

А.В. Боженюк, А.В. Чкан

СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ И ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОГО ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА

Введение. Теория нечетких множеств и основанная на ней логика позволяют описывать неточные категории, представления и знания, оперировать ими и делать соответствующие заключения и выводы. Наличие таких возможностей для формирования моделей различных объектов, процессов и явлений на качественном, понятийном уровне определяет интерес к организации интеллектуального управления сложными объектами на основе применения методов нечеткой логики [1,2].

Очевидно, что использование естественного языка со всем набором имеющихся в нем средств для выражения человеческих способов рассуждений и принятия решений с помощью качественных представлений, понятий и оценок типа «мало», «много», «около 20», «довольно близко» и т.д. позволяет всесторонне и компактно описывать общую смысловую постановку задач управления и принятия решения (ПР), возникающих в различных прикладных областях. Логико-лингвистические модели, полученные в результате интерпретации этих описаний в терминах теории нечетких множеств, служат конструктивной основой для разработки алгоритмов и систем интеллектуального управления сложными динамическими объектами, действующими в условиях неполной информации и неопределенности [3,4].

Описание программной системы. Целью разработки программной системы (ПС) явилось создание программного продукта, позволяющего: а) в условиях неопределенности и неполноты описывать процессы ПР в виде нечетких продукционных систем высказываний, задаваемых экспертом в терминах нечетких и лингвистических переменных; б) по заданным значениям входных параметров и введенной ранее экспертной информации вычислять значения выходного параметра (параметров) процесса управления (ПР).

Можно выделить два основных функциональных режима работы ПС: обучение системы и собственно работа системы (моделирование процесса ПР). На первом этапе происходит ввод информации от эксперта о процессе ПР в типовых, эталонных ситуациях, и на ее основе – формирование эталонных нечетких высказываний и определение семантики используемых нечетких переменных. На втором этапе – для вводимых значений входных параметров процесса ПР определяется значение (множества значений выходного параметра процесса ПР).

Исходя из функционального назначения и использования вычислительных средств, можно выделить следующие части ПС:

- информационная база ПС, представляющая собой набор данных, содержащий информацию о процессе ПР, вводимую экспертом на этапе обучения;
- диалоговый интерфейс;
- пакет программ определения значений параметров ПР на основе реализуемых алгоритмов.

Взаимосвязь между частями ПС показана на рис.1.

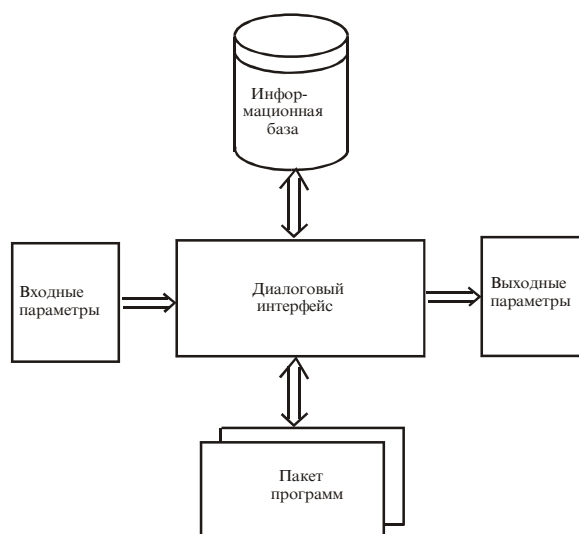


Рис.1

Знания в ПС о решениях представляются в виде продукционных нечетких систем высказываний, определяющих взаимосвязь между нечеткими входными и выходными параметрами процесса ПР в терминах нечетких переменных.

Пусть процесс ПР характеризуется выбором некоторого значения параметра V , на которое влияют значения параметров X, Y, \dots, Z . Введя лингвистические переменные $\beta_V, \beta_X, \beta_Y, \dots, \beta_Z$ с множеством базовых значений соответственно $T_V, T_X, T_Y, \dots, T_Z$, экспертную информацию о выборе решения представим в виде системы нечетких высказываний \tilde{L} :

$$\tilde{L} = \begin{cases} \tilde{L}_1 :< \text{IF}(\beta_X \text{ IS } \alpha_{X_1}) \& (\beta_Y \text{ IS } \alpha_{Y_1}) \& \dots \& (\beta_Z \text{ IS } \alpha_{Z_1}) \text{ THEN } (\beta_V \text{ IS } \alpha_{V_{1i}}) >; \\ \tilde{L}_2 :< \text{IF}(\beta_X \text{ IS } \alpha_{X_1}) \& (\beta_Y \text{ IS } \alpha_{Y_1}) \& \dots \& (\beta_Z \text{ IS } \alpha_{Z_2}) \text{ THEN } (\beta_V \text{ IS } \alpha_{V_{2j}}) >; \\ \dots \\ \tilde{L}_M :< \text{IF}(\beta_X \text{ IS } \alpha_{X_M}) \& (\beta_Y \text{ IS } \alpha_{Y_M}) \& \dots \& (\beta_Z \text{ IS } \alpha_{Z_M}) \text{ THEN } (\beta_V \text{ IS } \alpha_{V_{Nk}}) >. \end{cases}$$

Здесь $\alpha_{X_i} \in T_X, \alpha_{Y_i} \in T_Y, \dots, \alpha_{Z_i} \in T_Z$ и $\alpha_{V_{ji}} \in T_V$.

Для формализации экспертной информации при определении семантики (функций принадлежности) используемых нечетких переменных в системе используется процедура построения функций принадлежности методом парных сравнений. Процедура построения функции принадлежности $\mu(x)$ данным методом основана на количественном парном сравнении экспертом значений принадлежности [5]. Результатом опроса эксперта является матрица $M_T = \|\mu_{ij}\|$ размерностью $n \times n$, где n - число точек, в которых сравниваются значения функции принадлежности. Число μ_{ij} показывает, во сколько раз, по мнению эксперта, величина $\mu(x_i)$ больше значения $\mu(x_j)$. Количество вопросов к эксперту оп-

ределяется выражением $(n^2 - n)/2$. Величины m_{ij} интерпретируются в соответствии с таблицей 1:

Таблица 1

Значение	Смысл
1	значение $\mu(x_i)$ примерно равно $\mu(x_j)$
3	значение $\mu(x_i)$ немного больше $\mu(x_j)$
5	значение $\mu(x_i)$ больше $\mu(x_j)$
7	значение $\mu(x_i)$ заметно больше $\mu(x_j)$
9	значение $\mu(x_i)$ намного больше $\mu(x_j)$
2,4,6,8	значения промежуточные по степени между перечисленными

Значения функции принадлежности $\mu(x)$ в точках x_1, x_2, \dots, x_n определяются на основе решения задачи

$$M_T \cdot \Phi^T = \gamma_{\max} \Phi, \quad (1)$$

где $\Phi = (\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_n)$ - вектор длиной n ; γ_{\max} - максимальное собственное число матрицы M_T . Поскольку матрица M_T является положительной по построению, решение уравнения (1) существует и является положительным. Окончательно получаем:

$$\mu(x_i) = \Phi_i / \sum_{i=1, n} \Phi_i.$$

Для использования и хранения в ПС нечетких переменных, функции принадлежности представляются в виде стандартных треугольных или π -функций: $\mu(x) = \Delta(x, t, x^1)$ или $\mu(x) = \pi(x, t, x^1)$ и хранятся в виде параметров t и x^1 [5]. Переход к представлению функций принадлежности в виде треугольных или π -функций осуществляется алгоритмом, который по сформированной матрице парных сравнений M_T определяет значения параметра t и x^1 (при котором значение функции принадлежности равно 1). Здесь реализуется итерационный подход к нахождению значения параметра t , основанного на методе золотого сечения. В качестве целевой функции используется величина:

$$F(t) = \sum_{i=1, n} |\pi(x_i, t, x^1) - \mu(x_i)| / n.$$

Процесс итерации продолжается до тех пор, пока вычисленные предыдущие и текущие значения параметра не будут отличаться на величину 0,05 от величины носителя нечеткого множества, определяемого функцией $\mu(x)$.

В ПС реализован нечеткий дедуктивный вывод [6], который при заданных входных параметрах X, Y, \dots, Z выбирает такое подмножество V_0 значений выходного параметра V , для элементов которого степень истинности правила *modus ponens* для нечеткой схемы вывода

$$\tilde{L};$$

$$\frac{A - \text{true}}{B - \text{true}};$$

принимает свое наибольшее значение.

Здесь \tilde{L} - система нечетких экспертных высказываний. A - высказывание типа $\langle (\beta_X IS_x) \& (\beta_Y IS_y) \& \dots \& (\beta_Z IS_z) \rangle$. Величины x, y, \dots, z - конкретные значения входных параметров X, Y, \dots, Z . B - высказывание типа $\langle \beta_X IS_v \rangle$, величина v - значение из подмножества V_0 .

Степень истинности правила *modus ponens* для указанной схемы вывода определяется выражением

$$\mu_{m.p.}(v) = \bigwedge_{i=1,n} [1 \& (1 - \mu_{X_i}(x) \& \mu_{Y_i}(y) \& \dots \& \mu_{Z_i}(z) + \mu_{V_i}(v))],$$

где n - число высказываний в системе \tilde{L} .

Входными данными системы на этапе ее обучения являются:

- набор лингвистических переменных β_i , описывающих решаемую задачу с указанием названия, единицы измерения (если таковая существует) и интервала допустимых значений;
- набор термов для каждой лингвистической переменной T_j с указанием интервала допустимых значений;
- координаты точек $(x, \mu_k(x))$, необходимые для построения функций принадлежности термов заданных лингвистических переменных, где x - значение лингвистической переменной, $\mu_k(x)$ - значение функции принадлежности k -го терма заданной лингвистической переменной;
- эталонный набор нечетких высказываний, представляющий собой рассмотренные выше продукционные правила вывода;

Входными данными системы на этапе работы являются конкретные значения входных параметров X, Y, \dots, Z .

Выходными данными системы являются конкретные значения выходного параметра X .

Основными функциями системы являются:

1. Функции, отвечающие за ввод данных на этапе обучения системы:
 - а) функции добавления, редактирования и удаления значений лингвистических переменных, их термов и графиков функций принадлежности лингвистических переменных;
 - б) функции отображения вводимой информации (таблиц с введенными значениями и графиков функций принадлежности заданных лингвистических переменных);
 - в) функция задания структуры продукционных правил (установление ее левой и правой части);
 - г) функции добавления, редактирования и удаления продукционных правил.
2. Функции, отвечающие за ввод данных на этапе работы системы:
 - а) функции ввода и редактирования параметров текущей ситуации;
 - б) функции отображения вводимой информации (таблицы введенных значений).

3. Функции расчета, представляющие собой запрограммированный алгоритм решения поставленной задачи.

4. Функции представления полученных результатов.

Для нормальной работы программной системы необходимы компьютер на базе процессора Pentium 100 МГц и выше, операционная система Windows 95 и выше, 16 Мб оперативной памяти, SVGA монитор, поддерживающий разрешение 640x480 и мышь. Данная программная система реализована на языке высокого уровня Borland C++ Builder 4.0. для Windows.

Заключение. В работе рассмотрены принципы построения и функционирования программной системы, реализующей нечеткий логический вывод. Данная программная система может быть весьма полезной для автоматизации процессов принятия решений с нечеткими или неопределенными описаниями.

1. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. М.: Мир, 1976. 165с.
2. Тэрано Т., Асаи К., Сугэно М. Прикладные нечеткие системы. М.: Мир, 1993. 368с.
3. Поспелов Д.А. Логико-лингвистические модели в системах управления. М.: Энергоиздат, 1981. 231с.
4. Мелихов А.Н., Берштейн Л.С., Коровин С.Я. Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой. М.: Наука. 1990. 272с.
5. Борисов А.Н., Алексеев А.В., Крумберг О.А. и др. Модели принятия решений на основе лингвистической переменной. Рига: Зинатне, 1982. 256с.
6. Берштейн Л.С., Божениук А.В. Нечеткие модели принятия решений: дедукция, индукция, аналогия. Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2001. 110с.

А.И. Долгов, И.А. Бабушкин

РЕЙТИНГОВОЕ МАСШТАБИРУЕМОЕ НОРМИРОВАНИЕ

Рейтинговое нормирование применяется при рейтинговом оценивании и заключается в приведении всех учитываемых показателей к единой шкале отсчета. Под рейтинговым нормированием понимается обобщение общеизвестной процедуры нормирования. Частным случаем рейтингового нормирования оказывается традиционное нормирование.

Рейтинговое нормирование позволяет абстрагироваться от сравнительной оценки конкретных значений показателей и перейти к сопоставлению важностей самих показателей, что позволяет существенно упростить решение задачи экспертного определения весовых коэффициентов и восприятие методики рейтингового оценивания пользователями.

Рейтинговое (d, M) -нормирование сводится к получению для ненормализованного значения x (будем полагать, что $x \geq 0$) рассматриваемого показателя соответствующего ему нормализованного значения $y = F_d(x)$, удовлетворяющего соотношению $d \leq y \leq M$, где d соответствует наименьшему, а M – наибольшему значению x , при этом функция $F(x)$ является монотонной и неубывающей.

Традиционному нормированию соответствует рейтинговое $(0, 1)$ -нормирование, когда для ненормированного значения x получается нормированное значение $0 \leq y \leq 1$.

Если рейтинговое $(d, 1)$ -нормирование описывается функцией $f_{d1}(x)$, то переход к рейтинговому (d, M) -нормированию осуществим путём масштабирования: