

УДК 007:631.4

**В.П. ДИМИТРОВ, Л.В. БОРИСОВА, И.Н. НУРУТДИНОВА, Е.В. БОГАТЫРЁВА**

## **О МЕТОДИКЕ ДЕФАССИФИКАЦИИ ПРИ ОБРАБОТКЕ НЕЧЕТКОЙ ЭКСПЕРТНОЙ ИНФОРМАЦИИ**

*Рассматриваются некоторые аспекты методики дефазификации при обработке нечеткой экспертной информации в экспертной системе для технологической регулировки машин. Приведен пример использования методики.*

**Ключевые слова:** лингвистическая переменная, функция принадлежности, дефазификация.

**Введение.** При использовании сложной уборочной техники одной из важных задач является технологическая настройка машины в полевых условиях. Эту задачу можно отнести к классу *неформализованных задач принятия решений*. Решение задачи возлагается на оператора и зависит от его опыта и квалификации. Трудности с выбором значений регулируемых параметров комбайна связаны с неопределенностью информации о факторах внешней среды, в которой функционирует зерноуборочный комбайн, а также сложностью взаимосвязей между факторами уборки и регулируемыми параметрами.

Основным резервом повышения эффективности использования комбайнов следует считать снижение временных затрат на настройку и технологические простои. Поэтому особого внимания заслуживают вопросы разработки систем информационной поддержки интеллектуальной деятельности оператора при проведении уборочных работ.

Перспективным направлением совершенствования методов технологической настройки машин является разработка информационных систем поддержки принятия решений (экспертных систем) [1].

Методика моделирования процесса принятия решений при технологической настройке комбайна основана на использовании аппарата нечетких множеств и содержит этапы: фазификации, композиции и дефазификации [2, 3].

На этапе *фазификации* необходимо представить условия решения задачи в лингвистической форме. При *композиции* все нечеткие множества, назначенные для каждого терма каждой входной переменной, объединяются, и формируется единственное нечеткое множество – значение для каждой выводимой лингвистической переменной. В результате использования набора правил – нечеткой базы знаний – вычисляется значение истинности для предпосылки каждого правила на основании конкретных нечетких операций, соответствующих конъюнкции или дизъюнкции термов в левой части правил. Суть *дефазификации* заключается в выработке на основе нечеткого логического вывода рекомендаций по установлению конкретных значений регулируемых параметров машины.

Рассмотрим подробно некоторые особенности методики дефазификации.

**Описание предметной области.** Решая задачу, когда в зависимости от возможных значений входной ситуации ( $A_j$ ) эксперт делает вывод о выходной ситуации ( $B_j$ ) (о значениях регулируемых параметров), обозначим через  $\{X\}$  множество значений входных параметров, т.е. совокупность значений факторов внешней среды, существенно влияющих на величину выходного параметра  $V$  (регулируемого параметра), и моделируем экспертную информацию об отношениях рассматриваемых признаков, а также процедурах принятия решений.

В соответствии с логико-лингвистическим подходом [1, 2, 4] мы разработали модели входных и выходных признаков  $X, V$  в виде семантических пространств и соответствующих им функций принадлежности:

$$\begin{aligned} \{X_i, T(X_i), U, G, M\}, & \quad \mu_R(x_1, x_2, \dots, x_i) \in (0; 1), \\ \{\beta_V, T_V, V, G_V, M_V\}, & \quad \mu_R(v_1, v_2, \dots, v_j) \in (0; 1). \end{aligned} \quad (1)$$

В результате обобщенную модель предметной области «предварительная настройка жатвенной части» представим в виде композиции нечетких отношений изучаемых семантических пространств:

$$R = X \rightarrow V, \quad (2)$$

где  $R$  – нечеткое отношение между факторами внешней среды и регулируемыми параметрами,

$$R\{X_i, T(X_i), U, G, M\} \times \langle \beta_V, T_V, V, G_V, M_V \rangle \quad \forall (x, v) \in X \times V.$$

Отношение  $R$  можно рассматривать как нечеткое множество на прямом произведении  $X \times V$  полного пространства предпосылок  $X$  и полного пространства заключений  $V$ .

Схему решения задачи предварительной настройки рассмотрим на примере выбора значения скорости комбайна. Известно, что на данный параметр влияют такие факторы внешней среды, как урожайность (Ур), влажность хлебной массы (Вл), соломистость (Сол), засоренность (З) [5].

Кортеж лингвистической переменной «Урожайность - 40» имеет вид:

$$\begin{aligned} & \langle \text{УРОЖАЙНОСТЬ-40, ц/га} \{ \text{Менее 40, Примерно 40, Более 40} \}, [34 - 46] \rangle \\ \text{Ур} & = \{ \text{УрМ40, УрПр40, УрБ40} \}. \end{aligned}$$

Кортеж лингвистической переменной «Влажность хлебостоя» имеет вид:

$$\begin{aligned} & \langle \text{ВЛАЖНОСТЬ ХЛЕБОСТОЯ, \%} \{ \text{Сухой, Нормальный, Влажный} \}, [0 - 30] \rangle \\ \text{ВлХл} & = \{ \text{ХлС, ХлНор, ХлВл} \}. \end{aligned}$$

Кортеж лингвистической переменной «Соломистость» имеет вид:

$$\begin{aligned} & \langle \text{СОЛОМИСТОСТЬ, \%} \{ \text{Малая, Нормальная} \}, [40 - 70] \rangle \\ \text{Сол} & = \{ \text{СолМ, СолНор} \}. \end{aligned}$$

Кортеж лингвистической переменной «Засоренность хлебостоя» имеет вид:

$$\begin{aligned} & \langle \text{ЗАСОРЕННОСТЬ ХЛЕБОСТОЯ, \%} \{ \text{Низкая, Большая} \}, [0 - 40] \rangle \\ \text{Зхл} & = \{ \text{ЗХлН, ЗХлБ} \}. \end{aligned}$$

Кортеж лингвистической переменной «Скорость комбайна для пшеницы-40» (т.е. для значения урожайности примерно 40 ц/га) имеет вид:

$$\begin{aligned} & \langle \text{СКОРОСТЬ КОМБАЙНА ДЛЯ ПШЕНИЦЫ-40, км/ч} \{ \text{Очень низкая, Низкая, Ниже} \\ & \text{номинальной, Номинальная, Выше номинальной, Высокая, Очень высокая} \}, \\ & [2,5 - 5,5] \rangle; \\ \text{Ск} & = \{ \text{СкОН, СкН, СкННом, СкНом, СкВНом, СкВ, СкОВ} \}. \end{aligned}$$

В результате фаззификации исследуемых признаков построены функции принадлежности регулируемых параметров и внешних факторов. При этом для описания крайнего левого терма используется выражение (3), для среднего терма – (4), для крайнего правого терма – (5):

$$\mu(x, a, b) = \begin{cases} 1, & \text{если } x \leq a \\ \frac{b-x}{b-a}, & \text{если } a < x < b \\ 0, & \text{если } x \geq b \end{cases} \quad (3)$$

$$\mu(x, a, b, c) = \begin{cases} 0, & \text{если } x \leq a \\ \frac{x-a}{c-a}, & \text{если } a < x \leq c \\ \frac{b-x}{b-c}, & \text{если } c < x < b \\ 0, & \text{если } x \geq b \end{cases} \quad (4)$$

$$\mu(x, a, b) = \begin{cases} 0, & \text{если } x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & \text{если } x < b \\ 1, & \text{если } x \geq b \end{cases} \quad (5)$$

Значения коэффициентов  $a, b, c, d$  функций принадлежности (ФП) для входных параметров приведены в табл. 1, для выходного параметра – скорости движения комбайна, – в табл. 2.

Таблица 1

Значения коэффициентов  $a, b, c$  функций принадлежности для входных параметров

Вид терма	Коэффициенты ФП			
	Ур	Вл	З	С
Левый	$a = 34$ $b = 40$	$a = 11$ $b = 14$	$a = 10$ $b = 30$	$a = 45$ $b = 55$
Центральный	$a = 34$ $b = 46$ $c = 40$	$a = 11$ $b = 17$ $c = 14$		
Правый	$a = 40$ $b = 46$	$a = 14$ $b = 17$	$a = 10$ $b = 30$	$a = 45$ $b = 55$

Таблица 2

Значения коэффициентов  $a, b, c$  функции принадлежности для выходного параметра (скорости комбайна)

Вид терма	Коэффициенты ФП для выходного параметра				
Левый	$a = 2,5$ $b = 3,0$				
Центральные	$a = 2,5$ $b = 3,0$ $c = 3,5$	$a = 3,0$ $b = 4,0$ $c = 3,5$	$a = 3,5$ $b = 4,5$ $c = 4,0$	$a = 4,0$ $b = 5,0$ $c = 4,5$	$a = 4,5$ $b = 5,5$ $c = 5,0$
Правый	$a = 5,0$ $b = 5,5$				

**Моделирование вывода решения.** При заданной системе логических высказываний для значений входных параметров значениями выходного параметра  $V$  является такое множество  $V_0^{(1)}$ , для каждого элемента которого  $v \in V_0^{(1)}$  схема вывода

$$\tilde{L}^{(1)}$$

$$\begin{aligned} & \underline{A'} - \text{истинно;} \\ & \underline{B'} - \text{истинно} \end{aligned} \quad (6)$$

имеет наибольшую степень истинности  $\mu_{m,p}^{(1)}$  нечеткого правила modus ponens:

$$\mu_{m,p}^{(1)}(1) = \min\{1, [1 - \mu_{W_1}(w') + \mu_{V_1}(v')], \dots, [1 - \mu_{W_m}(w') + \mu_{V_m}(v')]\}. \quad (7)$$

Величина  $\mu_{m,p}^{(1)}(1)$  является степенью истинности правила modus ponens для нечеткой системы экспертных высказываний. Данное понятие отражает степень соответствия значения  $v'$  выходного параметра  $V$  значению  $w'$  обобщенного входного параметра  $W$  при задании экспертной информации нечеткой системой.

Обозначим через  $\tilde{A}_i$  и  $\tilde{B}_i$  высказывания  $\langle \beta_W \text{ есть } \alpha_{Wj} \rangle$  и  $\langle \beta_V \text{ есть } \alpha_{Vj} \rangle$ . Тогда система нечетких высказываний запишется в виде:

$$\tilde{L}^{(1)} = \begin{cases} \tilde{L}_1^{(1)} : \langle \text{если } \tilde{A}_1, \text{ то } \tilde{B}_1 \rangle, \\ \tilde{L}_2^{(1)} : \langle \text{если } \tilde{A}_2, \text{ то } \tilde{B}_2 \rangle, \\ \dots \\ \tilde{L}_m^{(1)} : \langle \text{если } \tilde{A}_m, \text{ то } \tilde{B}_m \rangle \end{cases} \quad (8)$$

Нечеткие высказывания соответствуют общей форме:

$$\tilde{A}_j : \langle \beta_W \text{ есть } \alpha_{Wj} \rangle \text{ и } \tilde{B}_j : \langle \beta_V \text{ есть } \alpha_{Vj} \rangle,$$

где  $\alpha_{V_1}, \alpha_{V_2}, \alpha_{V_3}$  – соответствующие значения термов выходной лингвистической переменной.

В основе механизма вывода решений интеллектуальной информационной системы лежит модель предметной области «предварительная настройка», представляющая собой композицию нечетких отношений семантических пространств факторов внешней среды и регулируемых параметров жатвенной части.

Развернутую форму нечеткого логического вывода для системы знаний вида (8) можно представить так:

$$\mu_{B'} = \bigvee_{k \in K} \left( \bigwedge_{j \in J} \mu_{Bkj} y_j \right) \wedge \bigwedge_{i \in I} \mu_{Aki}(x'_i). \quad (9)$$

В результате анализа предметной области создана база знаний, на которой основан логический вывод решения. Фрагмент базы знаний представлен ниже:

1. if (Урожайность is Менее\_40) and (Соломистость is Низкая) and (Засоренность is Низкая) and (Влажность хлебостоя is Сухой) then (Скорость is Очень Высокая)
2. if (Урожайность is Менее\_40) and (Соломистость is Низкая) and (Засоренность is Низкая) and (Влажность хлебостоя is Нормальный) then (Скорость is Высокая)
3. if (Урожайность is Менее\_40) and (Соломистость is Низкая) and (Засоренность is Низкая) and (Влажность хлебостоя is Влажный) then (Скорость is Выше номинальной)
4. if (Урожайность is Менее\_40) and (Соломистость is Высокая) and (Засоренность is Низкая) and (Влажность хлебостоя is Сухой) then (Скорость is Высокая)
5. if (Урожайность is Менее\_40) and (Соломистость is Высокая) and (Засоренность is Низкая) and (Влажность хлебостоя is Нормальный) then (Скорость is Выше номинальной)
6. if (Урожайность is Менее\_40) and (Соломистость is Высокая) and (Засоренность is Низкая) and (Влажность хлебостоя is Влажный) then (Скорость is Номинальная)



28. if (Урожайность is Более\_40) and (Соломистость is Высокая) and (Засоренность is Низкая) and (Влажность хлебостоя is Сухой) then (Скорость is Ниже номинальной)
29. if (Урожайность is Более\_40) and (Соломистость is Высокая) and (Засоренность is Низкая) and (Влажность хлебостоя is Нормальный) then (Скорость is Низкая)
30. if (Урожайность is Более\_40) and (Соломистость is Высокая) and (Засоренность is Низкая) and (Влажность хлебостоя is Влажный) then (Скорость is Очень низкая)
31. if (Урожайность is Более\_40) and (Соломистость is Низкая) and (Засоренность is Высокая) and (Влажность хлебостоя is Сухой) then (Скорость is Ниже номинальной)
32. if (Урожайность is Более\_40) and (Соломистость is Низкая) and (Засоренность is Высокая) and (Влажность хлебостоя is Нормальный) then (Скорость is Низкая)
33. if (Урожайность is Более\_40) and (Соломистость is Низкая) and (Засоренность is Высокая) and (Влажность хлебостоя is Влажный) then (Скорость is Очень низкая)
34. if (Урожайность is Более\_40) and (Соломистость is Высокая) and (Засоренность is Высокая) and (Влажность хлебостоя is Сухой) then (Скорость is Ниже номинальной)
35. if (Урожайность is Более\_40) and (Соломистость is Высокая) and (Засоренность is Высокая) and (Влажность хлебостоя is Нормальный) then (Скорость is Низкая)
36. if (Урожайность is Более\_40) and (Соломистость is Высокая) and (Засоренность is Высокая) and (Влажность хлебостоя is Влажный) then (Скорость is Очень низкая)

Решение задач с использованием методов нечеткой логики предполагает определение точных значений выходных переменных. На этапе дефаззификации используются различные методы, например, метод «центра тяжести» [4, 6]:

$$y'_j = \left( \int y_j Y_j \mu_{B'}(y_j) dy_j \right) / \left( \int \mu_{B'}(y_j) Y_j dy_j \right). \quad (10)$$

**Методика и результаты моделирования.** Рассмотрим применение методики определения значений регулируемых параметров на основе нечеткого логического вывода.

Для иллюстрации использования методики рассмотрим пять наборов значений входных параметров. В табл. 3 приведены некоторые численные значения входных параметров и используемых правил.

Таблица 3

Исходные данные для расчета

Номер примера	Входные параметры				Номера правил базы знаний
	Ур	Сол	З	Вл	
I	42	48	12	15	14, 15, 17, 18, 20, 21, 23, 24, 26, 27, 29, 30, 32, 33, 35, 36
II	42	52	24	15	
III	42	50	10	12	13, 14, 16, 17, 25, 26, 28, 29
IV	36	50	10	12	1, 2, 4, 5, 13, 14, 16, 17
V	36	45	14	10	1, 2, 7, 8, 13, 14, 19, 20

Первый этап. Определение значений функций принадлежности входных параметров.

Выберем для иллюстрации пример I из табл. 3. Значения функций принадлежности для рассматриваемых входных факторов вычислены по формулам (3)-(5) с учетом соответствующих коэффициентов (табл. 4) и представлены графически (рис.1).

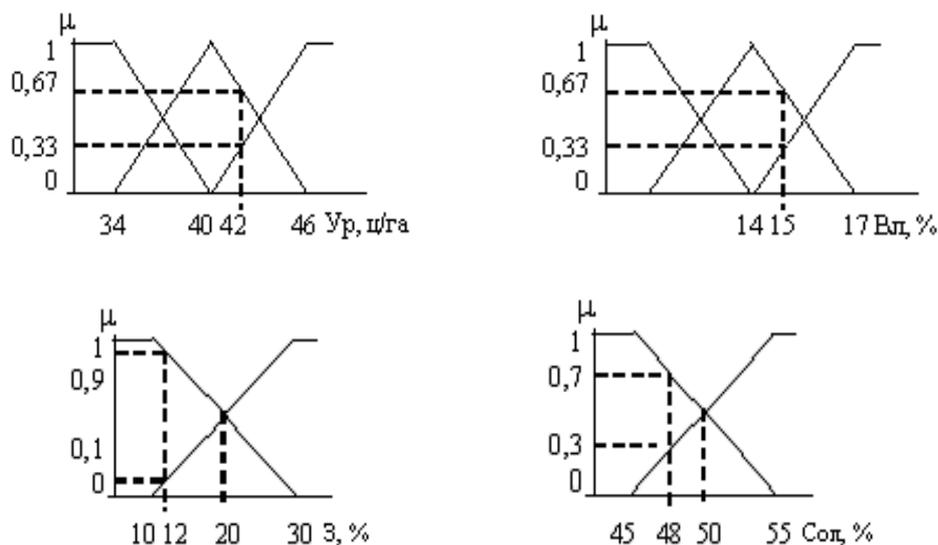


Рис.1. Вид функций принадлежности входных факторов и их численные значения для примера I

Таблица 4

Значения функций принадлежности

Скорость	Ур	Сол	З	Вл
Низкая Н	0,67	0,7	0,9	0,67
Высокая В	0,33	0,3	0,1	0,33

Второй этап. Перебор всех комбинаций (в нашем случае их 16) входных параметров и нахождение по правилам значения выходного параметра (скорости комбайна). В нашем случае значениями скорости будут ОН – очень низкая, Н – низкая, НН – ниже номинальной, В – высокая. Затем для каждой комбинации находим минимальное значение функций принадлежности входных переменных. Результаты перебора для примера I приведены в табл.5.

Таблица 5

Промежуточные результаты расчетов для примера I  
(Ур = Пр40; Сол = низкая; З = низкая; Вл = низкая)

Номер правила	Значения функций принадлежности для входных параметров и значения термов выходного параметра					
	Ур	Сол	З	Вл	Ск	min
1	2	3	4	5	6	7
14	0,67	0,7	0,9	0,67	ННом	0,67
15	0,67	0,7	0,9	0,33	Н	0,33
20	0,67	0,7	0,1	0,67	Н	0,1
21	0,67	0,7	0,1	0,33	ОН	0,1
17	0,67	0,3	0,9	0,67	ННом	0,3
18	0,67	0,3	0,9	0,33	Н	0,3

Окончание табл.5

1	2	3	4	5	6	7
23	0,67	0,3	0,1	0,67	Н	0,1
24	0,67	0,3	0,1	0,33	ОН	0,1
26	0,33	0,7	0,9	0,67	ННом	0,33
27	0,33	0,7	0,9	0,33	Н	0,33
32	0,33	0,7	0,1	0,67	Н	0,1
33	0,33	0,7	0,1	0,33	ОН	0,1
29	0,33	0,3	0,9	0,67	Н	0,3
30	0,33	0,3	0,9	0,33	ОН	0,3
35	0,33	0,3	0,1	0,67	Н	0,1
36	0,33	0,3	0,1	0,33	ОН	0,1

Третий этап. Сортировка всех комбинаций скоростей. Для примера I значения скоростей – ОН (очень низкая), Н (низкая), НН (ниже номинальной), В (высокая). Для каждого из значений скоростей из всех минимумов значений функций принадлежности выбираем максимальное. Полученные максимальные значения наносим на график функции принадлежности выходной переменной – «скорость». Описанную процедуру для рассматриваемого примера I иллюстрируют табл.6-8 и рис.2.

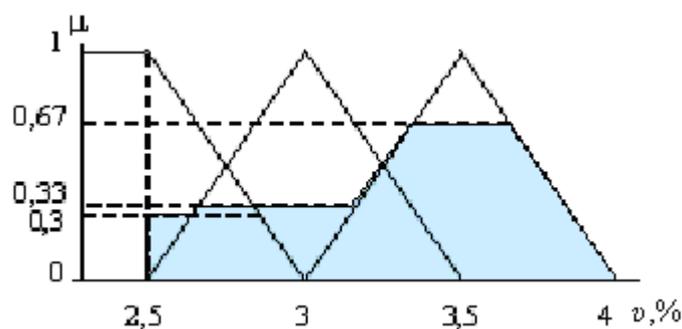


Рис.2. Итоговый рисунок для примера I

Таблица 6

Значения термов входных параметров и соответствующих значений функций принадлежности, приводящих к очень низкой (ОН) скорости

Параметры лингвистической переменной	Значения функций принадлежности для входных параметров и значения термов выходного параметра					
	Ур	Сол	З	Вл	min	max (min)
Наименование терма	Н	Н	В	В	-	0,3
Значение ФП	0,67	0,7	0,1	0,33	0,1	
Наименование терма	Н	В	В	В	-	
Значение ФП	0,67	0,3	0,1	0,33	0,1	
Наименование терма	В	Н	В	В	-	
Значение ФП	0,33	0,7	0,1	0,33	0,1	
Наименование терма	В	В	Н	В	-	
Значение ФП	0,33	0,3	0,9	0,33	0,3	
Наименование терма	В	В	В	В	-	
Значение ФП	0,33	0,3	0,1	0,33	0,1	

Таблица 7

Значения термов входных параметров и соответствующих значений функций принадлежности, приводящих к скорости ниже номинальной (ННом)

Параметры лингвистической переменной	Значения функций принадлежности для входных параметров и значения термов выходного параметра					
	Ур	Сол	З	Вл	min	max (min)
Наименование терма	Н	Н	Н	Н	-	0,67
Значение ФП	0,67	0,7	0,9	0,67	0,67	
Наименование терма	Н	В	Н	Н	-	
Значение ФП	0,67	0,3	0,9	0,67	0,3	
Наименование терма	В	Н	Н	Н	-	
Значение ФП	0,33	0,7	0,9	0,67	0,33	

Таблица 8

Значения термов входных параметров и соответствующих значений функций принадлежности, приводящих к низкой (Н) скорости

Параметры лингвистической переменной	Значения функций принадлежности для входных параметров и значения термов выходного параметра					
	Ур	Сол	З	Вл	min	max (min)
Наименование терма	Н	Н	Н	В	-	0,3
Значение ФП	0,67	0,7	0,9	0,33	0,33	
Наименование терма	Н	Н	В	Н	-	
Значение ФП	0,67	0,7	0,1	0,67	0,1	
Наименование терма	Н	В	Н	В	-	
Значение ФП	0,67	0,3	0,9	0,33	0,3	
Наименование терма	Н	В	В	Н	-	
Значение ФП	0,67	0,3	0,1	0,67	0,1	
Наименование терма	В	Н	Н	В	-	
Значение ФП	0,33	0,7	0,9	0,33	0,33	
Наименование терма	В	В	Н	Н	-	
Значение ФП	0,33	0,3	0,9	0,67	0,3	
Наименование терма	В	В	В	Н	-	
Значение ФП	0,33	0,3	0,1	0,67	0,1	

Полученные результаты применения описанной процедуры к остальным рассматриваемым примерам представлены на рис.3.

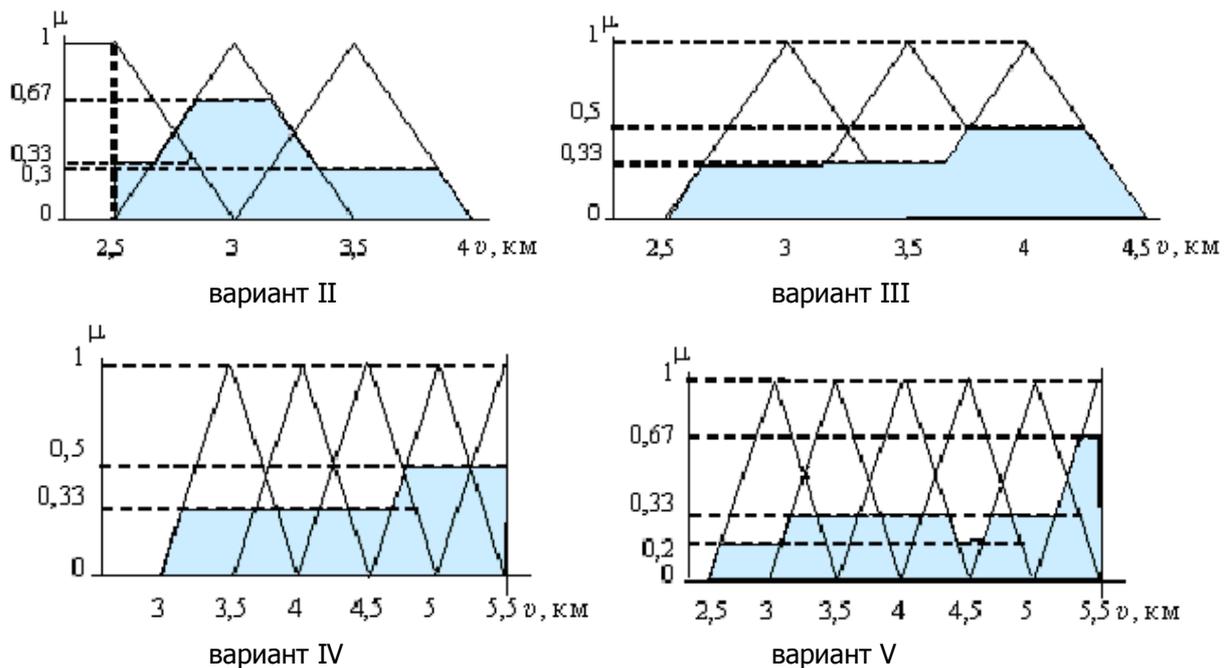


Рис. 3. Итоговые рисунки для вариантов II, III, IV и V исходных данных

Четвёртый этап. Вычисление точного значения выходной переменной, например, методом «центра тяжести» [4, 6]. Такой метод реализуется в среде MatLab с помощью пакета прикладных программ Fuzzy Logic Toolbox. Однако при этом следует учитывать, что использование этого пакета в полевых условиях уборки урожая может быть затруднено. Поэтому предлагаем более простой метод нахождения значений результирующей переменной. Он состоит в вычислении средневзвешенного значения по итоговому рисунку.

$$v_{cp} = \frac{1}{\Delta} \sum h_i \Delta_i, \tag{11}$$

где  $h_i$  – максимальное значение функций принадлежности, соответствующее изменению скоростей  $\Delta_i$ ;  $\Delta$  – полный спектр изменения скоростей.

Результаты расчетов по формуле (11) для всех рассматриваемых примеров представлены в табл.9. Для сравнения там же приведены результаты, полученные с помощью пакета программ Fuzzy Logic Toolbox в среде MatLab.

Таблица 9

Сравнение результатов расчетов (скорости комбайна) по предлагаемой методике и с помощью пакета MatLab

Номер примера	MatLab	Формула (11)	Различие, %
I	3,29	3,2	2,7
II	3,15	3,05	3,2
III	3,6	3,57	0,8
IV	4,43	4,56	2,9
V	4,26	4,24	0,5

**Выводы.** Предложена методика дефаззификации, которую нетрудно представить в виде алгоритма. Полученные результаты будут использованы в подсистеме обработки нечетких экспертных знаний интеллектуальной информационной системы для технологической регулировки машин. Приближенный способ вычисления точного значения результирующей лингвистической переменной даёт возможность создания компактной программы, которую можно установить на портативном компьютере в полевых условиях, в то время как использование среды MatLab и её приложений затруднительно.

### **Библиографический список**

1. Борисова Л.В. К вопросу построения нечеткой экспертной системы производственного типа для технологической регулировки машин / Л.В. Борисова, В.П. Димитров, А.К. Тугенгольд // Вестник ДГТУ. – 2008. – Т.8. – №3(38). – С.278-287.
2. Димитров В.П. Оценка параметров лингвистических переменных факторов внешней среды / В.П. Димитров, Л.В. Борисова // Искусственный интеллект в XXI веке. Решения в условиях неопределенности: сб. ст. V Междунар. науч.-техн. конф. – Пенза, 2007. – С.30-32.
3. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений / А.Н. Борисов, А.В. Алексеев, Г.В. Меркурьев [и др.] – М.: Радио и связь, 1989. – 394 с.
4. Прикладные нечеткие системы; пер с яп. / К. Асаи, Д. Ватада, С. Сугэно. – М.: Мир, 1993. – 368 с.
5. Пугачев А.Н. Советы комбайнеру / А.Н. Пугачев. – М.: Колос, 1984. – 224 с.
6. Макаров И.М. Искусственный интеллект и интеллектуальные системы управления / И.М. Макаров, В.М. Лохин, С.В. Манько [и др.] – М.: Наука, 2006. – 333 с.

### **References**

1. Borisova L.V. K voprosu postroeniya nechetkoi ekspertnoi sistemy produkcionnogo tipa dlya tehnologicheskoi regulirovki mashin / L.V. Borisova, V.P. Dimitrov, A.K. Tugengol'd // Vestnik DGTU. – 2008. – T.8. – №3(38). – S.278-287. – in Russian.
2. Dimitrov V.P. Ocenka parametrov lingvisticheskikh peremennykh faktorov vneshnei sredy / V.P. Dimitrov, L.V. Borisova // Iskusstvennyi intellekt v XXI veke. Resheniya v usloviyah neopredelennosti: sb. st. V Mejdunar. nauch.-tehn. konf. – Penza, 2007. – S.30-32. – in Russian.
3. Obrabotka nechetkoi informacii v sistemah prinyatiya reshenii / A.N. Borisov, A.V. Alekseev, G.V. Merkur'ev [i dr.] – M.: Radio i svyaz', 1989. – 394 s. – in Russian.
4. Prikladnye nechetkie sistemy; per s yap. / K. Asai, D. Vatada, S. Sugeno. – M.: Mir, 1993. – 368 s. – in Russian.
5. Pugachev A.N. Sovety kombaineru / A.N. Pugachev. – M.: Kolos, 1984. – 224 s. – in Russian.
6. Makarov I.M. Iskusstvennyi intellekt i intellektual'nye sistemy upravleniya / I.M. Makarov, V.M. Lohin, S.V. Man'ko [i dr.] – M.: Nauka, 2006. – 333 s. – in Russian.

Материал поступил в редакцию

**V.P. DIMITROV, L.V. BORISOVA, I.N. NURUTDINOVA, E.V. BOGATYREVA**

### **ON DEFUZZIFICATION METHOD IN FUZZY EXPERT INFORMATION PROCESSING**

Some aspects of the defuzzification method in fuzzy expert information processing in the expert system for technological regulation of the machines are considered. An example of the method implementation is given in the article.

**Key words:** linguistic variable, membership function, defuzzification.

**ДИМИТРОВ Валерий Петрович** (р. 1953), декан факультета «Приборостроение и техническое регулирование» ДГТУ, заведующий кафедрой «Управление качеством», доктор технических наук (2002), профессор (2005). Окончил РИСХМ (1975).

Область научных интересов – системы информационного обеспечения жизненного цикла продукции, экспертные системы, техническое обслуживание машин.

Автор 358 публикаций.

[vdimitrov@donstu.edu.ru](mailto:vdimitrov@donstu.edu.ru)

**БОРИСОВА Людмила Викторовна**, заведующая кафедрой «Экономика и менеджмент в машиностроении» Института ЭИМ ДГТУ, доктор технических наук (2008), профессор (2010). Окончила РГАСХМ (1991).

Область научных интересов – статистика, системы информационного обеспечения жизненного цикла продукции, менеджмент качества.

Автор 240 публикаций.

[borisovalv09@mail.ru](mailto:borisovalv09@mail.ru)

**НУРУТДИНОВА Инна Николаевна**, доцент кафедры «Математика» ДГТУ, кандидат физико-математических наук (1992), доцент (1998). Окончила РГУ (1982).

Область научных интересов – математическое моделирование процессов и систем.

Автор 72 публикаций.

[nurut.inna@yandex.ru](mailto:nurut.inna@yandex.ru)

**БОГАТЫРЁВА Елена Валерьевна**, Директор Ростовского филиала ГОУ ВПО «Академия стандартизации, метрологии и сертификации (учебная)», зав. кафедрой «Стандартизация, сертификация и управление качеством», доцент кафедры «Технологий и товароведения» Ростовского филиала Московского государственного университета технологий и управления (2002). Кандидат химических наук (2003). Окончила химический факультет Ростовского государственного университета (1988), Московскую государственную технологическую академию (2001).

Область научных интересов – стандартизация, метрология и сертификация.

Автор 18 публикаций.

[rostfasms@rambler.ru](mailto:rostfasms@rambler.ru)

**Valery P. DIMITROV** (1953), Dean of the Tools and Instrument Engineering Faculty, Head of the Quality Management Department, Don State Technical University. PhD in Science (2002), Professor (2005). He graduated from Rostov Institute of Agricultural Engineering (1975).

Research interests - information support schemes of product life style, expert systems, machinery maintenance.

Author of 358 scientific publications.

**Lyudmila V. BORISOVA**, Head of the Engineering Economics and Management Department, Power Engineering and Machinery Institute. PhD in Science (2008), professor (2010). She graduated from Rostov State Agricultural Engineering Academy (1991).

Research interests - statistics, information support schemes of product life style, quality management.

Author of 240 scientific publications.

**Inna N. NURUTDINOVA**, Associate Professor of the Mathematics Department, Don State Technical University. Candidate of Science in Physics and Maths (1992), Associate Professor (1998). She graduated from Rostov State University (1982).

Research interests - mathematical simulation of processes and systems.

Author of 72 scientific publications.

**Elena V. BOGATYREVA**, Director of Rostov branch of State Educational Institution of Higher Professional Learning 'Academy of standardization, metrology and certification (educational)', Head of the Standardization, Certification and Quality Control Department, associate professor of the Technology and Commodity Science Department, Rostov branch of Moscow State University of Technology and Management (2002). Candidate of Science in Chemistry (2003). She graduated from the Chemical Department, Rostov State University (1988), Moscow State Technological Academy (2001).

Research interests - standardization and metrology.

Author of 18 scientific publications.