

УДК 004.8:631.2

Л.В. БОРИСОВА, Н.М. СЕРБУЛОВА, А.В. АВИЛОВ

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ПО ВЫБОРУ ЗНАЧЕНИЙ РЕГУЛИРУЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ КОМБАЙНА НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКИХ ЗНАНИЙ

Рассматривается решение задачи выбора значений регулируемых параметров рабочих органов зерноуборочного комбайна на основе нечетких экспертных знаний.

Ключевые слова: зерноуборочный комбайн, предварительная настройка, нечеткие знания, лингвистическая переменная, экспертная система.

Введение. При использовании сложной уборочной техники одной из важных задач является технологическая настройка машины в полевых условиях. Эта задача относится к классу неформализованных задач принятия решений, а ее решение 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 со сложностью взаимосвязей между факторами уборки и регулируемыми параметрами. Одним из основных резервов повышения эффективности использования комбайнов является снижение временных затрат на настройку и технологические простои. Поэтому особого внимания заслуживают вопросы разработки систем информационной поддержки интеллектуальной деятельности оператора, помогающие ему при проведении уборочных работ. Одним из перспективных направлений совершенствования методов технологической настройки машин является разработка информационных систем поддержки принятия решений (экспертных систем) [1].

Формализация предметной области. Методика моделирования процесса принятия решений при технологической настройке комбайна основана на использовании аппарата нечетких множеств и содержит этапы: фаззификации, композиции и дефаззификации [2, 3].

На этапе фаззификации необходимо представить условия решения задачи в лингвистической форме.

На этапе 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 этапа дефаззификации заключается в выработке на основе нечеткого логического вывода конкретных рекомендаций по установлению конкретных значений регулируемых параметров машины.

Рассмотрим задачу, когда в зависимости от возможных значений входной ситуации (A_j) экспертом делается 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). Для решения поставленной задачи необходимо решить вопросы моделирования экспертной информации об отношениях рассматриваемых признаков, а также процедурах принятия решений.

В соответствии с логико-лингвистическим подходом [1, 2, 4] нами разработаны 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 анализа рассматривается обобщенная модель предметной области «предварительная настройка жатвенной части» 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 $R\{X_i, T(X_i), U, G, M\} \times \{\beta_v, T_v, V, G_v, M_v\} \forall (x, v) \in X \times V$.

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

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):

$$\mu_1(x, a, b) = \begin{cases} 1, & \text{если } x \leq a \\ \frac{b-x}{b-a}, & \text{если } a < x < b \\ 0, & \text{если } x \geq b \end{cases} \quad (3)$$

$$\mu_1(x, a, b, c) = \begin{cases} 0, & \text{если } x \leq a \\ \frac{x-a}{c-a}, & \text{если } a < x \leq c \\ \frac{c-x}{b-x}, & \text{если } c < x < b \\ 0, & \text{если } x \geq b \end{cases} \quad (4)$$

$$\mu_1(x, a, b) = \begin{cases} 0, & \text{если } x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & \text{если } a < x < b \\ 1, & \text{если } x \geq b \end{cases} \quad (5)$$

Схему решения задачи предварительной настройки рассмотрим на примере выбора значения скорости комбайна. Известно, что на данный параметр существенное влияние оказывают такие факторы внешней среды: урожайность, влажность хлебной массы, соломистость, засоренность [5]. В качестве примера на рис.1 представлена функция принадлежности для выходного параметра – скорость комбайна.

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

<СКОРОСТЬ КОМБАЙНА ДЛЯ ПШЕНИЦЫ – 40, км/ч {Очень низкая, Низкая, Ниже номинальной, Номинальная, Выше номинальной, Высокая, Очень высокая}, [2,5 – 5,5], >

СК = {ОНСК, НСК, ННСК, НомСК, ВНСК, ВСК, ОБСК, км/ч} (см.рис.1).

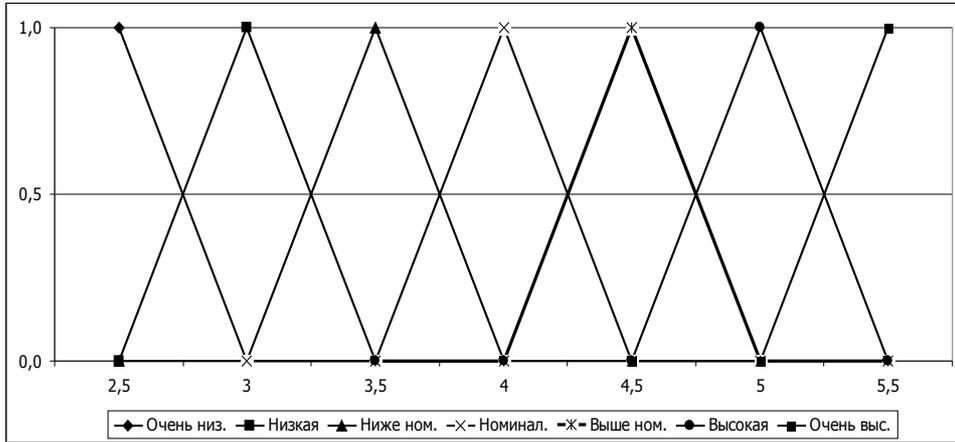


Рис.1. Функция принадлежности термов ЛП «Скорость комбайна для урожайности пшеницы - 40»

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

$$\frac{A' - \text{истинно}}{B' - \text{истинно}} \quad (6)$$

имеет наибольшую степень истинности $\mu_{mp}^{(1)}$ нечеткого правила modus ponens, определяемую выражением

$$\mu_{mp}^{(1)} = \min \left\{ \mu_{A'}(v'), \mu_{B'}(w') \right\} \quad (7)$$

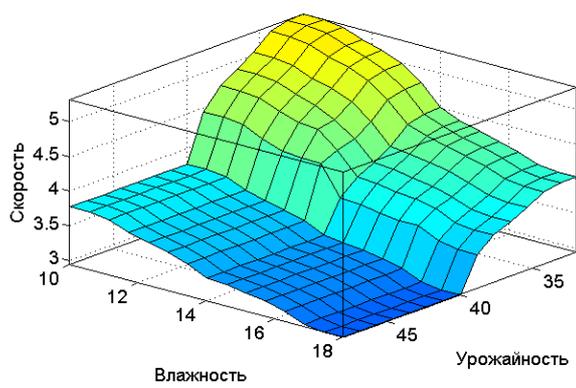
Величина $\mu_{mp}^{(1)}$ является степенью истинности правила modus ponens для нечеткой системы экспертных высказываний. Данное понятие отражает степень соответствия значения v' выходного параметра V значению w' обобщенного входного параметра W при задании экспертной ин-

4. if (Урожайность is Менее_40) and (Соломистость is Высокая) and (Засоренность is Низкая) and (Влажность хлебопоя is Сухой) then (Скорость is Высокая)
 5. if (Урожайность is Менее_40) and (Соломистость is Высокая) and (Засоренность is Низкая) and (Влажность хлебопоя is Нормальный) then (Скорость is Выше номинальной)

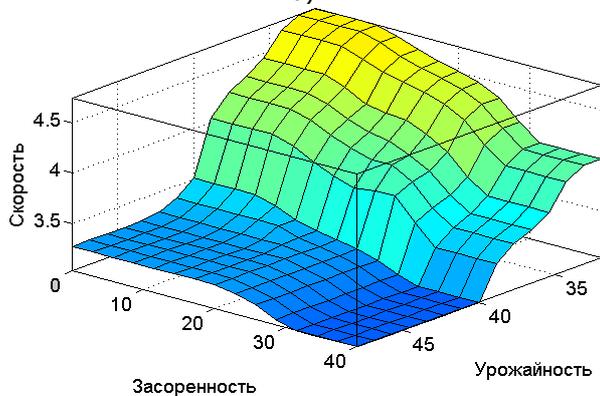
...

36. if (Урожайность is Более_40) and (Соломистость is Высокая) and (Засоренность is Высокая) and (Влажность хлебопоя is Влажный) then (Скорость is Очень низкая)

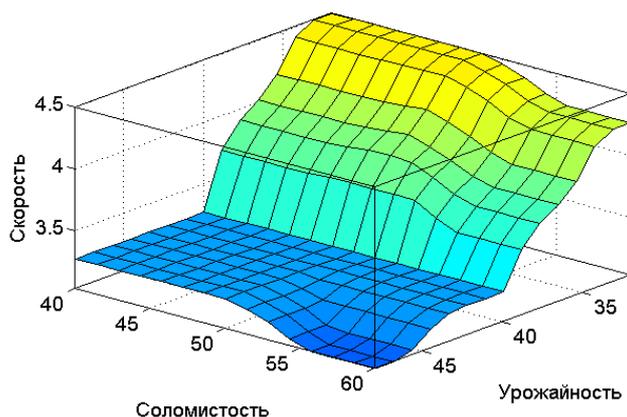
Результаты моделирования. Для иллюстрации системы нечеткого логического вывода нами использовалась среда MatLab, в частности пакет прикладных программ Fuzzy Logic Toolbox. На рис.2 показаны поверхности «входы-выход» зависимостей, соответствующие синтезированной нечеткой системе продукционных правил. Из рисунка видно, что система нечетких экспертных высказываний адекватно описывает отношения регулируемый параметр – входные факторы.



а)



б)



в)

Рис.2. Поверхности отклика:

- а – взаимосвязь скорость-влажность-урожайность;
- б – взаимосвязь скорость-засоренность-урожайность;
- в – взаимосвязь скорость-соломистость-урожайность

Заключение. На основе рассмотренной модели созданы база знаний и механизм вывода решений экспертной системы, которые применяются в производственных условиях. Практической реализацией разработанных алгоритмов является создание программных средств для автоматизированного решения задачи, на которые получены свидетельства о государственной регистрации (№ 2006613274, № 2007610651, №2009614549). Использование экспертной системы при проведении технологической настройки в полевых условиях позволило за счет сокращения затрат времени на технологические простои увеличить коэффициент использования эксплуатационного времени на 6 – 8 % по сравнению с базовым.

Библиографический список

1. Димитров В.П. Теоретические и прикладные аспекты разработки экспертных систем для технического обслуживания машин / В.П. Димитров, Л.В. Борисова. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2007. – 202 с.
2. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / А.Н. Аверкин, И.З. Батыршин, А.Ф. Блишун, В.Б. Силов, В.Б. Тарасов; под ред. Д.А. Поспелова. – М.: Наука, 1986. – 312 с.
3. Борисова Л.В. Методика моделирования предметной области «технологическая настройка» в нечеткой постановке/ Л.В. Борисова // Доклады РАСХН. – 2005. – №6. – С. 62-65.
4. Прикладные нечеткие системы / К. Асаи, Д. Ватада, С. Сугэно; пер. с япон. – М.: Мир, 1993. – 368 с.
5. Пугачев А.Н. Советы комбайнеру / А.Н. Пугачев. – М.: Колос, 1984. – 224 с.

6. Искусственный интеллект и интеллектуальные системы управления / И.М. Макаров, В.М. Лохин, С.В. Манько, М.П. Романов. – М.: Наука, 2006. – 333 с.

Материал поступил в редакцию 26. 08.09.

L.V. BORISOVA, N.M . SERBULOVA, A.V. AVILOV

**SOME ASPECTS OF COMBINE HARVESTER'S TECHNOLOGICAL
ADJUSTMENT TASK'S SOLVING IS CARRYING OUT
ON THE BASIS OF FUZZY LOGIC CONCLUSION**

One of the combine harvester's working organs technological adjustment task solving on the base of fuzzy logic is considered.

БОРИСОВА Людмила Викторовна, заведующая кафедрой «Экономика и менеджмент машиностроения» Ростовской государственной академии сельхозмашиностроения, доктор технических наук (2008), профессор. Окончила РГАСХМ (1991).

Сфера научных интересов: системы информационного обеспечения жизненного цикла продукции (экспертные системы), менеджмент качества. Имеет 177 научных публикаций (в том числе 10 учебных пособий и монографий).

СЕРБУЛОВА Наталья Михайловна, инженер, окончила РГАСХМ (2007).

Сфера научных интересов: системы информационного обеспечения жизненного цикла продукции, менеджмент качества.

Имеет 10 научных публикаций.

АВИЛОВ Алексей Васильевич (р. 1982), ст. преподаватель кафедры «Приборостроение», кандидат технических наук (2008). Окончил ДГТУ (2004).

Сфера научных интересов: оптимизация технологических процессов, компьютерное моделирование.

Имеет 17 публикаций.

borisovalv09@mail.ru

zabava204@mail.ru

av100982@rambler.ru

