

基于广义优序法的语言型多属性群决策方法

张小芝, 朱传喜, 朱丽

(南昌大学 理学院, 南昌 330031)

摘要: 针对具有语言评价信息的多属性群决策问题, 提出基于广义优序法的语言型多属性群决策方法. 该方法通过对传统优序法进行有效拓展, 采用近年来最新发展的二元语义概念, 将语言评价信息转化为二元语义形式的广义优序数, 并在此基础上利用方案广义优序数的偏差最大化思想求解得到属性权重, 最终确定最优方案. 该方法对语言信息的处理较为精确, 有效地避免了信息的丢失和扭曲. 最后, 通过对风险投资案例的分析结果表明了所提出方法的简洁性和有效性.

关键词: 广义优序法; 多属性群决策; 二元语义; 属性权重

中图分类号: C934

文献标志码: A

Approach of linguistic multi-attribute group decision making based on generalized precedence ordering method

ZHANG Xiao-zhi, ZHU Chuan-xi, ZHU Li

(School of Science, Nanchang University, Nanchang 330031, China. Correspondent: ZHU Chuan-xi, E-mail: chuanxizhu@126.com)

Abstract: The approach of linguistic multi-attribute group decision making based on generalized precedence ordering method is proposed for dealing with the multiple attributes group decision making problems with linguistic assessment information. In this method, linguistic assessment information is transformed into generalized precedence ordering numbers in the form of 2-tuple linguistic by means of expanding effectively the classic precedence ordering method and applying the concept of 2-tuple linguistic with latest development in recent years. On this basis, the attribute weight is solved based on the idea of the deviation of generalized precedence ordering numbers, and then the optimal alternative is determined. The proposed approach processes the linguistic information exactly, avoids the loss and distortion of information effectively. Finally, the analysis result of the case of risk investment shows the conciseness and effectiveness of the proposed method.

Key words: generalized precedence ordering method; multi-attribute group decision making; 2-tuple linguistic; attribute weight

0 引言

由于当今社会环境、经济环境的复杂性, 很难有某个决策专家精通决策问题所涉及的所有领域, 群决策问题显得尤为重要. 同时, 由于客观事物的复杂性和人类思维的模糊性, 人们通常会用语言短语形式来表达对某一事物的偏好. 从已有的研究结果看, 关于语言多属性决策问题主要分为两类: 一类是将语言评价信息转化为模糊数, 并依据扩展原理进行模糊数运算与分析^[1]; 另一类方法是符号转移方法, 即根据语言评价集自身的顺序和性质直接对语言短语符号进行运算或处理^[2]. 但这两类方法都存在一定的局限

性, 因为所得的群评价信息往往不能用之前定义的语义短语准确表达, 而必须有一个近似过程, 于是造成信息的损失和集结结果的不精确. 为此, 西班牙学者 Herrera 等^[3-4]于 2000 年提出了二元语义分析方法, 有效地克服了决策结果的离散化问题; 基于二元语义的多属性决策方法, 樊治平等^[5-6]作了较早的研究. 近年来, 基于二元语义的多属性决策方法已得到迅速发展^[7-12], 较为常见的有基于二元语义的决策算子方法^[7]、灰色关联分析方法^[8]、VIKOR 方法^[9-10]和群体一致性分析方法^[11]等.

本文在传统优序法^[13-14]的基础上, 集成灰色关

收稿日期: 2013-08-28; 修回日期: 2013-10-31.

基金项目: 国家自然科学基金项目(11361042, 11071108); 江西省自然科学基金项目(20132BAB201001, 20142BAB211004).

作者简介: 张小芝(1981-), 女, 讲师, 博士生, 从事决策分析与与管理科学的研究; 朱传喜(1956-), 男, 教授, 博士生导师, 从事决策分析与与管理科学等研究.

联理论的思想^[15], 提出基于广义优序法的语言型多属性决策方法; 并在此基础上, 利用方案间广义优序数的偏差最大化思想, 建立求解属性权重的优化模型; 最后, 通过对各方案总的广义优序数的大小对方案进行排序并择优.

1 拓展的二元语义及其集结算子

设 S 为由奇数个元素构成的有序集合, 即 $S = \{s_0, s_1, \dots, s_T\}$, s_t 为第 t 个语言短语, $t = 1, 2, \dots, T$, 语言短语的个数 $T + 1$ 称为 S 的粒度. S 满足以下性质^[3-4]. 1) 有序性: 当 $i \geq j$ 时, 有 $s_i \geq s_j$. 2) 存在逆运算: $\text{Neg}(s_i) = s_j, j = T - i$. 3) 极大化运算: 当 $i \geq j$ 时, 有 $\max\{s_i, s_j\} = s_i$. 4) 极小化运算: 当 $i \leq j$ 时, 有 $\min\{s_i, s_j\} = s_i$. 当综合评价结果不完全符合某一个短语时, 找出与其最贴近的一个短语 s_k , 用 α_k 表示评价结果与 s_k 的偏差, 即用二元语义 (s_k, α_k) 的形式来表示, 这里 α_k 表示符号转移值. 考虑到广义优序法的具体应用背景, 将一般的语言短语集 $S = \{s_0, s_1, \dots, s_T\}$ 拓展至 $\bar{S} = \{s_{-T}, \dots, s_{-1}, s_0, s_1, \dots, s_T\}$, 并在此基础上将传统二元语义进行拓展, 具体形式如下.

定义 1 设 $s_k \in \bar{S}$ 是一个语言短语, 则其对应的二元语义形式可通过下列函数得到:

$$\begin{aligned} \bar{\theta}: \bar{S} &\rightarrow \bar{S} \times [-0.5, 0.5], \\ \bar{\theta}(s_k) &= (s_k, 0), s_k \in \bar{S}. \end{aligned} \quad (1)$$

定义 2 设实数 $\beta \in [-T, T]$ 表示语言信息集结运算的结果, 其中 $2T + 1$ 为 \bar{S} 的粒度, 则 (s_k, α_k) 为与 β 对应的二元语义形式, 由下列函数得到:

$$\begin{aligned} \bar{\Delta}: [-T, T] &\rightarrow \bar{S} \times [-0.5, 0.5], \\ \bar{\Delta}(\beta) &= (s_k, \alpha_k), s_k \in \bar{S}. \end{aligned} \quad (2)$$

其中: $k = \text{round}(\beta)$, round 表示四舍五入取整算子; $\alpha_k = \beta - k \in [-0.5, 0.5]$.

定义 3 若 (s_k, α_k) 为一个拓展的二元语义, $\alpha_k \in [-0.5, 0.5]$, 则存在一个逆函数 $\bar{\Delta}^{-1}$, 可将此二元语义转化为对应的数值 $\beta \in [-T, T]$, 即

$$\begin{aligned} \bar{\Delta}^{-1}: \bar{S} \times [-0.5, 0.5] &\rightarrow [-T, T], \\ \bar{\Delta}^{-1}(s_k, \alpha_k) &= k + \alpha_k = \beta. \end{aligned} \quad (3)$$

假设 (s_i, α_i) 和 (s_j, α_j) 是两个拓展的二元语义, $s_i, s_j \in \bar{S}$, 可按如下规定进行比较^[3]:

- 1) 若 $i < j$, 则 $(s_i, \alpha_i) < (s_j, \alpha_j)$.
- 2) 若 $i = j$, ① $\alpha_i = \alpha_j$, 则 $(s_i, \alpha_i) = (s_j, \alpha_j)$; ② $\alpha_i < \alpha_j$, 则 $(s_i, \alpha_i) < (s_j, \alpha_j)$; ③ $\alpha_i > \alpha_j$, 则 $(s_i, \alpha_i) > (s_j, \alpha_j)$. 这样, 拓展的二元语义也满足有序性、逆运算、极大化和极小化运算, 且其逆运算为

$$\text{Neg}(s_i, \alpha_i) = \bar{\Delta}(-\bar{\Delta}^{-1}(s_i, \alpha_i)) = (s_{-i}, -\alpha_i).$$

定义 4 若 (s_i, α_i) 和 (s_j, α_j) 是两个拓展的二元语义, 则它们之间的距离为

$$d((s_i, \alpha_i), (s_j, \alpha_j)) = \bar{\Delta}(|\bar{\Delta}^{-1}(s_i, \alpha_i) - \bar{\Delta}^{-1}(s_j, \alpha_j)|). \quad (4)$$

定义 5 若 $(s_1, \alpha_1), (s_2, \alpha_2), \dots, (s_n, \alpha_n)$ 是一组拓展的二元语义, 则其算术平均算子定义为

$$\begin{aligned} (\bar{s}, \bar{\alpha}) &= \bar{\Delta}\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \bar{\Delta}^{-1}(s_i, \alpha_i)\right), \\ \bar{s} \in \bar{S}, \bar{\alpha} &\in [-0.5, 0.5]. \end{aligned} \quad (5)$$

2 基于广义优序法的语言多属性群决策方法

下面考虑语言型多属性群决策问题, 设 $A = \{A_1, A_2, \dots, A_s\}$ 是由 s 个方案组成的方案集, $G = \{g_1, g_2, \dots, g_m\}$ 是由 m 个属性组成的属性集, $E = \{e_1, e_2, \dots, e_p\}$ 是由 p 个专家组成的专家集; 记 $S = \{1, 2, \dots, s\}$, $M = \{1, 2, \dots, m\}$, $P = \{1, 2, \dots, p\}$; x_{il}^k 表示专家 e_k 在属性 g_l 下对方案 A_i 的语言评价价值; 专家 e_k 的权重记为 $\lambda_k, \sum_{k=1}^p \lambda_k = 1$; 属性 g_l 的权重为 $w_l, \sum_{l=1}^m w_l = 1$.

基于优序法思想, 假设根据专家给出的语言信息, 将语言短语 $S = \{s_0, s_1, \dots, s_T\}$ 分为 n 个等份, $n \in N^+$, 则在属性 g_l 下专家 e_k 的评价信息中每个等份之间的长度 (即步长) 可表示为

$$h_l^k = \bar{\Delta}\left[\frac{\max_{1 \leq i \leq s} \bar{\Delta}^{-1}(x_{il}^k) - \min_{1 \leq i \leq s} \bar{\Delta}^{-1}(x_{il}^k)}{n}\right], \quad l \in M, k \in P. \quad (6)$$

将决策信息中的语言短语扩展至 $\bar{S} = \{s_{-T}, \dots, s_{-1}, s_0, s_1, \dots, s_T\}, n \leq T$, 利用拓展的二元语义表达, 在属性 g_l 下专家 e_k 的评价信息中方案 A_i 优于方案 A_j 的程度可表示为

$$r_{ijl}^k = \begin{cases} \bar{\Delta}\left[\frac{\bar{\Delta}^{-1}(x_{il}^k) - \bar{\Delta}^{-1}(x_{jl}^k)}{\bar{\Delta}^{-1}(h_l^k)}\right], & g_l \in G_1; \\ \bar{\Delta}\left[\frac{\bar{\Delta}^{-1}(x_{jl}^k) - \bar{\Delta}^{-1}(x_{il}^k)}{\bar{\Delta}^{-1}(h_l^k)}\right], & g_l \in G_2. \end{cases} \quad (7)$$

其中: G_1, G_2 分别表示效益型属性和成本型属性; r_{ijl}^k 称为在属性 g_l 下专家 e_k 的评价信息中方案 A_i 相对于方案 A_j 的等级数.

注 1 当 $r_{ijl}^k > (s_0, 0)$ 时理解为方案 A_i 比 A_j 优 r_{ijl}^k 个等级, 记为 $A_i \succ_{r_{ijl}^k} A_j$; 当 $r_{ijl}^k < (s_0, 0)$ 时理解为 A_i 比 A_j 劣 $|\bar{\Delta}^{-1}(r_{ijl}^k)|$ 个等级, 记为

$$A_i \prec_{|\bar{\Delta}^{-1}(r_{ijl}^k)|} A_j;$$

当 $r_{ijl}^k = (s_0, 0)$ 时理解为方案 A_i 与 A_j 同样好, 记为

$A_i \approx A_j$. 由式(6)和(7)可知,这里不需要将不同粒度的语言集进行统一,不妨假设语言信息是同粒度的.

记两个优劣关系之间的距离

$$d(\succ^{(s_n,0)}, \approx) = d(\prec^{(s_n,0)}, \approx) = a > 0,$$

则有下式成立^[14]:

$$d(\succ^{(s_n,0)}, \prec^{(s_n,0)}) = d(\succ^{(s_n,0)}, \approx) + d(\prec^{(s_n,0)}, \approx) = 2a.$$

根据灰色关联理论^[15],当 $r_{ijl}^k > (s_0, 0)$ 时,用其与最大的等级数 $\succ^{(s_n,0)}$ 之间的关联系数表示其占优关联系数,具体表示如下:

$$\xi_{\succ^{(s_n,0)}}^{(r_{ijl}^k)} = \bar{\Delta} \left[\frac{d_{(s_n,0)} \min + \rho d_{(s_n,0)} \max}{d(\succ^{(s_n,0)}, \succ^{(s_n,0)}) + \rho d_{(s_n,0)} \max} \right]. \quad (8)$$

其中: d 取绝对距离;一般取 $\rho = 0.5$;

$$d_{(s_n,0)} \min = \min d(\succ^{(s_n,0)}, R),$$

$$d_{(s_n,0)} \max = \max d(\succ^{(s_n,0)}, R).$$

这里: $R \in \{\succ^{(s_r, \alpha_r)}, \prec^{(s_r, \alpha_r)}\}$, $0 \leq r \leq n$, $\alpha_r \in [-0.5, 0.5]$. 于是,方案 A_i 比 A_j 优 r_{ijl}^k 个等级所对应的占优关联系数可计算为

$$\begin{aligned} \xi_{\succ^{(s_n,0)}}^{(r_{ijl}^k)} &= \bar{\Delta} \left[\frac{d(\succ^{(s_n,0)}, \succ^{(s_n,0)}) + 0.5d(\succ^{(s_n,0)}, \prec^{(s_n,0)})}{d(\succ^{(s_n,0)}, \succ^{(s_n,0)}) + 0.5d(\succ^{(s_n,0)}, \prec^{(s_n,0)})} \right] = \\ &= \bar{\Delta} \left[\frac{0 + 0.5 \times 2a}{a - \frac{n}{\bar{\Delta}^{-1}(r_{ijl}^k)} a + 0.5 \times 2a} \right] = \\ &= \bar{\Delta} \left(\frac{n}{2n - \bar{\Delta}^{-1}(r_{ijl}^k)} \right). \end{aligned} \quad (9)$$

类似地,当 $r_{ijl}^k < (s_0, 0)$ 时,利用其与最小的等级数 $\prec^{(s_n,0)}$ 之间的关联系数表示方案 A_i 比 A_j 劣 $|\bar{\Delta}^{-1}(r_{ijl}^k)|$ 个等级所对应的被占优关联系数,即

$$\begin{aligned} \xi_{\prec^{(s_n,0)}}^{(r_{ijl}^k)} &= \bar{\Delta} \left[\frac{d_{(s_n,0)} \min + \rho d_{(s_n,0)} \max}{d(\prec^{(s_n,0)}, \prec^{(s_n,0)}) + \rho d_{(s_n,0)} \max} \right] = \\ &= \bar{\Delta} \left[\frac{0 + 0.5 \times 2a}{a - \frac{|\bar{\Delta}^{-1}(r_{ijl}^k)|}{n} a + 0.5 \times 2a} \right] = \\ &= \bar{\Delta} \left(\frac{n}{2n - |\bar{\Delta}^{-1}(r_{ijl}^k)|} \right). \end{aligned} \quad (10)$$

其中

$$d_{(s_n,0)} \min = \min d(\prec^{(s_n,0)}, R),$$

$$d_{(s_n,0)} \max = \max d(\prec^{(s_n,0)}, R).$$

这里 R, d, ρ 的意义同式(8). 于是,根据式(8)~(10),当 $r_{ijl}^k > (s_0, 0)$ 时,用占优关联系数表示方案的优序数 a_{ijl}^k , 即 $a_{ijl}^k = \xi_{\succ^{(s_n,0)}}^{(r_{ijl}^k)}$, 优序数越大表明方案越

优;当 $r_{ijl}^k < (s_0, 0)$ 时,用被占优关联系数表示方案的劣序数,越小表明方案越优,为了综合考虑方案的优序数与劣序数,按照优序法的思想,将劣序数的逆运算作为一种广义的优序数,即令

$$a_{ijl}^k = \text{Neg}(\xi_{\succ^{(s_n,0)}}^{(r_{ijl}^k)}) = \bar{\Delta} \left(-\frac{n}{2n - |\bar{\Delta}^{-1}(r_{ijl}^k)|} \right);$$

当 $r_{ijl}^k = (s_0, 0)$ 时, $A_i \approx A_j$, 定义优序数 $a_{ijl}^k = (s_0, 0)$. 综上所述,定义如下广义优序数.

定义 6 令

$$a_{ijl}^k = \begin{cases} \bar{\Delta} \left(\frac{n}{2n - \bar{\Delta}^{-1}(r)} \right), & x_{il}^k \succ x_{jl}^k; \\ (s_0, 0), & x_{il}^k \approx x_{jl}^k; \\ \bar{\Delta} \left(-\frac{n}{2n - \bar{\Delta}^{-1}(r)} \right), & x_{il}^k \prec x_{jl}^k. \end{cases} \quad (11)$$

其中: $i, j \in S; l \in M; k \in P$. 则在属性 g_l 下专家 e_k 的评价信息中,称 a_{ijl}^k 为方案 A_i 相对于 A_j 的广义优序数;称 $a_{il}^k = \sum_{j=1}^s a_{ijl}^k$ 为方案 A_i 的广义优序数.

注 2 由式(6), (7)和(11)可以看出,广义优序数的计算实际上与最初设定的 n 无关,有效避免了因不同决策者设定不同等级数而导致决策结果的非一致性,决策结果比文献[14]更具有客观性和科学性.

根据上述分析,下面给出具体的决策步骤.

Step 1: 根据已知信息和决策者的偏好,将语言短句分成 n 个等价.

Step 2: 根据式(7)得到同一属性下各方案在专家 e_k 的评价中两两比较所得的等级数 r_{ijl}^k .

Step 3: 由定义6计算出各属性下各方案在专家 e_k 评价信息中的广义优序数 a_{il}^k , 于是各方案在各属性下的广义优序数为

$$a_{il} = \sum_{k \in P} \left(\sum_{j \in S} a_{ijl}^k \right) \lambda_k, \quad i \in S, j \in M.$$

对于属性权重 $w = \{w_1, w_2, \dots, w_m\}$ 的确定,这里采用各方案广义优序数的偏差最大化思想,建立如下线性规划模型:

$$\begin{aligned} \max \quad \sigma(w) &= \bar{\Delta} \left(\sum_{l=1}^m \sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^s |\bar{\Delta}^{-1}(a_{il}) - \bar{\Delta}^{-1}(a_{jl})| w_l \right); \end{aligned}$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{l=1}^m w_l^2 = 1, \quad l = 1, 2, \dots, m. \quad (12)$$

显然,上述模型的求解等价于以下模型的求解:

$$\begin{aligned} \max \quad \bar{\Delta}^{-1} \sigma(w) &= \sum_{l=1}^m \sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^s |\bar{\Delta}^{-1}(a_{il}) - \bar{\Delta}^{-1}(a_{jl})| w_l; \end{aligned}$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{l=1}^m w_l^2 = 1, \quad l = 1, 2, \dots, m. \quad (13)$$

由拉格朗日乘法法求解出最优属性权重, 并将其进行归一化, 可得

$$w_l = \frac{\sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^s |\bar{\Delta}^{-1}(a_{il}) - \bar{\Delta}^{-1}(a_{jl})|}{\sum_{l=1}^m \sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^s |\bar{\Delta}^{-1}(a_{il}) - \bar{\Delta}^{-1}(a_{jl})|}, \quad l \in M. \quad (14)$$

Step 4: 计算出各个方案总的广义优序数 $a_i = \sum_{l=1}^m a_{il}w_l$, 并根据 a_i 的值由大到小对所有方案进行排序, 得到各方案间的优劣关系及优劣程度.

注 3 上述所给出的方法通过对方案的两两比较, 将语言评价信息转化为二元语义形式的广义优序数. 相对于已有的优序法而言, 本文同时考虑了方案的优序数和劣序数, 使得对广义优序数的刻画更为具体和细腻, 从而对方案间比较的区分度更高; 相对于现有的语言多属性决策方法而言, 本文方法对语言信息的处理更精确, 有效地避免了信息的丢失和扭曲, 故本文所提出的基于广义优序法的语言型多属性群决策方法是一种更新颖、更有效、更实用的决策方法.

3 应用案例

对一个风险投资问题^[16]进行分析, 设有 5 个备选项目为 X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 , 4 个评价属性分别为风险因素 u_1 , 成长因素 u_2 , 社会政治影响因素 u_3 和环境影响因素 u_4 . 请 3 位专家 (e_1, e_2, e_3) 利用粒度为 7 的语言评价集 $S = \{s_0, s_1, \dots, s_6\}$ 进行评价, 其中 $s_i (i = 0, 1, \dots, 6)$ 对应的语义分别为: $s_0 = \text{FC}$ (非常差), $s_1 = \text{HC}$ (很差), $s_2 = \text{C}$ (差), $s_3 = \text{YB}$ (一般), $s_4 = \text{Z}$ (重要), $s_5 = \text{HZ}$ (很重要), $s_6 = \text{FZ}$ (非常重要). 假设专家的权重为 (1/3, 1/3, 1/3), 专家给出的初始语言决策信息如表 1 所示. 下面根据本文的决策方法选择最佳投资项目.

表 1 专家对投资项目的语言评价

语言评价	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
e_1	YB	C	Z	HZ	FZ
	Z	HC	YB	C	FC
	C	YB	Z	C	HC
	C	C	FC	Z	YB
e_2	C	HC	YB	FZ	C
	YB	FC	Z	HC	HC
	HC	Z	C	HC	YB
	HC	Z	FZ	YB	HC
e_3	Z	HC	HZ	Z	YB
	C	Z	HC	HZ	HC
	HC	C	Z	FZ	YB
	FZ	Z	C	HC	FZ

1) 利用式 (1) 将专家给出的初始语言决策信息转化为二元语义形式, 如表 2 所示.

表 2 专家对投资项目的二元语义评价

语言评价	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
e_1	$(s_3, 0)$	$(s_2, 0)$	$(s_4, 0)$	$(s_5, 0)$	$(s_6, 0)$
	$(s_4, 0)$	$(s_1, 0)$	$(s_3, 0)$	$(s_2, 0)$	$(s_0, 0)$
	$(s_2, 0)$	$(s_3, 0)$	$(s_4, 0)$	$(s_2, 0)$	$(s_1, 0)$
	$(s_2, 0)$	$(s_2, 0)$	$(s_0, 0)$	$(s_4, 0)$	$(s_3, 0)$
e_2	$(s_2, 0)$	$(s_1, 0)$	$(s_3, 0)$	$(s_6, 0)$	$(s_2, 0)$
	$(s_3, 0)$	$(s_0, 0)$	$(s_4, 0)$	$(s_1, 0)$	$(s_1, 0)$
	$(s_1, 0)$	$(s_4, 0)$	$(s_2, 0)$	$(s_1, 0)$	$(s_3, 0)$
	$(s_1, 0)$	$(s_4, 0)$	$(s_6, 0)$	$(s_3, 0)$	$(s_1, 0)$
e_3	$(s_4, 0)$	$(s_1, 0)$	$(s_5, 0)$	$(s_4, 0)$	$(s_3, 0)$
	$(s_2, 0)$	$(s_4, 0)$	$(s_1, 0)$	$(s_5, 0)$	$(s_1, 0)$
	$(s_1, 0)$	$(s_2, 0)$	$(s_4, 0)$	$(s_6, 0)$	$(s_3, 0)$
	$(s_6, 0)$	$(s_4, 0)$	$(s_2, 0)$	$(s_1, 0)$	$(s_6, 0)$

2) 根据定义 6 中的式 (11), 计算各专家的评价信息中各方案在各属性下的广义优序数, 具体结果如表 3 所示.

由于专家权重相等, 将表 3 中的广义优序数矩阵进行加权, 得到群体的广义优序数矩阵, 如表 4 所示.

3) 根据偏差最大化思想, 由式 (14) 计算的各属性

表 3 专家对投资项目的广义优序数

语言评价	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
e_1	$(s_{-1}, -0.467)$	$(s_{-3}, -0.038)$	$(s_0, 0)$	$(s_1, 0.467)$	$(s_3, 0.038)$
	$(s_3, 0.038)$	$(s_{-1}, -0.467)$	$(s_1, 0.467)$	$(s_0, 0)$	$(s_{-3}, -0.038)$
	$(s_{-1}, 0.25)$	$(s_1, 0.35)$	$(s_3, 0.1)$	$(s_{-1}, 0.25)$	$(s_{-3}, 0.05)$
	$(s_{-1}, 0.429)$	$(s_{-1}, 0.429)$	$(s_{-3}, -0.133)$	$(s_3, -0.095)$	$(s_1, 0.371)$
e_2	$(s_{-1}, 0.167)$	$(s_{-3}, 0.264)$	$(s_1, 0.022)$	$(s_3, 0.381)$	$(s_{-1}, 0.167)$
	$(s_2, -0.438)$	$(s_{-3}, 0.057)$	$(s_3, 0.171)$	$(s_{-1}, 0.105)$	$(s_{-1}, 0.105)$
	$(s_{-2}, -0.35)$	$(s_3, 0.35)$	$(s_0, -0.15)$	$(s_{-2}, -0.35)$	$(s_2, -0.5)$
	$(s_{-2}, -0.339)$	$(s_1, 0.359)$	$(s_3, 0.339)$	$(s_0, -0.020)$	$(s_{-2}, -0.339)$
e_3	$(s_1, -0.20)$	$(s_{-3}, -0.267)$	$(s_3, -0.191)$	$(s_1, -0.2)$	$(s_{-1}, -0.143)$
	$(s_0, -0.324)$	$(s_2, -0.305)$	$(s_{-2}, -0.371)$	$(s_3, 0.371)$	$(s_{-2}, -0.371)$
	$(s_{-3}, 0.105)$	$(s_{-1}, -0.458)$	$(s_1, 0.270)$	$(s_3, 0.173)$	$(s_0, -0.089)$
	$(s_2, 0.458)$	$(s_0, 0.089)$	$(s_{-2}, 0.264)$	$(s_{-3}, -0.270)$	$(s_2, 0.460)$

表 4 专家群体对投资项目的广义优序数

X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
$(s_{-1}, 0.5)$	$(s_{-3}, -0.014)$	$(s_1, 0.277)$	$(s_2, -0.117)$	$(s_0, 0.354)$
$(s_1, 0.425)$	$(s_{-1}, 0.095)$	$(s_1, -0.244)$	$(s_1, -0.175)$	$(s_{-2}, -0.102)$
$(s_{-2}, 0.002)$	$(s_1, 0.081)$	$(s_1, 0.407)$	$(s_0, 0.024)$	$(s_{-1}, 0.487)$
$(s_0, -0.151)$	$(s_0, 0.292)$	$(s_{-1}, 0.490)$	$(s_0, -0.128)$	$(s_0, 0.497)$

权重为 $w = (0.3707, 0.2814, 0.2692, 0.0787)$, 进而得到各方案的总的优序数为 $a_1 = (s_0, -0.334)$, $a_2 = (s_{-1}, -0.058)$, $a_3 = (s_1, 0.025)$, $a_4 = (s_1, -0.073)$, $a_5 = (s_{-1}, 0.441)$. 于是 5 个备选项目的综合排序结果为 $A_3 \succ A_4 \succ A_1 \succ A_5 \succ A_2$. 此结果与文献[16]中的结果基本一致. 本文所给出的方法为决策者提供了一种新的决策思路.

4 结 论

本文将语言型多属性群决策信息转化为拓展的二元语义形式的广义优序数矩阵, 并利用群体广义优序数的偏差最大化思想求解各属性权重, 提出了基于广义优序法的语言型多属性群决策方法. 本文所提出的决策方法简洁可行, 易于操作, 为项目管理、客户关系管理等实际中语言型多属性决策问题提供了新的理论依据和决策支持, 具有广阔的应用前景.

参考文献(References)

- [1] Herrera F, Herrera-Viedma E, Verdegay J L. A sequential selection process in group decision making with a linguistic assessment approach[J]. Information Sciences, 1995, 85(4): 223-239.
- [2] Delgado M, Verdegay J L, Vila M A. On aggregation operations of linguistic labels[J]. Int J of Intelligent Systems, 1993, 8(3): 351-370.
- [3] Herrera F, Nartinez L. A 2-tuple fuzzy linguistic representation model for computing with words[J]. IEEE Trans on Fuzzy Systems, 2000, 8(6): 746-752.
- [4] Herrera F, Martinez L. A model based on linguistic 2-tuples for dealing with multigranularity hierarchical linguistic contexts in multiexpert decision-making[J]. IEEE Trans on Systems, Man and Cybernetics, Part B: Cybernetics, 2001, 31(2): 227-234.
- [5] 王欣荣, 樊治平. 基于二元语义信息处理的一种语言群决策方法[J]. 管理科学学报, 2003, 6(5): 1-5.
(Wang X R, Fan Z P. Method for group decision making based on two-tuple linguistic information processing[J]. J of Management Sciences in China, 2003, 6(5): 1-5.)
- [6] 姜艳萍, 樊治平. 一种具有不同粒度语言判断矩阵的群决策方法[J]. 中国管理科学, 2006, 14(6): 104-108.
(Jiang Y P, Fan Z P. A method for group decision making with multi-granularity linguistic preference relations[J]. Chinese J of Management Science, 2006, 14(6): 104-108.)

- [7] Xu Z S. Group decision making based on multiple types of linguistic preference relations[J]. Information Sciences, 2008, 178(2): 452-467.
- [8] Wei G W. Grey relational analysis method for 2-tuple linguistic multiple attribute group decision making with incomplete weight information[J]. Expert Systems with Applications, 2011, 38(5): 4824-4828.
- [9] Ju Y B, Wang A H. Extension of VIKOR method for multi-criteria group decision making problem with linguistic information[J]. Applied Mathematical Modelling, 2013, 37(5): 3112-3125.
- [10] 张震, 郭崇慧. 一种基于二元语义信息处理的多属性群决策方法[J]. 控制与决策, 2011, 26(12): 1881-1885.
(Zhang Z, Guo C H. Multiple attributes group decision making method based on two-tuple linguistic information processing[J]. Control and Decision, 2011, 26(12): 1881-1885.)
- [11] Gong Z W, Jeffrey F, Yang Y J. The optimal group consensus models for 2-tuple linguistic preference relations[J]. Knowledge-Based Systems, 2013, 37: 427-437.
- [12] 丁勇, 梁昌勇, 朱俊红, 等. 群决策中基于二元语义的主客观权重集成方法[J]. 中国管理科学, 2010, 18(5): 165-170.
(Ding Y, Liang C Y, Zhu J H, et al. A subjective and objective weights integrated method based on 2-tuple linguistic for group decision making[J]. Chinese J of Management Science, 2010, 18(5): 165-170.)
- [13] 金良超, 顾基发. 广义优序法[J]. 中国管理科学, 1985(4): 27-33.
(Jin L C, Gu J F. Generalized optimum ordering method[J]. Chinese J of Management Science, 1985(4): 27-33.)
- [14] 陈春芳, 朱传喜, 黄先玖. 多属性决策的等级偏好优序法[J]. 系统工程理论与实践, 2012, 32(7): 1506-1516.
(Chen C F, Zhu C X, Huang X J. Rank preference optimal ordering method in the multi-attribute decision making[J]. Systems Engineering-Theory & Practice, 2012, 32(7): 1506-1516.)
- [15] 邓聚龙. 灰色系统基本方法[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2005: 82-83.
(Deng J L. Basic methods of gray system[M]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology Press, 2005: 82-83.)
- [16] 丁勇. 语言型多属性群决策方法及应用研究[D]. 合肥: 合肥工业大学 管理科学与工程, 2011: 25-26.
(Ding Y. Research on linguistic multiple attribute group decision making method and its application[D]. Hefei: Management Science and Engineering, Hefei University of Technology, 2011: 25-26.)

(责任编辑: 滕 蓉)