базы данных. Интеллектуальная обработка информации / Под ред. В.В. Корнеева, М., Нолидж, 2001, с.255-290.
2. Леоненков А. Нечеткое моделирование в среде МАТЛАБ и fuzzy TECH. СПб.: БХВ, Петербург, 2003, 73 с.
3. Насибов Э.Н. Методы обработки нечеткой информации в задачах принятия решений. Баку: «Элм», 2000, 260с.,илл.
4. Насибов Э.Н., Шихлинская Р.Ю. Настройка параметров WABL агрегации для нахождения центра тяжести треугольного нечеткого числа. Изв. НАН Аз, сер. физ.-тех. и мат. наук., 2003, №2.
5. Насибов Э.Н., Шихлинская Р.Ю. Настройка параметров WABL агрегации для нахождения центра тяжести нечеткого числа полиномиальной формы. Рига: Автоматика и вычислительная техника, 2003, №6, с. 40-49.

WABL DEFAZİFİKASIYA ÜSULUNUN FAZİ REQULYATORLARA TƏTBİQİ

R.Y.ŞİXLİNSKAYA

XÜLASƏ

Məqalədə WABL defazifikasiya üsulu, onun xüsusiyyətləri haqqında məlumat verilmiş, WABL üsuluna əsaslanan fazi çıxarılış qaydası qurulmuş və fazi requlyatorlara tətbiq olunmuşdur. Alınmış nəticələr, yəni fırlanmanın fırlanma sürətinin dəyişməsinə görə otaqda temperaturun dəyişmə rejimləri vizual-interaktiv qrafiklər şəklində verilmiş, ədəbiyyatda mövcud olan başqa nəticələrlə müqayisə edilmişdir.

APPLICATION THE DEFUZZIFICATION METHOD OF WABL TO FUZZY REGULATOR

R.Y.SHIKHLINSKAYA

SUMMARY

In this paper defuzzification method of WABL is investigated, its properties are analyzed. The WABL method is applied to some fuzzy models. The package of applied programs is worked out on the base of proposed algorithms. The obtained in the form of vizual- interactive graphs results are compared with knows ones.