

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЧЕТКИХ ОТНОШЕНИЙ ДЛЯ ФОРМАЛИЗАЦИИ ЗНАНИЙ

В.А. Маренко

The description of knowledge representation is given in terms of fuzzy sets.

Нечеткое отношение – некоторый критерий, по которому можно отличать одни упорядоченные пары элементов множества от других. Если перечень всех упорядоченных пар задан, то о каждой паре можно сказать, находится она в рассматриваемом отношении или нет. Рассмотрим два подмножества  $P_1$  и  $P_2$ , из множества  $P$  ключевых слов; пусть элементами первого подмножества являются ключевые слова  $p_i$ , второго –  $p_j$ . Множество упорядоченных пар  $(p_i, p_j)$  определяет прямое произведение  $P_1 \times P_2$ . Нечетким подмножеством  $\underline{U}$  будет такое подмножество, что

$$\forall (p_i, p_j) \in P_1 \times P_2 : \mu_{\underline{U}(p_i, p_j)} \in M,$$

где  $M$  – множество значений функции принадлежности из интервала  $[0, 1]$ . Каждый элемент множества  $M$  –  $\mu_{\underline{U}(p_i, p_j)}$  есть значение упорядоченной пары  $(p_i, p_j)$ , предложенное экспертом [1].

Подмножество ключевых слов в одном документе информационно-консультационной системы «Электромагнитная совместимость» (КС ЭМС) [2]: динамический диапазон, блокирование, помеха взаимная, а в другом – обстановка электромагнитная, интермодуляция. Сформируем  $\underline{U}$ . Это нечеткое отношение можно рассматривать как понимание экспертом «сходства» в решаемой задаче. Для каждой пары ключевых слов значения функции принадлежности – субъективная оценка экспертом степени сходства каждого элемента из этой пары. Их функции принадлежности, установленные экспертом, следующие:

$$\underline{U} = \{((p_{11})|0, 5), ((p_{12})|0, 5), ((p_{21})|0, 4), ((p_{22})|1), ((p_{31})|1), ((p_{32})|0, 5)\}.$$

Из этого нечеткого подмножества можно получить обычное подмножество путем упорядочения пар элементов в интервале  $\{0, 1\}$ :

$$U = \{((p_{11})|1), ((p_{12})|1), ((p_{21})|1), ((p_{32})|1)\}.$$

Пары  $p_{22}$ , и  $p_{31}$  не принадлежат полученному обычному подмножеству (их функции принадлежности равны нулю). Эксперт также указал на непринадлежность

этих пар ключевых слов (помеха взаимная, обстановка электромагнитная; блокирование, интермодуляция)  $U$ , мотивируя тем, что они находятся «как бы на другом уровне» по сравнению с остальными парами, то есть принадлежат другому подмножеству ключевых слов. Приведенное нечеткое отношение используется в КС ЭМС при формировании модели пользователя, его можно назвать одношаговым отношением в том смысле, что оно описывает результаты лишь попарного сравнения ключевых слов друг с другом.

Пусть  $\mu_1(p_i, p_j)$  – функция принадлежности нечеткого бинарного отношения «сходство» на заданном наборе ключевых слов. Для каждой пары ключевых слов  $p_i, p_j$  значение  $\mu_1(p_i, p_j)$  есть субъективная оценка человеком степени их сходства  $p_i, p_j$ . Это нечеткое отношение можно рассматривать как «экспериментальные данные», отражающие понимание человеком «сходства» в данной задаче. Следующим этапом использования этих «данных» становится этап классификации всех ключевых слов. Для  $\mu_1(p_i, p_j)$  вводится  $n$ -шаговое отношение [3]

$$\mu_n(p_i, p_j) = \sup_{p_1, \dots, p_{n-1} \in P_i} \min[\mu_1(p_i, p_1), \dots, \mu_1(p_{n-1}, p_j)].$$

Для любых  $p_i, p_j \in P_i$  выполняется цепочка неравенств

$$0 \leq \mu_1(p_i, p_j) \leq \mu_2(p_i, p_j) \leq \dots \leq \mu_n(p_i, p_j),$$

из которой следует, что для любых  $p_i, p_j \in P_i$  последовательность  $\{\mu_k(p_i, p_j)\}$  имеет предел при  $k \rightarrow \infty$ . Таким образом, существует предельное отношение сходства, определяемое равенством

$$\mu(p_i, p_j) = \lim_{k \rightarrow \infty} \mu_k(p_i, p_j) \forall p_i, p_j \in P_i.$$

Это предельное отношение является конечным продуктом обработки результатов нечетких измерений  $\mu_1(p_i, p_j)$  и используется для классификации ключевых слов.

Отношение предпочтения возникает в результате формализации условий выбора. Это отношение используются в КС ЭМС в связи с выдачей необходимых документов по запросу пользователя. Проблема решается с помощью применения эталонного подхода к выбору наилучшей альтернативы. Эталоны назначаются извне пользователем КС ЭМС. Если необходимо выдать документ с определенным набором ключевых слов, то этот документ принимается за эталон, и поиск осуществляется по определенной схеме. Обозначим множества эталонов –  $Y$ , эталонное отношение –  $S$ , экспертные оценки –  $F'$ , нормированные экспертные оценки –  $F$ . Путем экспертной оценки выбирается для каждого  $x_i$  максимально близкий к нему эталон  $y_j$  при  $i = const$  и оценивается степень их сходства единицей, а остальные оценки назначаются, исходя из этой максимально схожей пары. На основании закона взаимодействия отношений на множестве  $X$  строится нечеткое отношение предпочтения  $R$  и интерпретируется как степень выраженности представления о том, что элемент  $x$  «не хуже» элемента  $y$ .

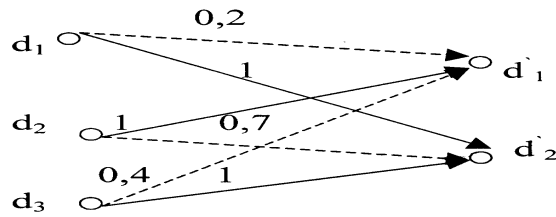


Рис. 1. Нормированное отношение в виде орграфа

**Пример 1.** Пусть дано подмножество документов  $D_1 = \{d_1, d_2, d_3\}$ , подмножество эталонов представлено двумя документами  $D_2 = \{d'_1, d'_2\}$ , на которых определен четкий линейный порядок:

$$S = \{((p_{11})|1), ((p_{12})|1), ((p_{21})|0), ((p_{22})|1)\}.$$

Заданы экспертные оценки степени сходства каждого документа с каждым эталоном:

$$\underline{F}' = \{((p_{11})|0.16), ((p_{12})|0.8), ((p_{21})|0.75), ((p_{22})|0.52), ((p_{31})|0.36), ((p_{32})|0.9)\}.$$

После нормирования  $\underline{F}'$  (рис.1) и в соответствии с законом взаимодействия отношений определим нечеткое отношение предпочтения на  $D$  и нечеткое отношение строгого предпочтения на  $D$  [4].

Из рис.1 следует, что из данных трех документов документ  $d_2$  наиболее предпочтителен, так как он со степенью 1 схож с наиболее предпочтительным эталоном  $d'_1$ . Этот вывод подтвержден и вычислительной процедурой отношения строгого предпочтения.

Язык нечетких отношений позволяет рассматривать широкий спектр качественных данных об исследуемых объектах. Оперирруя нечеткими отношениями, определяются отношения сходства и различия документов в КС ЭМС, строится логический вывод.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кофман А. *Введение в теорию нечетких множеств*. М.: Радио и связь, 1982.
2. Маренко В.А. , Маренко В.Ф. *Консультационная экспертная система «Электромагнитная совместимость»* // Сб.материалов международного информационного конгресса «МИК-2001», 2001.
3. Орловский С.А. *Добавление в книге Заде Л. «Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений»*. Мир, 1976. –168 с.
4. Кузьмин В.Б. *Построение групповых решений в пространстве четких и нечетких бинарных отношений*. М.:Наука, 1982. – 168с.