

Sempron 3000 + и оперативной памятью 256 М был найден за 4с.

Литература

1. McEliece R.J. A Public-Key Cryptosystem Based on Algebraic Theory // DGN Progress Rep. 42-44, Jet Propulsion Lab, Pasadena, CA, J-F. 1978. P. 114-116.
2. Сидельников В.М. Криптография и теория кодирования // Московский университет и развитие криптографии в России. М., 2002. С. 49-84.
3. Сидельников В.М., Шестаков С.О. О системе шифрования, построенной на основе обобщенных кодов Рида-Соломона // Дискр. матем. 1992. Т. 4. № 3 С. 57-63.
4. Gibson J.K. The security of the Gabidulin version of McEliece public key cryptosystem // Designs, Codes and Cryptography. 1996. P. 212-223.
5. Деундяк В.М., Дружинина М.А. Косолапов Ю.В. К вопросу о применении криптоаналитического алгоритма Сидельникова-Шестакова // Материалы междунар. науч.-практ. конф. «Теория, методы проектирования, программно-техническая платформа корпоративных информационных систем». Новочеркасск, 2003. С. 101-102.
6. Косолапов Ю.В. О программной реализации криптоаналитического алгоритма Сидельникова-Шестакова // Вестн. ДГТУ. 2004. Т. 4. № 4 (22). С. 447-454.
7. Мак-Вильямс Ф. Дж., Слоэн Н. Дж. А. Теория кодов, исправляющих ошибки. М., 1979.

Донской государственный технический университет

30 мая 2006 г.

УДК 007:631.2

НЕЧЕТКАЯ МОДЕЛЬ ВЫБОРА РЕГУЛИРОВОЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ КОМБАЙНА ПРИ ИНДУКТИВНОМ ЛОГИЧЕСКОМ ВЫВОДЕ

© 2006 г. Л.В. Борисова, В.П. Димитров

Введение

Зерноуборочный комбайн можно рассматривать как нечеткую систему, функционирующую в изменчивых условиях внешней среды. Данная система, взаимосвязи между ее входами и выходами характеризуются полным пространством состояний, включающим факторы внешней среды (Ф), состояние регулировочных параметров (РП) и показатели качества технологического процесса (ПК)

$$ЗК = \{Ф; РП; ПК\}.$$

Показатели качества процесса уборки в определяющей степени зависят от состояния регулировочных параметров машины, выбор значений которых зависит от конкретных значений факторов внешней среды. Характерной особенностью рассматриваемой задачи является то, что как значения факторов уборки, так и регулируемых параметров машины нельзя определить с заданной точностью. Знания об этих признаках являются нечеткими. Кроме того, используемые на практике рекомендации по проведению регулировки рабочих органов комбайна, т.е. описание отношений между рассматриваемыми признаками, обладают ярко выраженной нечеткостью. Таким образом, задачу принятия решений по корректировке технологических регулировок можно рассматривать как задачу принятия решения в нечетких условиях [1].

Методика решения задачи. Для принятия решений по корректировке технологических регулировок при появлении внешнего признака нарушения технологического процесса, например «повышенное дроб-

ление зерна», и установления значений регулируемых параметров, которые обуславливают появление этого признака, используется индуктивная схема вывода вида [2]:

$$\tilde{L} = \begin{cases} \tilde{L}_1 :< \text{ЕСЛИ } \tilde{B}_1 \text{ ТО } \tilde{A}_1 >; \\ \tilde{L}_2 :< \text{ЕСЛИ } \tilde{B}_2 \text{ ТО } \tilde{A}_2 >; \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \tilde{L}_m :< \text{ЕСЛИ } \tilde{B}_m, \text{ ТО } \tilde{A}_m >; \end{cases} \quad (1)$$

$$\frac{A' - \text{истинно};}{B' - \text{истинно}}.$$

Здесь \tilde{B}, \tilde{A} – нечеткие высказывания, а четкие высказывания A' и B' имеют вид

$$A' :< \beta_w \text{ есть } w' >; B' :< \beta_v \text{ есть } v' >; \\ w' = (x, y, z, \dots) \in X \times Y \times Z \times \dots, v' \in V.$$

Рассмотрим методику решения задачи на основе нечеткого правила *modus ponens*. В схеме нечеткого вывода (1) высказывания о значениях входных параметров являются посылкой для самой схемы (высказывание A') и следствием внутри системы L (высказывания \tilde{A}_j), а высказывания о значениях выходных параметров являются следствием для схемы вывода (1) (высказывание B'), но посылкой внутри системы L (высказывания \tilde{B}_j). Поэтому для выбора значений выходного параметра V на основе правила *modus ponens* необходимо преобразовать систему высказы-

ваний данного типа в эквивалентную ей систему, рассмотренную ранее при решении задачи настройки параметров рабочих органов комбайна в зависимости от факторов внешней среды [3]. Используем правило контрапозиции [4], согласно которому для произвольных выражений A и B высказывания

«ЕСЛИ A , ТО B » и «ЕСЛИ $\neg B$, ТО $\neg A$ » эквивалентны, т.е. $\langle \text{ЕСЛИ } A, \text{ ТО } B \rangle \equiv \langle \text{ЕСЛИ } \neg B, \text{ ТО } \neg A \rangle$.

Здесь выражения $\neg A$ и $\neg B$ являются отрицаниями выражений A и B .

Применяя правило контрапозиции к выражениям $\tilde{L}_j, j = 1, m$ системы (1), получаем

$$\langle \text{ЕСЛИ } \tilde{B}_j, \text{ ТО } \tilde{A}_j \rangle \equiv \langle \text{ЕСЛИ } \neg \tilde{A}_j, \text{ ТО } \neg \tilde{B}_j \rangle,$$

где высказывания $\neg \tilde{A}_j$ и $\neg \tilde{B}_j$ можно рассматривать как высказывания

$$\langle \beta_W \text{ есть } a_{W_j}^* \rangle \text{ и } \langle \beta_V \text{ есть } a_{V_j}^* \rangle,$$

в которых значения $a_{W_j}^*$ и $a_{V_j}^*$ определяются функциями принадлежности $\mu_{W_j}^*$ и $\mu_{V_j}^*$, являющимися дополнениями к μ_{W_j} и μ_{V_j} :

$$\mu_{W_j}^*(w) = 1 - \mu_{W_j}(w), \quad \forall w \in W = X \times Y \times Z \dots, \quad (2)$$

$$\mu_{V_j}^*(v) = 1 - \mu_{V_j}(v), \quad \forall v \in V. \quad (3)$$

Введя новые обозначения $\tilde{A}_j^* = \neg \tilde{A}_j$ и $\tilde{B}_j^* = \neg \tilde{B}_j$, запишем систему высказываний \tilde{L}^* , эквивалентную системе \tilde{L} , в виде

$$\tilde{L}^* = \begin{cases} \tilde{L}_1^* < \text{ЕСЛИ } \tilde{A}_1^* \text{ ТО } \tilde{B}_1^* >; \\ \tilde{L}_2^* < \text{ЕСЛИ } \tilde{A}_2^* \text{ ТО } \tilde{B}_2^* >; \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \tilde{L}_m^* < \text{ЕСЛИ } \tilde{A}_m^* \text{ ТО } \tilde{B}_m^* >. \end{cases}$$

Тогда схема вывода (1) запишется в виде схемы

$$\begin{array}{c} \tilde{L}^*; \\ \hline A' - \text{истинно;} \\ \hline B' - \text{истинно;} \end{array}$$

аналогичной схеме вывода, рассмотренной в [2].

Истинность нечеткого правила *modus ponens* для схемы вывода (1) запишется так:

$$T(L, A', B') = T(\tilde{L}^*, A' B') = \langle \mu_{mp}(1) | 1 \rangle,$$

где степень истинности μ_{mp} правила *modus ponens* для заданных значений $w = (x, y, z \dots)$ входных параметров $X, Y, Z \dots$ и произвольного значения v выходного параметра будет иметь вид [4]

$$\mu_{mp}(v) = \min\{1, [1 - \mu_{W_1}^*(w) + \mu_{V_1}^*(v)], \dots, [1 - \mu_{W_m}^*(w) + \mu_{V_m}^*(v)]\}, \quad (4)$$

что эквивалентно

$$\mu_{mp}(v) = \min\{1, [1 + \mu_{W_1}(w) - \mu_{V_1}(v)], \dots, [1 + \mu_{W_m}(w) - \mu_{V_m}(v)]\}.$$

Таким образом, выбор значений выходного параметра V , на основе правила *modus ponens*, определяется выражением (4).

Если один из показателей качества технологического процесса уборки, например «Дробление зерна <ДЗ>», характеризуется повышенным значением, то установим комбинацию регулировочных параметров, соответствующую нечеткой выходной ситуации V_3 , оценив истинность высказываний с помощью правила *modus ponens*.

Предположим, что сложившаяся ситуация характеризуется лингвистически-нечетким экспертным высказыванием вида

«Если дробление зерна повышенное,

ТО частота вращения молотильного барабана повышенная,

И состояние бичей молотильного барабана изношенное,

И зазор между барабаном и декой номинальный,

И зазор между молотильным барабаном и декой по всей ширине молотильно-сепарирующего устройства неравномерный» и одним из возможных и соответствующих ему четким высказыванием с конкретными количественными данными вида:

«Если дробление зерна 3 %,

ТО частота вращения молотильного барабана составляет 800 мин⁻¹,

И состояние изношенности бичей молотильного барабана 60 %,

И величина зазора между барабаном и декой составляет 6 мм,

И равномерность зазора между молотильным барабаном и декой по всей ширине молотильно-сепарирующего устройства составляет 50 %».

Рассмотренным лингвистическим переменным соответствуют терм-множества и соответствующие им функции принадлежности (табл. 1):

$T_X = \{\alpha_{X1}, \alpha_{X2}, \alpha_{X3}\} = \{\text{пониженная; номинальная; повышенная}\} = \{680; 740; 800\}$;

$T_Z = \{\alpha_{Z1}, \alpha_{Z2}, \alpha_{Z3}\} = \{\text{малый; номинальный; большой}\} = \{4; 6; 8\}$;

$T_Y = \{\alpha_{Y1}, \alpha_{Y2}\} = \{\text{нормальное; изношенное}\} = \{30; 60\}$;

$T_Q = \{\alpha_{Q1}, \alpha_{Q2}\} = \{\text{равномерный; неравномерный}\} = \{90; 50\}$;

$T_V = \{\alpha_{V1}, \alpha_{V2}, \alpha_{V3}\} = \{\text{незначительное; среднее; повышенное}\} = \{0.5; 1.5; 3\}$.

Указанным значениям термов лингвистических переменных соответствуют числовые значения, попадающие в соответствующую область определения $\alpha_X = 800 \text{ мин}^{-1}$; $\alpha_Z = 6 \text{ мм}$; $\alpha_Y = 60 \%$; $\alpha_Q = 50 \%$; $\alpha_V = 3 \%$.

Обобщенная лингвистическая переменная β_W на множестве $W = X \times Y \times Z \times Q$ с базовыми значениями

$$T_W = \{\alpha_{W1}; \alpha_{W2}; \alpha_{W3}; \dots; \alpha_{W36}\},$$

где α_{W_j} – возможные значения обобщенной лингвистической переменной β_W , представлена в табл. 1.

Таблица 1

Возможные значения обобщенной лингвистической переменной β_W нечетких экспертных высказываний

$\alpha_{W1} = \alpha_{X1} \alpha_{Z1} \alpha_{Y1} \alpha_{Q1}$	$\alpha_{W13} = \alpha_{X2} \alpha_{Z1} \alpha_{Y1} \alpha_{Q1}$	$\alpha_{W25} = \alpha_{X3} \alpha_{Z1} \alpha_{Y1} \alpha_{Q1}$
$\alpha_{W2} = \alpha_{X1} \alpha_{Z1} \alpha_{Y1} \alpha_{Q2}$	$\alpha_{W14} = \alpha_{X2} \alpha_{Z1} \alpha_{Y1} \alpha_{Q2}$	$\alpha_{W26} = \alpha_{X3} \alpha_{Z1} \alpha_{Y1} \alpha_{Q2}$
$\alpha_{W3} = \alpha_{X1} \alpha_{Z1} \alpha_{Y2} \alpha_{Q1}$	$\alpha_{W15} = \alpha_{X2} \alpha_{Z1} \alpha_{Y2} \alpha_{Q1}$	$\alpha_{W27} = \alpha_{X3} \alpha_{Z1} \alpha_{Y2} \alpha_{Q1}$
$\alpha_{W4} = \alpha_{X1} \alpha_{Z1} \alpha_{Y2} \alpha_{Q2}$	$\alpha_{W16} = \alpha_{X2} \alpha_{Z1} \alpha_{Y2} \alpha_{Q2}$	$\alpha_{W28} = \alpha_{X3} \alpha_{Z1} \alpha_{Y2} \alpha_{Q2}$
$\alpha_{W5} = \alpha_{X1} \alpha_{Z2} \alpha_{Y1} \alpha_{Q1}$	$\alpha_{W17} = \alpha_{X2} \alpha_{Z2} \alpha_{Y1} \alpha_{Q1}$	$\alpha_{W29} = \alpha_{X3} \alpha_{Z2} \alpha_{Y1} \alpha_{Q1}$
$\alpha_{W6} = \alpha_{X1} \alpha_{Z2} \alpha_{Y1} \alpha_{Q2}$	$\alpha_{W18} = \alpha_{X2} \alpha_{Z2} \alpha_{Y1} \alpha_{Q2}$	$\alpha_{W30} = \alpha_{X3} \alpha_{Z2} \alpha_{Y1} \alpha_{Q2}$
$\alpha_{W7} = \alpha_{X1} \alpha_{Z2} \alpha_{Y2} \alpha_{Q1}$	$\alpha_{W19} = \alpha_{X2} \alpha_{Z2} \alpha_{Y2} \alpha_{Q1}$	$\alpha_{W31} = \alpha_{X3} \alpha_{Z2} \alpha_{Y2} \alpha_{Q1}$
$\alpha_{W8} = \alpha_{X1} \alpha_{Z2} \alpha_{Y2} \alpha_{Q2}$	$\alpha_{W20} = \alpha_{X2} \alpha_{Z2} \alpha_{Y2} \alpha_{Q2}$	$\alpha_{W32} = \alpha_{X3} \alpha_{Z2} \alpha_{Y2} \alpha_{Q2}$
$\alpha_{W9} = \alpha_{X1} \alpha_{Z3} \alpha_{Y1} \alpha_{Q1}$	$\alpha_{W21} = \alpha_{X2} \alpha_{Z3} \alpha_{Y1} \alpha_{Q1}$	$\alpha_{W33} = \alpha_{X3} \alpha_{Z3} \alpha_{Y1} \alpha_{Q1}$
$\alpha_{W10} = \alpha_{X1} \alpha_{Z3} \alpha_{Y1} \alpha_{Q2}$	$\alpha_{W22} = \alpha_{X2} \alpha_{Z3} \alpha_{Y1} \alpha_{Q2}$	$\alpha_{W34} = \alpha_{X3} \alpha_{Z3} \alpha_{Y1} \alpha_{Q2}$
$\alpha_{W11} = \alpha_{X1} \alpha_{Z3} \alpha_{Y2} \alpha_{Q1}$	$\alpha_{W23} = \alpha_{X2} \alpha_{Z3} \alpha_{Y2} \alpha_{Q1}$	$\alpha_{W35} = \alpha_{X3} \alpha_{Z3} \alpha_{Y2} \alpha_{Q1}$
$\alpha_{W12} = \alpha_{X1} \alpha_{Z3} \alpha_{Y2} \alpha_{Q2}$	$\alpha_{W24} = \alpha_{X2} \alpha_{Z3} \alpha_{Y2} \alpha_{Q2}$	$\alpha_{W36} = \alpha_{X3} \alpha_{Z3} \alpha_{Y2} \alpha_{Q2}$

Таким образом, нечеткая ситуация, отражающая взаимосвязь между дроблением зерна и регулировочными параметрами, может быть представлена, например, выражением

$$E_{3.32} : \langle \beta_X \text{ есть } \alpha_{X3} \text{ и } \beta_Z \text{ есть } \alpha_{Z2} \text{ и } \beta_Y \text{ есть } \alpha_{Y2} \text{ и } \beta_Q \text{ есть } \alpha_{Q2} \rangle.$$

Все возможные ситуации рассматриваемой взаимосвязи представляются системой

$$\tilde{L} = \begin{cases} \tilde{L}_1 : < \text{ЕСЛИ } \tilde{B}_1 \text{ ТО } \tilde{A}_1 >; \\ \tilde{L}_2 : < \text{ЕСЛИ } \tilde{B}_2 \text{ ТО } \tilde{A}_2 >; \\ \tilde{L}_3 : < \text{ЕСЛИ } \tilde{B}_3 \text{ ТО } \tilde{A}_3 >. \end{cases} \quad (5)$$

Анализируя данную систему нечетких высказываний, можно отметить, что в ней на основе значений показателя качества технологического процесса (<дробления зерна>) делается предположение о возможной нечеткой входной ситуации (высказывание \tilde{A}_j), отражающее комбинацию регулировочных параметров рабочих органов комбайна.

В этом случае индуктивная схема вывода (схема принятия решений) имеет вид

$$\tilde{L};$$

$$\frac{A' - \text{истинно}}{B' - \text{истинно}}.$$

Для выбора решения на основе нечеткого правила *modus ponens* используем преобразования данной системы высказываний в эквивалентную [2]:

$$\tilde{L} \equiv \tilde{L}^* = \{\tilde{L}_j^*\}, \quad j = \overline{1, m}. \quad (6)$$

Здесь

$$L_j^* < \text{ЕСЛИ } \tilde{A}_j^* \text{ ТО } \tilde{B}_j^* >; \quad \tilde{A}_j^* : \langle \beta_W \text{ есть } \alpha_{W_j}^* \rangle,$$

$$\tilde{B}_j^* : \langle \beta_V \text{ есть } \alpha_{V_j}^* \rangle.$$

Значения $\alpha_{W_j}^*$ и $\alpha_{V_j}^*$ характеризуются функциями принадлежности (2) и (3).

Последующие расчеты производятся с учетом данных табл. 2.

Таблица 2

Функции принадлежности термов лингвистических переменных

ЛП	Терм-множества, T	Значения термов ЛП	Значения функций принадлежности термов ЛП		
			α_{X1}	α_{X2}	α_{X3}
$\beta_X < \text{ЧВМБ} >$	$T_X \{ \text{пониженная; номинальная; повышенная} \}$	$\{ \alpha_{X1}; \alpha_{X2}; \alpha_{X3} \}$ $\{ 680; 740; 800 \}$	$\mu_{X1} = 1$ $\mu_{X2} = 0,3$ $\mu_{X3} = 0$	$\mu_{X1} = 0$ $\mu_{X2} = 1$ $\mu_{X3} = 0,2$	$\mu_{X1} = 0$ $\mu_{X2} = 0,01$ $\mu_{X3} = 1$
$\beta_Y < \text{СБД} >$	$T_Y \{ \text{нормальное; изношенное} \}$	$\{ \alpha_{Y1}; \alpha_{Y2} \}$ $\{ 30; 60; \}$	$\mu_{Y1} = 1$ $\mu_{Y2} = 0$	$\mu_{Y1} = 0,3$ $\mu_{Y2} = 0,8$	
$\beta_Q < \text{РЗМСУ} >$	$T_Q \{ \text{равномерный; неравномерный} \}$	$\{ \alpha_{Q1}; \alpha_{Q2} \}$ $\{ 90; 50; \}$	$\mu_{Q1} = 0$ $\mu_{Q2} = 1$	$\mu_{Q1} = 1$ $\mu_{Q2} = 0$	
$\beta_Z < \text{ЗПД} >$	$T_Z \{ \text{малый; номинальный; большой} \}$	$\{ \alpha_{Z1}; \alpha_{Z2}; \alpha_{Z3} \}$ $\{ 4; 6; 8 \}$	$\mu_{Z1} = 1$ $\mu_{Z2} = 0,14$ $\mu_{Z3} = 0$	$\mu_{Z1} = 0$ $\mu_{Z2} = 1$ $\mu_{Z3} = 0,2$	$\mu_{Z1} = 0$ $\mu_{Z2} = 0,14$ $\mu_{Z3} = 1$
$\beta_V < \text{ДЗ} >$	$T_V \{ \text{незначительное; среднее; повышенное} \}$	$\{ \alpha_{V1}; \alpha_{V2}; \alpha_{V3} \}$ $\{ 0,5; 1,5; 3 \}$	$\mu_{V1} = 1$ $\mu_{V2} = 0,14$ $\mu_{V3} = 0,01$	$\mu_{V1} = 0,11$ $\mu_{V2} = 1$ $\mu_{V3} = 0,18$	$\mu_{V1} = 0,01$ $\mu_{V2} = 0,01$ $\mu_{V3} = 1$

В системе (6) нечеткие высказывания $\tilde{A}_1^*, \tilde{A}_2^*, \tilde{A}_3^*$, имеют следующий вид:

$$\neg \tilde{A}_j^* : \langle \beta_W \text{ есть } a_{W_j}^* \rangle$$

$$\tilde{A}_1^* : \langle \beta_W \text{ есть } a_{W_9}^* \text{ или } \beta_W \text{ есть } a_{W_{11}}^* \text{ или } \beta_W \text{ есть } a_{W_{12}}^* \text{ или } \beta_W \text{ есть } a_{W_{17}}^* \text{ или } \beta_W \text{ есть } a_{W_{21}}^* \text{ или } \langle \beta_W \text{ есть } a_{W_{22}}^* \text{ или } \langle \beta_W \text{ есть } a_{W_{23}}^* \text{ или } \langle \beta_W \text{ есть } a_{W_{24}}^* \rangle \tilde{A}_2^* : \langle \beta_W \text{ есть } a_{W_1}^* \text{ или } \beta_W \text{ есть } a_{W_2}^* \text{ или } \langle \beta_W \text{ есть } a_{W_3}^* \text{ или } \langle \beta_W \text{ есть } a_{W_5}^* \text{ или } \langle \beta_W \text{ есть } a_{W_6}^* \text{ или } \beta_W \text{ есть } a_{W_7}^* \text{ или } \beta_W \text{ есть } a_{W_{10}}^* \text{ или } \beta_W \text{ есть } a_{W_{13}}^* \text{ или } \beta_W \text{ есть } a_{W_{18}}^* \text{ или } \beta_W \text{ есть } a_{W_{19}}^* \text{ или } \beta_W \text{ есть } a_{W_{25}}^* \text{ или } \beta_W \text{ есть } a_{W_{33}}^* \text{ или } \beta_W \text{ есть } a_{W_{34}}^* \text{ или } \beta_W \text{ есть } a_{W_{35}}^* \text{ или } \beta_W \text{ есть } a_{W_{36}}^* \rangle \tilde{A}_3^* : \langle \beta_W \text{ есть } a_{W_4}^* \text{ или } \langle \beta_W \text{ есть } a_{W_8}^* \text{ или } \langle \beta_W \text{ есть } a_{W_2}^* \text{ или } \langle \beta_W \text{ есть } a_{W_{15}}^* \text{ или } \langle \beta_W \text{ есть } a_{W_{16}}^* \text{ или } \langle \beta_W \text{ есть } a_{W_{20}}^* \text{ или } \langle \beta_W \text{ есть } a_{W_{26}}^* \text{ или } \langle \beta_W \text{ есть } a_{W_{27}}^* \text{ или } \langle \beta_W \text{ есть } a_{W_{28}}^* \text{ или } \langle \beta_W \text{ есть } a_{W_{29}}^* \text{ или } \langle \beta_W \text{ есть } a_{W_{30}}^* \text{ или } \langle \beta_W \text{ есть } a_{W_{31}}^* \text{ или } \langle \beta_W \text{ есть } a_{W_{32}}^* \rangle.$$

Здесь $a_{W_j}^*$ – обобщенные переменные возможных сочетаний.

Нечеткие лингвистические высказывания, характеризующие выходную ситуацию в общем случае, имеют вид

$$\neg \tilde{B}_j = \tilde{B}_j^* = \langle \beta_V \text{ есть } \alpha_{V_j}^* \rangle$$
, а для термов показателя качества «дробление зерна»:

$$\neg B_1 = \tilde{B}_1^* = \langle \beta_V \text{ есть } a_{V_1}^* \rangle$$
,

$$\neg B_2 = \tilde{B}_2^* = \langle \beta_V \text{ есть } a_{V_2}^* \rangle$$
,

$$\neg B_3 = \tilde{B}_3^* = \langle \beta_V \text{ есть } a_{V_3}^* \rangle$$
.

При этом в указанных системах высказываний значения лингвистических переменных $\alpha_{W_j}^*$ и $\alpha_{V_j}^*$ определяются функциями принадлежности $\mu_{W_j}^*$ и $\mu_{V_j}^*$ являющимися дополнениями к μ_{W_j} и μ_{V_j} в соответствии с (4) и (5):

$$\mu_{W_j}^*(w) = 1 - \mu_{W_j}(w), \quad \forall w \in W = X \times Y \times X \times Q$$
,

$$\mu_{V_j}^*(v) = 1 - \mu_{V_j}(v), \quad \forall v \in V$$
.

Вычислим значения функций принадлежности для обобщенной лингвистической переменной β_W :

$$\mu_{W_j}(w) \text{ для } w = (x, z, y, q) = (800, 6, 60, 50):$$

$$\mu_{W_1}(w) = \mu_{W_9} \vee \mu_{W_{11}} \vee \mu_{W_{12}} \vee \mu_{W_{17}} \vee \mu_{W_{21}} \vee \mu_{W_{22}} \vee \mu_{W_{23}} \vee \mu_{W_{24}} = \mu_{X1} \&\mu_{Z3} \&\mu_{Y1} \&\mu_{Q1} \vee \mu_{X1} \&\mu_{Z3} \&\mu_{Y2} \&\mu_{Q1}$$

$$\vee \mu_{X1} \&\mu_{Z3} \&\mu_{Y2} \&\mu_{Q2} \vee \mu_{X2} \&\mu_{Z2} \&\mu_{Y1} \&\mu_{Q1} \vee \mu_{X2} \&\mu_{Z3} \&\mu_{Y1} \&\mu_{Q1} \vee \mu_{X2} \&\mu_{Z3} \&\mu_{Y2} \&\mu_{Q1} \vee \mu_{X2} \&\mu_{Z3} \&\mu_{Y2} \&\mu_{Q2}$$
.

$$\mu_{W_2}(w) = \mu_{W_1} \vee \mu_{W_2} \vee \mu_{W_3} \vee \mu_{W_5} \vee \mu_{W_6} \vee \mu_{W_7} \vee \mu_{W_{10}} \vee \mu_{W_{13}} \vee \mu_{W_{18}} \vee \mu_{W_{19}} \vee \mu_{W_{25}} \vee \mu_{W_{33}} \vee \mu_{W_{34}} \vee \mu_{W_{35}} \vee \mu_{W_{36}} = \mu_{X1} \&\mu_{Z1} \&\mu_{Y1} \&\mu_{Q1} \vee \mu_{X1} \&\mu_{Z1} \&\mu_{Y1} \&\mu_{Q2} \vee \mu_{X1} \&\mu_{Z1} \&\mu_{Y2} \&\mu_{Q1} \vee \mu_{X1} \&\mu_{Z2} \&\mu_{Y1} \&\mu_{Q1} \vee \mu_{X1} \&\mu_{Z2} \&\mu_{Y1} \&\mu_{Q2} \vee \mu_{X1} \&\mu_{Z2} \&\mu_{Y2} \&\mu_{Q1} \vee \mu_{X1} \&\mu_{Z3} \&\mu_{Y1} \&\mu_{Q2} \vee \mu_{X2} \&\mu_{Z1} \&\mu_{Y1} \&\mu_{Q1} \vee \mu_{X2} \&\mu_{Z2} \&\mu_{Y1} \&\mu_{Q2} \vee \mu_{X2} \&\mu_{Z2} \&\mu_{Y2} \&\mu_{Q1} \vee \mu_{X3} \&\mu_{Z1} \&\mu_{Y1} \&\mu_{Q1} \vee \mu_{X3} \&\mu_{Z3} \&\mu_{Y1} \&\mu_{Q1} \vee \mu_{X3} \&\mu_{Z3} \&\mu_{Y1} \&\mu_{Q2} \vee \mu_{X3} \&\mu_{Z3} \&\mu_{Y2} \&\mu_{Q2}$$

$$\mu_{W_3}(w) = \mu_{W_4} \vee \mu_{W_8} \vee \mu_{W_{14}} \vee \mu_{W_{15}} \vee \mu_{W_{16}} \vee \mu_{W_{20}} \vee \mu_{W_{26}} \vee \mu_{W_{27}} \vee \mu_{W_{28}} \vee \mu_{W_{29}} \vee \mu_{W_{30}} \vee \mu_{W_{31}} \vee \mu_{W_{32}} = \mu_{X1} \&\mu_{Z1} \&\mu_{Y2} \&\mu_{Q2} \vee \mu_{X1} \&\mu_{Z2} \&\mu_{Y2} \&\mu_{Q2} \vee \mu_{X2} \&\mu_{Z1} \&\mu_{Y1} \&\mu_{Q2} \vee \mu_{X2} \&\mu_{Z1} \&\mu_{Y2} \&\mu_{Q1} \vee \mu_{X2} \&\mu_{Z1} \&\mu_{Y2} \&\mu_{Q2} \vee \mu_{X2} \&\mu_{Z2} \&\mu_{Y2} \&\mu_{Q2} \vee \mu_{X3} \&\mu_{Z1} \&\mu_{Y1} \&\mu_{Q2} \vee \mu_{X3} \&\mu_{Z1} \&\mu_{Y2} \&\mu_{Q1} \vee \mu_{X3} \&\mu_{Z1} \&\mu_{Y2} \&\mu_{Q2} \vee \mu_{X3} \&\mu_{Z2} \&\mu_{Y1} \&\mu_{Q1} \vee \mu_{X3} \&\mu_{Z2} \&\mu_{Y1} \&\mu_{Q2} \vee \mu_{X3} \&\mu_{Z2} \&\mu_{Y2} \&\mu_{Q2}$$
.

После подстановки и вычислений получаем:

$$\mu_{W_1}(w) = 0,01; \mu_{W_2}(w) = 0,2; \mu_{W_3}(w) = 0,8$$
.

Определим функции принадлежности $\mu_{W_j}^*$ и $\mu_{V_j}^*$, являющиеся дополнениями μ_{W_j} и μ_{V_j} в соответствии с (4):

$$\mu_{W_1}^*(w) = 1 - \mu_{W_1}(w) = 1 - 0,01 = 0,99$$
,

$$\mu_{W_2}^*(w) = 1 - \mu_{W_2}(w) = 1 - 0,2 = 0,8$$
,

$$\mu_{W_3}^*(w) = 1 - \mu_{W_3}(w) = 1 - 0,8 = 0,2$$
,

$$\mu_{V_1}^*(v) = 1 - \mu_{V_1}(v) = 1 - 0,01 = 0,99$$
,

$$\mu_{V_2}^*(v) = 1 - \mu_{V_2}(v) = 1 - 0,01 = 0,99$$
,

$$\mu_{V_3}^*(v) = 1 - \mu_{V_3}(v) = 1 - 1 = 0$$
.

Задача принятия решений заключается в выборе возможного сочетания регулировочных параметров комбайна, которое обуславливает отклонения показателя качества технологического процесса работы комбайна, при этом степень $\mu_{mp}(v)$ правила *modus ponens* для нечеткой схемы вывода должна принимать наибольшее значение.

Степень истинности μ_{mp} для произвольного $v_j \in V$ имеет вид

$$\mu_{mp}(v_j) = \min \{1, [1 - \mu_{W_1}^*(w) + \mu_{V_1}^*(v_j)], [1 - \mu_{W_2}^*(w) + \mu_{V_2}^*(v_j)], \dots, [1 - \mu_{W_m}^*(w) + \mu_{V_m}^*(v_j)]\}$$
.

Для рассматриваемого примера
$$\mu_{mp}(v_3) = \min \{1, [1 - \mu_{W_1}^*(w) + \mu_{V_1}^*(v_j)], [1 - \mu_{W_2}^*(w) + \mu_{V_2}^*(v_j)], [1 - \mu_{W_3}^*(w) + \mu_{V_3}^*(v_j)]\} = \min \{1, \{[1 - 0,99 + 0,99], [1 - 0,8 + 0,99], [1 - 0,2 + 0]\} = \min \{1 \& 1,19 \& 0,99 \& 0,8\} = 0,8$$
.

Степень истинности высказывания с заключением о среднем дроблении равна

$$\mu_{mp}(v_2) = \min\{1, \{[1-0,99+0,89], [1-0,8+0], [1-0,2+0,82]\}\} = 0,2,$$

а для высказывания о незначительном дроблении

$$\mu_{mp}(v_1) = \min\{1, \{[1-0,99+0], [1-0,8+0,86], [1-0,2+0,99]\}\} = 0,01,$$

$$\mu_{mp}(v_1) = 0,01; \mu_{mp}(v_2) = 0,2; \mu_{mp}(v_3) = 0,8,$$

что подтверждает правильность приведенных рассуждений.

Вывод

Результаты анализа показывают, что при выборе сочетания регулировочных параметров, обеспечивающего заданный уровень показателя качества технологического процесса, на основе индуктивной схемы

вывода необходимо выбрать такой вариант (сочетание параметров) $v \in V$, при котором степень истинности $\mu_{и.с.}(v_j)$ индуктивной схемы имеет наибольшее значение.

Литература

1. Борисова Л.В. Методика моделирования предметной области «технологическая настройка» в нечеткой постановке // Докл. РАСХН. 2005. № 6. С. 62–65.
2. Мелихов А.Н., Бернштейн Л.С., Коровин С.Я. Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой. М., 1990.
3. Борисова Л.В., Димитров В.П., Алуханян В.А. О моделировании нечетких экспертных знаний по технологической регулировке комбайна // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. 2005. № 4. С. 31–34.
4. Бернштейн Л.С., Боженик А.В. Моделирование процесса определения предпочтительных параметров на основе нечеткого логического вывода // Электронное моделирование. 1989. № 3. С. 98–101.

УДК 62.65

АЛГОРИТМ СИНТЕЗА УПРАВЛЕНИЯ ПОДВИЖНЫМ ОБЪЕКТОМ В УСЛОВИЯХ АПРИОРНОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

© 2006 г. И.В. Бурлай, Д.А. Падалко

Введение

Задача синтеза стохастического управления, обеспечивающего максимальную (минимальную) вероятность достижения заданной пространственной области, на сегодня решена только для случая известных границ последней [1, 2]. Однако границы области цели объекта могут изменяться во времени заранее неизвестным образом: при вынужденном движении пунктов сопровождения (ПС) данного объекта, при незапланированной смене траектории ПС, при изменении целевой пространственной области уже в процессе движения объекта и т.д.

Решение этой задачи требует уже иных подходов, среди которых наибольшее распространение получили игровые [3]. Однако сложность реализации игровых алгоритмов в бортовых вычислителях не позволяет обеспечить их практическое использование в многомерных динамических объектах, приводя к необходимости разработки новых методов управления в условиях неопределенности.

В настоящей работе развит новый подход к решению данной задачи на основе применения апостериорных оценок вектора состояния подвижного объекта и вектора состояния ПС.

1. Постановка задачи. Синтез уравнений оценивания. Пусть N -мерный вектор состояния X подвижного объекта описывается стохастическим нелинейным симметризованным уравнением общего вида

$$\dot{X} = f(X, t) + f_0(X, t)U(\hat{X}, \hat{Y}, t) + f_1(X, t)\xi,$$

$$X_0 = X(t_0), \quad (1)$$

где f, f_0, f_1 – известные нелинейные векторная и матричные функции размерности, соответственно, $N, N \times N$ и $N \times L$; ξ – L -мерный белый нормированный гауссовский вектор-шум; $U(\hat{X}, \hat{Y}, t)$ – искомый N -мерный вектор управления, формируемый на основе апостериорных оценок векторов состояния объекта \hat{X} и ПС \hat{Y} и зависящий только от них, а N -мерный вектор состояния ПС Y , соответственно:

$$\dot{Y} = \Phi(Y, t) + \alpha(t)\Phi_0(Y, t)\dot{X} +$$

$$+\beta(t)\Phi_1(Y, t)X + \Phi_2(Y, t)\zeta,$$

$$Y = Y(t_0), \quad (2)$$