

О. М. По л е щ у к, Е. Г. К о м а р о в, Н. Г. П о я р к о в (Мытищи, МГУЛ). Нечеткая кластеризация объектов с качественными характеристиками на основе рейтинговых оценок.

Рассмотрим совокупность  $N$  объектов, у которых оцениваются характеристики  $X_j$ ,  $j = 1, \dots, k$ . Пусть  $X_{lj}$  ( $l = 1, \dots, m_j$ ) — уровни вербальных шкал, применяемых соответственно для их оценивания. Обозначим  $\mu_{lj}(x)$  функцию принадлежности нечеткого числа  $\tilde{X}_{lj}$ , соответствующего  $l$ -му терму  $j$ -й лингвистической переменной,  $l = 1, \dots, m_j$ ,  $j = 1, \dots, k$ . Будем называть *оценками* нечеткие числа  $\tilde{X}_{lj}$ ,  $l = 1, \dots, m_j$ ,  $j = 1, \dots, k$ , или их функции принадлежности  $\mu_{lj}(x)$ ,  $l = 1, \dots, m_j$ ,  $j = 1, \dots, k$ . Методы построения функций принадлежности термов лингвистической переменной на основе статистической информации или на основе экспертных высказываний изложен в [1]. Обозначим  $\tilde{X}_j^n$  и  $\mu_j^n(x) = (a_{j1}^n, a_{j2}^n, a_{jL}^n, a_{jR}^n)$ ,  $n = 1, \dots, N$ ,  $j = 1, \dots, k$ , оценку характеристики  $X_j$  у  $n$ -го объекта. Нечеткое число  $\tilde{X}_j^n$  с функцией принадлежности  $\mu_j^n(x)$  равно одному из нечетких чисел  $\tilde{X}_{lj}$ ,  $l = 1, \dots, m_j$ ,  $j = 1, \dots, k$ . Обозначим  $w_j$  весовые коэффициенты оцениваемых характеристик,  $j = 1, \dots, k$ ,  $\sum_{j=1}^k w_j = 1$ .

Нечеткая рейтинговая оценка  $n$ -го объекта,  $n = 1, \dots, N$ , в рамках характеристик  $X_j$ ,  $j = 1, \dots, k$ , определяется в виде нечеткого числа  $\tilde{A}_n = w_1 \otimes \tilde{X}_1^n \oplus \dots \oplus w_k \otimes \tilde{X}_k^n$  с функцией принадлежности

$$\mu_n(x) = \left( \sum_{j=1}^k w_j a_{j1}^n, \sum_{j=1}^k w_j a_{j2}^n, \sum_{j=1}^k w_j a_{jL}^n, \sum_{j=1}^k w_j a_{jR}^n \right), \quad n = 1, \dots, N.$$

При уровне доверия  $\mu_n(x_n) \geq \alpha$ ,  $0 < \alpha < 1$ , получаем

$$\sum_{j=1}^k w_j a_{j1}^n - (1 - \alpha) \sum_{j=1}^k w_j a_{jL}^n \leq x_n \leq \sum_{j=1}^k w_j a_{j2}^n + (1 - \alpha) \sum_{j=1}^k w_j a_{jR}^n.$$

Полученные нечеткие рейтинговые оценки предлагается использовать для кластеризации объектов на основе экспертных высказываний относительно важности тех или иных характеристик для соответствующего кластера [2]. Примером таких высказываний может быть высказывание следующего типа: «Для принадлежности объекта к  $i$ -му кластеру не очень важны характеристики из первой группы, довольно важны характеристики из второй группы, ... , и очень важны характеристики из  $\nu$ -й группы»,  $i = 1, \dots, r$ .

Обозначим  $\tilde{A}_n^1, \dots, \tilde{A}_n^\nu$  соответственно нечеткие рейтинговые оценки  $n$ -го объекта для первой, второй и так далее  $r$ -й групп характеристик. Тогда согласно экспертному высказыванию нечеткой оценкой  $n$ -го объекта в рамках  $i$ -го кластера будет являться нечеткое число  $\tilde{R}_n^i = \tilde{C}_3 \otimes \tilde{A}_n^i \oplus \tilde{C}_4 \otimes \tilde{A}_n^2 \oplus \dots \oplus \tilde{C}_6 \otimes \tilde{A}_n^\nu$ ,  $n = 1, \dots, N$ ,  $i = 1, \dots, r$ , с функцией принадлежности  $\mu_n^i(x)$ . Для остальных кластеров рейтинговые оценки для всех объектов находятся аналогично в соответствии с экспертными высказываниями.

Сравнение полученных результатов производится на основе  $\tilde{R}_n^i$ ,  $n = 1, \dots, N$ ,  $i = 1, \dots, r$ . Для этого определяются нечеткие множества  $I^i$ ,  $i = 1, \dots, r$ , заданные на множестве индексов  $\{1, 2, \dots, N\}$ . Значения функций принадлежности  $\mu_i(n)$  этих множеств интерпретированы как степени принадлежности  $n$ -го объекта к  $i$ -му кластеру. Если  $\sup_{n=1, \dots, N} \{x: \mu_n^i(x) = 1\}$  принадлежит  $\tilde{R}_k^i(x)$ , то  $k$ -й объект считается типичным представителем  $i$ -го кластера. Значения  $\mu_i(n)$ ,  $n = 1, \dots, N$ , при  $n \neq k$  вычисляются следующим образом:  $\mu_i(n) = \max_x \min\{\mu_n^i(x), \mu_k^i(x)\}$ .

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Полещук О. М.* Математическая модель обработки экспертных оценок. — Вестник МГУЛ «Лесной вестник», 2005, № 6 (42), с. 161–164.
2. *Полещук О. М., Комаров Е. Г.* Методы и модели обработки нечеткой экспертной информации. М.: Энергоатомиздат, 2007, 288 с.