

## О ПОСТРОЕНИИ НЕЧЁТКОЙ СИТУАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

*Н.М.Кораблев, канд. техн. наук, доц.; Альзин Фирас  
Харьковский национальный университет радиоэлектроники*

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время принятие решений и управление объектами осуществляется, как правило, в условиях априорной неопределенности. Неопределенность в процессы принятия решений и управления вносят также погрешности и неполнота измерительной информации, шумы, дрейф параметров оборудования и др. В этих условиях важное значение приобретает информация качественного характера в виде интуитивных знаний и опыта экспертов. Использование качественной информации позволяет в модели управления учесть сложные внутренние взаимосвязи исследуемого объекта. Таким образом, в задачах принятия решений и управления имеет место новый вид неопределенности, требующий формализации, - нечёткая информация.

Актуальность задачи повышения эффективности управления объектами в условиях неопределенности обусловила необходимость разработки соответствующего регулярного аппарата. Современные методы обработки информации используют новые математические аппараты, дающие возможность учитывать неточность определения исходной информации, в том числе и неопределенность, моделировать процессы современного мира (физические, социально-экономические и т.д.), которые традиционными, классическими методами не поддаются формализации. Решение задач принятия решений и управления в нечёткой среде требует создания новейших средств обработки нечеткой информации.

Одной из важнейших проблем, от решения которой в конечном счёте зависит эффективность управления современными объектами, является построение эффективной математической модели. В условиях неопределенности построение адекватных математических моделей является особенно важным. В данной статье рассматривается процедура использования нечеткой исходной информации для построения нечеткой ситуационной модели объекта.

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЧЕТКОЙ ИСХОДНОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ СИТУАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ОБЪЕКТА

Нечеткость информации обусловлена наличием в описании задач понятий и отношений с нестрогими границами, а также высказываний с многозначной шкалой истинности. Объект управления может относиться к классу, описанному данным понятием, отношением или высказыванием, или не относиться, но возможны и промежуточные градации принадлежности, определяемые высказываниями типа: «почти», «слабо», «очень» и т.д. Обобщение классического понятия множества для корректного и полного описания в нечётких условиях, в том числе и процессов принятия решений и управления, привело к понятию нечеткого множества [1,2]. В силу целого ряда ограничений для извлечения информации об объекте используются знания экспертов, которые выражаются в нечеткой словесной форме. Использование нечетких словесных понятий, которыми оперирует эксперт, позволяет ввести в рассмотрение качественное описание и учесть неопределенность задач принятия решений и управления, достигнуть полного описания факторов, имеющих отношение к данной задаче и не поддающихся точному количественному описанию.

Пусть состояние объекта характеризуется  $p$ -мерным вектором параметров  $Y$ . Каждая из компонент  $y_i$  вектора  $Y$ , идентифицируемых именем (определяющим некоторое понятие рассматриваемой области), отображается на отрезок числовой оси  $U^i$  ( $i = \overline{1, p}$ ). Конкретное значение  $u_j^i$  параметра  $y_i$  может характеризоваться экспертом как “плохое”, “нормальное” или “хорошее”. Степень лингвистической характеристики параметра может включать более тонкие с точки зрения эксперта понятия. Таким образом, имеется некоторое множество лингвистических понятий, характеризующих параметр  $y_i$ , то есть лингвистических значений этого параметра. Обозначим это множество  $\{T^i\}$ ,  $i = \overline{1, p}$ ; тогда каждое  $T^i$  будет отображаться на некоторое подмножество отрезка  $U^i$ .

В первом приближении будем считать все  $y_i$  независимыми. Это означает, что вариация параметра  $y_i$  не влечёт за собой изменения ( $p-1$ ) других параметров или, по крайней мере, некоторого их числа. Однако при выработке решения об изменении численных значений параметра  $y_i$  может потребоваться изменение других параметров для приведения состояния объекта в заданное.

Отношение между множеством  $T^i$  и его отображением на числовую ось можно оценить количественно на отрезке  $[0,1]$ , и эта оценка характеризует степень истинности принадлежности подмножества  $U^i$  элементу  $T_k^i$  множества  $T^i$ . В качестве такой субъективной меры принимают функцию принадлежности

$$\mu_T : U \rightarrow [0, 1].$$

Пусть  $m_i$  – число лингвистических значений признака  $y_i$ ,  $i = \overline{1, p}$ . Тогда количество всевозможных состояний объекта будет определяться значением  $m_1 * m_2 * \dots * m_p$ . Будем называть конкретный текущий набор значений признаков ситуацией  $\tilde{S}_j$ . Теперь дадим формальное определение нечеткой ситуации. Для этого необходимо вначале дать определения лингвистической и нечеткой переменных.

Пусть множество  $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$  – множество признаков, характеризующих состояние объекта. Тогда лингвистическая переменная есть кортеж

$$\langle y_i, T^i, U^i \rangle, \quad (1)$$

где  $y_i$  – имя лингвистической переменной;  $T^i$  – базовое терм-множество значений, представляющих наименования нечетких переменных, областью определения которых является базовое множество  $U^i$  признака  $y_i$ .

В качестве примера объекта принятия решений будем рассматривать процедуру лечения зубов с помощью электрофореза, в которой входными лингвистическими переменными будут:  $y_1$  – “величина тока”;  $y_2$  – “длительность процедуры”,  $y_3$  – “периодичность процедур”;  $y_4$  – “количество процедур”;  $y_5$  – “концентрация препарата”, а выходной лингвистической переменной  $S$  – “воспаление поврежденного участка”, проявлением которого являются “покраснения”, “увеличение объема” и “боль”.

В нашем примере возьмем:  $y_1$  – “величина тока” – наименование лингвистической переменной, для которой  $T^1 = \{\text{“малый”, “средний”, “норма”, “большой”, “очень большой”}\}$  – базовое терм-множество значений,  $U^1 = \{0; 0.1; 0.2; 0.3; 0.4; 0.5; 0.6; 0.7; 0.8; 0.9; 1\}$  – базовое множество, соответствующие заданию интервала от 0 до 1 мА с дискретностью 0.1 мА.

Нечеткая переменная определяется кортежем

$$\langle T_j^i, U, \tilde{C}_j^i \rangle, \quad (2)$$

где  $T_j^i$  – наименование нечеткой переменной;  $U = \{u\}$  – область её определения;  $\tilde{C}_j^i = \bigcup_{u \in U} \mu_{\tilde{C}_j^i} / u = \bigcup_{u \in U} \mu_u / u$  –

нечеткое множество на  $U$ , описывающее ограничение на возможное значение нечеткой переменной  $T_j^i$ . Здесь  $\mu_u : U \rightarrow [0, 1]$  – отображение множества  $U$  на единичный отрезок  $[0, 1]$ , который называется степенью принадлежности и представляет субъективную меру того, насколько элемент  $u \in U$  соответствует понятию, смысл которого формализуется множеством  $T$ .

В нашем примере значение лингвистической переменной  $y_1$  – “величина тока” из терм-множества  $T^1 = \{\text{“малый”, “средний”, “норма”, “большой”, “очень большой”}\}$  описывается нечеткими переменными с соответствующими названиями и ограничениями на возможные значения. Пусть  $T_j^1$  – “большой” – наименование нечеткой переменной;  $U = \{0; 0.1; 0.2; 0.3; 0.4; 0.5; 0.6; 0.7; 0.8; 0.9; 1.0\}$  – область определения; нечеткое множество  $\tilde{C}_j^1 = \{\langle 0.01/0.1 \rangle; \langle 0.03/0.2 \rangle; \langle 0.05/0.3 \rangle; \langle 0.1/0.4 \rangle; \langle 0.4/0.5 \rangle; \langle 0.65/0.6 \rangle; \langle 0.85/0.7 \rangle; \langle 1/0.8 \rangle; \langle 0.9/0.9 \rangle; \langle 0.8/1 \rangle\}$ .

Если  $T^i = \{T_1^i, T_2^i, \dots, T_m^i\}$  и область значений есть упорядоченная последовательность  $u_0 < u_1 < u_2 < \dots < u_T$ , то областью определения каждой из нечетких переменных будут перекрывающиеся интервалы  $(u_j, u_{j+1})$ , а пару  $(u_0, u_T)$  будем называть границей.

Нечеткая ситуация  $\tilde{S}$  – это нечеткое множество второго уровня [3,4]:

$$\tilde{S}_n = \bigcup_{y_i \in Y} \mu_{\tilde{S}}(y_i) / y_i, \quad n = \overline{1, N}, \quad N = m_1 * m_2 * \dots * m_p, \quad (3)$$

$$\mu_{\tilde{S}}(y_i) = \bigcup_{T_j^i \in T^i} \mu_{\tilde{S}}(y_i)(T_j^i) / T_j^i, \quad i = \overline{1, p}, \quad j = \overline{1, m}. \quad (4)$$

которое представляет собой нечеткую ситуационную модель объекта принятия решений и управления.

В рассматриваемом примере некоторая нечеткая ситуация  $\tilde{S}_j$ , характеризующая нечеткое состояние объекта принятия решений, имеет следующий вид:

$$\tilde{S}_j = \{\langle \mu_{\tilde{S}_j}(y_1) / y_1 \rangle, \langle \mu_{\tilde{S}_j}(y_2) / y_2 \rangle, \langle \mu_{\tilde{S}_j}(y_3) / y_3 \rangle, \langle \mu_{\tilde{S}_j}(y_4) / y_4 \rangle, \langle \mu_{\tilde{S}_j}(y_5) / y_5 \rangle\}, \quad (5)$$

где  $\langle \mu_{\tilde{S}}(y_1) / y_1 \rangle = \{ \langle 0.05 / \text{“малый”} \rangle, \langle 0.5 / \text{“средний”} \rangle, \langle 1 / \text{“норма”} \rangle, \langle 0.1 / \text{“большой”} \rangle, \langle 0.05 / \text{“очень большой”} \rangle \}$ ;  $\langle \mu_{\tilde{S}}(y_2) / y_2 \rangle = \{ \langle 0.1 / \text{“короткая”} \rangle, \langle 1 / \text{“средняя”} \rangle, \langle 0.3 / \text{“длительная”} \rangle \}$ ;  $\langle \mu_{\tilde{S}}(y_3) / y_3 \rangle = \{ \langle 0.3 / \text{“малая”} \rangle, \langle 1 / \text{“средняя”} \rangle, \langle 0.1 / \text{“большая”} \rangle \}$ ;  $\langle \mu_{\tilde{S}}(y_4) / y_4 \rangle = \{ \langle 0.05 / \text{“малое”} \rangle, \langle 1 / \text{“среднее”} \rangle, \langle 0.4 / \text{“большое”} \rangle \}$ ;  $\langle \mu_{\tilde{S}}(y_5) / y_5 \rangle = \{ \langle 0.05 / \text{“очень малая”} \rangle, \langle 0.05 / \text{“малая”} \rangle, \langle 0.1 / \text{“средняя”} \rangle, \langle 0.5 / \text{“большая”} \rangle, \langle 1 / \text{“очень большая”} \rangle \}$ .

Таким образом, множество входных параметров  $\{ Y \}$  отображается в множество  $\{ \tilde{S} \}$ . Мощность множества  $\{ \tilde{S} \}$  достаточно велика и зависит, прежде всего, от числа наблюдаемых параметров. Однако возможность редуцирования  $\tilde{S}$  определяется экспертными оценками реализуемости некоторого числа ситуаций.

Полученная текущая ситуационная модель (5) может оказаться «далекой» от требуемой целевой ситуации в смысле некоторого критерия. Для перевода объекта из текущей ситуации в некоторую целевую ситуацию необходимо выбрать критерии близости ситуаций, на основе которых система принятия решений и управления должна выработать соответствующие управляющие решения.

Имея нечеткую модель объекта, следует строить и нечеткую модель управления. Идея нечеткого управления состоит в реализации нечеткого алгоритма с использованием нечеткой логики. Особенность нечеткого управления (или выработки некоторого решения для формирования управляющего воздействия) заключается в том, что правила нечеткого управления, будучи имплицативными, являются логическими. Использование правил осуществляется через механизм логических выводов. Логическое управление означает, что логику управления эксперта легко представить, а разнообразным предпосылкам поставить в соответствие некоторое действие.

Построение алгоритмов принятия решений и управления основывается на выполнении правил, в которых выполнение, например, обобщенного правила *modus ponens* [5] невозможно при некоторых посылках. Если считать посылкой некоторую текущую ситуацию  $\tilde{S}_i$ , из которой в соответствии с решающим правилом должен быть осуществлён переход в ситуацию  $\tilde{S}_j$ , возможно, через последовательность других ситуаций, то, с одной стороны, редуцируются некоторые ситуации как эквивалентные, а с другой - исключаются все транзитивные замыкания переходов  $\tilde{S}_i \rightarrow \tilde{S}_j$ . Исходя из сказанного, можно считать, что полное множество  $S$  не является нечетким, представляет объединение  $\tilde{S}U\tilde{S}^*$ , где  $\tilde{S}^*$  - дополнение множества  $\tilde{S}$ . Прообраз любого нечеткого множества является четким множеством. Любая конкретизация нечеткого множества является четким множеством.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенная процедура использования нечеткой исходной информации для построения ситуационной модели объекта управления может быть реализована аппаратно и найти свое применение в автоматизированных системах управления сложными процессами, создание точных математических моделей которых затруднительно, а также в научных исследованиях при разработке специализированных вычислительных средств обработки нечеткой информации для систем управления процессами в различных областях деятельности человека и различных отраслях промышленности.

## SUMMARY

*In this paper we viewed the procedure of using source fuzzy information for constructing the fuzzy state model of control gain by using the formal defining of linguistic variable (value), fuzzy variable and fuzzy state in the field of teeth-medical treatment by electrophoresis.*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дюбуа Д., Прад А. Теория возможностей. – М.: Радио и связь, 1990. – 286 с.
2. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976. – 168 с.
3. Мелихов А.Н., Берштейн Л.С., Коровин С.Я. Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой. – М.: Наука, 1990. – 272 с.
4. Поспелов Д.А. Ситуационное управление: теория и практика. – М.: Наука, 1986. – 288 с.
5. Thole U., Zimmermann H.J., Zysno P. On the suitability of minimums and products operators for intersection of fuzzy sets // Fuzzy Sets and Systems, v.2, 1979 – p.167-180.

*Поступила в редакцию 15 марта 2004г.*