

基于前景理论和VIKOR的风险型模糊多准则决策方法

江文奇

(南京理工大学经济管理学院, 南京 210094)

摘要: 针对准则值均为模糊数的风险型多准则决策问题, 提出一种基于前景理论和VIKOR的多准则决策方法. 首先, 进行区间数、三角模糊数、梯形模糊数、直觉模糊数和语言值的无量纲化处理; 然后, 基于各个准则各种状态下各个方案的准则值排序, 确定中位数参考点以及各个方案在各个准则下的综合前景值; 接着, 基于前景价值矩阵, 给出基于VIKOR的扩展方法; 最后, 通过具体实例验证了所提出方法的有效性和可行性.

关键词: 多准则决策; 前景理论; VIKOR; 风险; 模糊

中图分类号: C934

文献标志码: A

Risky fuzzy multi-criteria decision method based on prospect theory and VIKOR

JIANG Wen-qi

(School of Economics and Management, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094, China.
E-mail: wqjiang@ustc.edu)

Abstract: According to the multi-criteria decision making problems with fuzzy criteria values, a decision making approach based on the prospect theory and the VIKOR method is proposed. Firstly, the interval numbers, the triangular fuzzy number, the trapezoidal fuzzy number, the intuitionistic fuzzy number and the linguistic information are nondimensionalized. Then, the median reference points are given based on the order of all the alternatives with different criteria under all the conditions, thus the comprehensive prospect values of each alternative under each criterion are obtained. Furthermore, the extended VIKOR method is proposed based on the prospect value matrix. Finally, an example illustrates the feasibility and effectiveness of the proposed method.

Key words: multi-criteria decision-making; prospect theory; VIKOR; risky; fuzzy

0 引言

多准则决策是指对多个方案在多个准则下的准则值进行集成并排序, 常用的决策方法有线性加权法、VIKOR (ViseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje)法、理想点法(TOPSIS)和ELECTRE法等. 由于理想点法获得的最优解未必是最接近理想点的解, Opricovic等^[1]提出了VIKOR方法, 利用备选方案与理想方案的接近程度来排序. 该方法已在医院评估^[2]、选址^[3]、公司绩效评估^[4]、风险评估^[5]和合作伙伴选择^[6]等领域得到了广泛应用.

客观事物的复杂性和人类认识的模糊性使得决策信息常表现为模糊数. 文献[7]将VIKOR扩展到不确定语言环境来获取方案的折衷排序; 文献[8]基于区间数比较提出了拓展的VIKOR方法; 文献[9]提出

了动态和不确定直觉模糊赋权几何算子, 并将其应用于VIKOR方法; 文献[10]提出了准则值和权重均为语言值的VIKOR方法. 但是, 上述方法均是以效用理论为基础展开的.

随着行为决策理论的发展, 基于前景理论的多准则决策方法得到了广泛应用^[11], 如文献[12]将前景理论与模糊数相结合来解决风险决策问题; 文献[13]运用前景理论研究了含有清晰数和区间数的多准则决策问题等. 基于前景理论可较好地刻画行为特征和VIKOR方法更易获得妥协解的优点, 针对风险型模糊多准则决策问题, 本文综合运用前景理论和VIKOR方法, 提出一种基于前景理论的VIKOR拓展方法, 并运用算例进行说明.

收稿日期: 2013-12-22; 修回日期: 2014-04-25.

基金项目: 国家自然科学基金项目(71271116, 71171002, 71371014); 教育部人文社科基金项目(09JD630522, 12YJC630044); 国家留学基金项目(20123043).

作者简介: 江文奇(1976-), 男, 副教授, 博士, 从事决策分析等研究.

1 模糊准则值无量纲化和模糊数距离

设某一风险型模糊多准则决策问题, 方案为 a_i , $i \in (1, 2, \dots, m)$, 准则为 c_j , $j \in (1, 2, \dots, n)$, 其准则权重为 w_j , $j \in (1, 2, \dots, n)$. 各个准则均有 h 种自然状态, 即 S_k , $k \in (1, 2, \dots, h)$, h 种自然状态发生的概率为 P_k , $k \in (1, 2, \dots, h)$. \tilde{x}_{ijk} 表示准则 c_j 中状态 S_k 下决策方案 a_i 的准则值, 准则值有区间数、三角模糊数、梯形模糊数、直觉模糊数和语言值等形式. 由于每个状态下的准则类型不同, 需要对准则值进行无量纲化处理, 令准则值无量纲化之后的值为 y_{ijk} .

1) 对于区间数 $[x_{ijk}^L, x_{ijk}^R]$ ^[8], 基于效益型准则 c_j , 有

$$y_{ijk}^L = x_{ijk}^L / \sum_{i=1}^m x_{ijk}^R, \quad y_{ijk}^R = x_{ijk}^R / \sum_{i=1}^m x_{ijk}^L;$$

基于成本型准则 c_j , 有

$$y_{ijk}^L = (1/x_{ijk}^R) / \sum_{i=1}^m (1/x_{ijk}^L),$$

$$y_{ijk}^R = (1/x_{ijk}^L) / \sum_{i=1}^m (1/x_{ijk}^R).$$

2) 对于三角模糊数 $[x_{ijk}^L, x_{ijk}^M, x_{ijk}^R]$, 基于效益型准则 c_j , 有

$$y_{ijk} = [x_{ijk}^L / \max_i x_{ijk}^R, x_{ijk}^M / \max_i x_{ijk}^M, x_{ijk}^R / \max_i x_{ijk}^L \wedge 1];$$

基于成本型准则 c_j , 有

$$y_{ijk} = [\min_i x_{ijk}^L / x_{ijk}^R, \min_i x_{ijk}^M / x_{ijk}^M, \min_i x_{ijk}^R / x_{ijk}^L \wedge 1].$$

3) 对于梯形模糊数 $[x_{ijk}^1, x_{ijk}^2, x_{ijk}^3, x_{ijk}^4]$, 基于效益型准则 c_j , 令 $l = 1, 2, 3, 4$, 有

$$y_{ijk}^l = (x_{ijk}^l - \min_i(x_{ijk}^1)) / (\max_i(x_{ijk}^4) - \min_i(x_{ijk}^1));$$

基于成本型准则 c_j , 有

$$y_{ijk}^l = (\max_i(x_{ijk}^4) - x_{ijk}^l) / (\max_i(x_{ijk}^4) - \min_i(x_{ijk}^1)).$$

4) 对于直觉模糊数 $\{(x_{ijk}, u(x_{ijk}), v(x_{ijk}))\}$, 采用文献 [9] 给出的方法, 得到的记分函数为

$$S(x_{ijk}) =$$

$$u_A(x_{ijk}) - v_A(x_{ijk}) + \eta(1 - u_A(x_{ijk}) - v_A(x_{ijk})),$$

其中 η 事先给定. 按照极差变换法, 基于效益型准则 c_j , 有

$$y_{ijk} =$$

$$(S(x_{ijk}) - \min_i S(x_{ijk})) / (\max_i S(x_{ijk}) - \min_i S(x_{ijk}));$$

基于成本型准则 c_j , 有

$$y_{ijk} =$$

$$(\max_i S(x_{ijk}) - S(x_{ijk})) / (\max_i S(x_{ijk}) - \min_i S(x_{ijk})).$$

5) 对于语言变量, 通常转化为数字标度(明确的数值), 与直觉模糊数变换类似, 采用极差变换法对效

益型和成本型进行处理^[14].

对无量纲化处理之后的模糊数, 其距离公式如下:

1) 对于 $\tilde{x}_{ijk} = [x_{ijk}^L, x_{ijk}^R]$ 和 $\tilde{y}_{ijk} = [y_{ijk}^L, y_{ijk}^R]$, $\tilde{x}_{ijk} \geq \tilde{y}_{ijk}$ 的可能度^[15]为

$$\frac{\min\{x_{ijk}^R - x_{ijk}^L + y_{ijk}^R - y_{ijk}^L, \max(0, x_{ijk}^R - y_{ijk}^L)\}}{x_{ijk}^R - x_{ijk}^L + y_{ijk}^R - y_{ijk}^L};$$

两个区间数的距离为

$$d(\tilde{x}_{ijk}, \tilde{y}_{ijk}) = \frac{1}{2} \sqrt{(x_{ijk}^L - y_{ijk}^L)^2 + (x_{ijk}^R - y_{ijk}^R)^2}.$$

2) 对于 $\tilde{x}_{ijk} = [x_{ijk}^L, x_{ijk}^M, x_{ijk}^R]$, 令 θ 为风险态度, $\theta > 0.5$ 为追求风险, $\theta = 0.5$ 为风险中立, $\theta < 0.5$ 为风险厌恶, 其期望值为^[16]

$$(\theta \times (x_{ijk}^L + x_{ijk}^M)/2 + 1 - \theta) \times (x_{ijk}^R + x_{ijk}^M)/2;$$

两个三角模糊数之间的距离为

$$d(\tilde{x}_{ijk}, \tilde{y}_{ijk}) = \frac{1}{3} \sqrt{(x_{ijk}^L - y_{ijk}^L)^2 + (x_{ijk}^M - y_{ijk}^M)^2 + (x_{ijk}^R - y_{ijk}^R)^2}.$$

对于 $\tilde{x}_{ijk} = [x_{ijk}^1, x_{ijk}^2, x_{ijk}^3, x_{ijk}^4]$ 和 $\tilde{y}_{ijk} = [y_{ijk}^1, y_{ijk}^2, y_{ijk}^3, y_{ijk}^4]$, 如果 $\sum_{l=1}^4 x_{ijk}^l > \sum_{l=1}^4 y_{ijk}^l$, 则称 $\tilde{x}_{ijk} \geq \tilde{y}_{ijk}$, 两个三角模糊数之间的距离为

$$d(\tilde{x}_{ijk}, \tilde{y}_{ijk}) = 0.5(x_{ijk}^1 + x_{ijk}^2 - y_{ijk}^1 - y_{ijk}^2) \times (1 - \theta) + 0.5\theta(x_{ijk}^3 + x_{ijk}^4 - y_{ijk}^3 - y_{ijk}^4).$$

其中: $\theta > 0.5$ 为追求风险, $\theta = 0.5$ 为风险中立, $\theta < 0.5$ 为风险厌恶^[17]. 反之亦然.

直觉模糊数可转化为记分函数 $S(x_{ijk})$ 进行直接比较. 语言变量可转化为数字标度, 直接按照清晰数方式进行比较和计算距离.

命题 1 对于模糊数 \tilde{x}_{ijk} , \tilde{y}_{ijk} 和 \tilde{z}_{ijk} , 其排序结果满足传递性.

证明 如果区间数 $\tilde{x}_{ijk} \geq \tilde{y}_{ijk}$, 则依据可能度公式, 由于 $x_{ijk}^R - x_{ijk}^L + y_{ijk}^R - y_{ijk}^L > 0$, 必有 $x_{ijk}^R > y_{ijk}^L$. 如果

$$\min\{x_{ijk}^R - x_{ijk}^L + y_{ijk}^R - y_{ijk}^L, x_{ijk}^R - y_{ijk}^L\} = x_{ijk}^R - y_{ijk}^L,$$

则有

$$x_{ijk}^R - y_{ijk}^L > 0.5(x_{ijk}^R - x_{ijk}^L + y_{ijk}^R - y_{ijk}^L),$$

由此可得 $x_{ijk}^L + x_{ijk}^R > y_{ijk}^L + y_{ijk}^R$. 反之, 则有 $x_{ijk}^L > y_{ijk}^R$.

同理可推出 $\tilde{y}_{ijk} \geq \tilde{z}_{ijk}$ 中的元素关系. 如果 3 个模糊数均有交集或均没有交集, 则传递性显然成立. 若 \tilde{x}_{ijk} 和 \tilde{y}_{ijk} 有交集而 \tilde{y}_{ijk} 和 \tilde{z}_{ijk} 无交集, 则有 $x_{ijk}^L + x_{ijk}^R > y_{ijk}^L + y_{ijk}^R$. 又因为 $y_{ijk}^L > z_{ijk}^R$, 故有

$$x_{ijk}^L + x_{ijk}^R > y_{ijk}^L + y_{ijk}^R > z_{ijk}^L + z_{ijk}^R.$$

若 \tilde{x}_{ijk} 和 \tilde{y}_{ijk} 无交集而 \tilde{y}_{ijk} 和 \tilde{z}_{ijk} 有交集, 且 $x_{ijk}^L >$

y_{ijk}^R , 则有 $x_{ijk}^L + x_{ijk}^R > y_{ijk}^L + y_{ijk}^R$, 传递性仍然成立.

对于三角模糊数 \tilde{x}_{ijk} , \tilde{y}_{ijk} 和 \tilde{z}_{ijk} , 以及 $E(\tilde{x}_{ijk})$, $E(\tilde{y}_{ijk})$ 和 $E(\tilde{z}_{ijk})$ 均是去模糊化值, 为清晰数, 故满足传递性. 梯形模糊数可能度为求和, 满足传递性, 而直觉模糊数和语言变量也已经转化为清晰数, 满足传递性. □

2 基于 VIKOR 和前景理论的多准则决策步骤

模糊值的无量纲化处理和距离值的计算是获取模糊值的前景价值的基础. 价值函数是基于参考点而形成的价值, 期望值参考点需人为给出, 容易受到个体决策者偏好的影响; 正负理想点参考点会形成两个前景价值矩阵而增加计算的复杂性; 中位数参考点只需对原始数据进行排序即可获得, 简单易行且被大部分文献所采用^[18]. 由此, 计算各个模糊准则值的前景价值的具体步骤如下.

Step 1: 对于准则 c_1 中状态 S_1 下的准则值 \tilde{x}_{ijk} , 按照上节的方法比较 \tilde{x}_{1jk} 和 \tilde{x}_{2jk} 的大小.

Step 2: 对于余下方案, 分别比较 \tilde{x}_{1jk} 和 \tilde{x}_{2jk} 的大小, 逐步加入到 \tilde{x}_{1jk} 和 \tilde{x}_{2jk} 的排序中, 形成方案准则值的排序结果.

Step 3: 如果是奇数个方案, 则取排序中间的准则值为中位数, 否则取中间两个模糊数的平均数为中位数, 该中位数即为参考点. 令准则 c_1 中状态 S_1 下的准则值参考点为 \tilde{Y}_{jk} .

前景价值函数是各个准则值与参考点相比较而获得的结果^[11], 基于两个模糊数的距离公式和与 \tilde{Y}_{jk} 的比较结果可确定前景价值函数, 表示为

$$v(\tilde{x}_{ijk}) = \begin{cases} (d(\tilde{x}_{ijk}, \tilde{Y}_{jk}))^\alpha, & \tilde{x}_{ijk} \geq \tilde{Y}_{jk}; \\ -\lambda(d(\tilde{x}_{ijk}, \tilde{Y}_{jk}))^\beta, & \tilde{x}_{ijk} < \tilde{Y}_{jk}. \end{cases} \quad (1)$$

其中: $\alpha, \beta (0 \leq \alpha, \beta \leq 1)$ 为风险态度系数, 值越大表示越倾向冒险, 这里取 $\alpha = \beta = 0.88$; λ 为损失规避系数, $\lambda > 1$ 说明损失敏感, $\lambda = 2.25$ ^[11]. 决策者常面对收益风险规避和损失风险偏好, 由于收益和损失的决策权重不同, 分别为

$$\pi^+(p_j) = \frac{p_j^\gamma}{(p_j^\gamma + (1 - p_j)^\gamma)^{1/\gamma}},$$

$$\pi^-(p_j) = \frac{p_j^\delta}{(p_j^\delta + (1 - p_j)^\delta)^{1/\delta}}.$$

其中: $\gamma = 0.61, \delta = 0.69$ ^[11]. 于是, 在 c_j 下 a_i 的综合前景值为

$$v(a_{ij}) = \sum_{k=1, v(\tilde{x}_{ijk}) > 0}^h v(\tilde{x}_{ijk})\pi^+(p_k) + \sum_{k=1, v(\tilde{x}_{ijk}) < 0}^h v(\tilde{x}_{ijk})\pi^-(p_k).$$

前景决策矩阵为 $V = [v(a_{ij})]_{m \times n}$.

VIKOR 方法是一种对复杂系统进行多准则决策

的折衷排序方法, 折衷解是所有解中最接近理想解的可行解, 是属性间彼此让步的结果, 也是理想点法改进的结果^[1]. 令

$$f^* = \{\max_i v(a_{i1}), \max_i v(a_{i2}), \dots, \max_i v(a_{in})\},$$

$$f^- = \{\min_i v(a_{i1}), \min_i v(a_{i2}), \dots, \min_i v(a_{in})\},$$

$$z_{ij} = (\max_i v(a_{ij}) - v(a_{ij})) / (\max_i v(a_{ij}) - \min_i v(a_{ij})).$$

于是有

$$S_i = \sum_{j=1}^n w_j \times z_{ij}, \quad R_i = \max_j \{w_j \times z_{ij}\}.$$

令 ξ 为大多数准则策略的决策机制系数, $\xi > 0.5$ 表明根据大多数人的意见决策, $\xi = 0.5$ 表明根据赞同情况决策, $\xi < 0.5$ 表明根据拒绝情况进行决策^[1], 于是有

$$Q_i = \xi \times (S_i - \min_i S_i) / (\max_i S_i - \min_i S_i) + (1 - \xi) \times (R_i - \min_i R_i) / (\max_i R_i - \min_i R_i).$$

综上所述, 基于前景理论和 VIKOR 方法的风险型模糊多准则决策方法可描述如下.

Step 1: 对于风险型模糊多准则决策矩阵, 按照第 1 节提供的方法进行无量纲化处理.

Step 2: 比较各类模糊数的大小, 并确定各个准则各种状态下的准则值参考点 \tilde{Y}_{jk} .

Step 3: 由式 (1) 计算各个准则值的前景价值, 给定各个状态的概率, 并计算各个准则下各个方案的综合前景值 $v(a_{ij})$, 形成前景价值矩阵.

Step 4: 计算 S_i, R_i 和 Q_i , 为了不失一般性, 假定依据 Q_i 值得到的排序第 1 和第 2 的方案分别为 a_1 和 a_2 ^[1].

条件 1 可接受度优势, 即排序第 1 位的方案和第 2 位的方案的差异能被决策者充分接受, 可表示为 $Q_2 - Q_1 \geq 1/(n - 1)$, n 为方案数目.

条件 2 决策过程中可以接受的稳定性, a_1 同样是 S_i 或 R_i 中排序第 1 的方案, 表明通过计算 Q_i 得到排序第 1 位的方案也能通过 S_i 或 R_i 加以验证.

如果条件 1 和条件 2 均满足, 则 a_1 为排序第 1 的方案. 如果上述条件有一个不满足, 则有: 若不满足条件 2, 则 a_1 和 a_2 均为折衷解; 若不满足条件 1, 则通过 $Q_2 - Q_1 < 1/(n - 1)$ 得到最大的 M, a_1, a_2, \dots, a_M 均贴近理想方案.

3 实例分析

某风险投资企业致力于寻求合适的风险投资项目, 现有 4 个备选方案, 考虑的准则主要有环境影响 c_1 (区间数)、预期收益 c_2 (梯形模糊数)、成长性 c_3 (直觉模糊数) 和社会效益 c_4 (三角模糊数). 第 1 个准则为成本型准则, 其他均为效益型准则. 各个准则下均存在 3 种自然状态 (高风险、中等风险和低风险), 令 $\eta = 0.8$, 其决策矩阵分别如表 1 ~ 表 3 所示.

表 1 状态 1 下的多准则决策矩阵

方案	c_1	c_2	c_3	c_4
a_1	[4.3, 4.7]	[88, 90, 92, 95]	[0.3, 0.5]	[0, 2, 4]
a_2	[2.8, 3.1]	[91, 92, 94, 97]	[0.5, 0.4]	[2, 4, 6]
a_3	[4.0, 4.2]	[90, 92, 94, 95]	[0.6, 0.3]	[6, 8, 10]
a_4	[3.5, 3.8]	[80, 82, 83, 84]	[0.2, 0.4]	[4, 6, 8]

表 2 状态 2 下的多准则决策矩阵

方案	c_1	c_2	c_3	c_4
a_1	[3.3, 3.5]	[91, 93, 94, 95]	[0.6, 0.2]	[4, 6, 8]
a_2	[2.3, 2.4]	[89, 90, 92, 93]	[0.7, 0.1]	[6, 8, 10]
a_3	[2.9, 3.0]	[86, 88, 90, 92]	[0.2, 0.4]	[0, 2, 4]
a_4	[3.0, 3.1]	[85, 87, 89, 90]	[0.4, 0.4]	[2, 4, 6]

表 3 状态 3 下的多准则决策矩阵

方案	c_1	c_2	c_3	c_4
a_1	[2.6, 2.7]	[85, 86, 88, 90]	[0.5, 0.3]	[6, 8, 10]
a_2	[2.6, 2.8]	[90, 93, 94, 95]	[0.3, 0.4]	[0, 2, 4]
a_3	[2.7, 2.8]	[87, 88, 90, 91]	[0.6, 0.3]	[2, 4, 6]
a_4	[3.2, 3.3]	[91, 93, 94, 96]	[0.5, 0.2]	[4, 6, 8]

Step 1: 对上述 3 个决策矩阵进行无量纲化处理,

表 4 状态 1 下的多准则决策矩阵的无量纲化

方案	c_1	c_2	c_3	c_4
a_1	[0.189, 0.224]	[0.471, 0.588, 0.706, 0.882]	0	[0.000, 0.250, 0.667]
a_2	[0.287, 0.345]	[0.647, 0.706, 0.824, 1.000]	0.18	[0.250, 0.500, 1.000]
a_3	[0.212, 0.241]	[0.588, 0.706, 0.824, 0.882]	0.38	[0.750, 1.000, 1.000]
a_4	[0.234, 0.276]	[0.000, 0.118, 0.176, 0.235]	0.12	[0.500, 0.750, 1.000]

表 5 状态 2 下的多准则决策矩阵的无量纲化

方案	c_1	c_2	c_3	c_4
a_1	[0.202, 0.223]	[0.600, 0.800, 0.900, 1.000]	0.56	[0.500, 0.750, 1.000]
a_2	[0.294, 0.320]	[0.400, 0.500, 0.700, 0.800]	0.76	[0.750, 1.000, 1.000]
a_3	[0.235, 0.254]	[0.100, 0.300, 0.500, 0.700]	0.12	[0.000, 0.250, 0.667]
a_4	[0.228, 0.245]	[0.000, 0.200, 0.400, 0.500]	0.12	[0.250, 0.500, 1.000]

表 6 状态 3 下的多准则决策矩阵的无量纲化

方案	c_1	c_2	c_3	c_4
a_1	[0.255, 0.277]	[0.000, 0.091, 0.273, 0.455]	0.36	[0.750, 1.000, 1.000]
a_2	[0.246, 0.277]	[0.455, 0.727, 0.818, 0.909]	0.14	[0.000, 0.250, 0.667]
a_3	[0.246, 0.267]	[0.182, 0.273, 0.455, 0.545]	0.38	[0.250, 0.500, 1.000]
a_4	[0.209, 0.225]	[0.545, 0.727, 0.818, 1.000]	0.54	[0.500, 0.750, 1.000]

表 7 参考点

状态	c_1	c_2	c_3	c_4
S_1	[0.223, 0.258]	[0.529, 0.647, 0.765, 0.882]	0.15	[0.375, 0.625, 1.000]
S_2	[0.232, 0.250]	[0.250, 0.400, 0.600, 0.750]	0.34	[0.375, 0.625, 1.000]
S_3	[0.246, 0.272]	[0.318, 0.500, 0.636, 0.727]	0.37	[0.375, 0.625, 1.000]

表 8 前景价值矩阵

方案	c_1	c_2	c_3	c_4
a_1	-0.048 02	-0.285 63	-0.126 49	-0.099 55
a_2	0.047 914	0.161 54	-0.090 52	-0.225 82
a_3	-0.017 36	-0.261 77	-0.073 27	-0.164 35
a_4	-0.038 12	-0.573 68	-0.133 45	0.004 485

结果如表 4~表 6 所示.

Step 2: 确定各个准则中各种状态下的参考点, 如表 7 所示.

Step 3: 令各个准则下概率分别为 0.35, 0.25 和 0.4, 则其前景价值如表 8 所示.

Step 4: 假定 4 个准则的权重分别为 0.2, 0.4, 0.3 和 0.1, 则 S_i , R_i 和 Q_i 的值如表 9 所示.

由表 9 可知, 各种 ξ 下的妥协解均为 a_2 , 说明本案例中 ξ 对妥协解不敏感, 而且差异值基本平稳. 随着 ξ 值的改变, 排序第 1 位和第 2 位的方案评估值差值变化如图 1 所示.

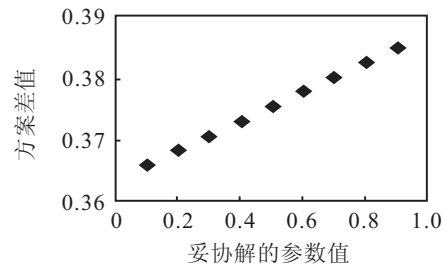


图 1 排序第 1 位和第 2 位方案差值

表 9 S_i, R_i 和几种 ξ 下的 Q_i 值

方案	S_i	R_i	Q_i								
			$\xi = 0.1$	$\xi = 0.2$	$\xi = 0.3$	$\xi = 0.4$	$\xi = 0.5$	$\xi = 0.6$	$\xi = 0.7$	$\xi = 0.8$	$\xi = 0.9$
a_1	0.84	0.50	0.53	0.57	0.60	0.64	0.67	0.70	0.74	0.77	0.81
a_2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
a_3	0.38	0.36	0.36	0.36	0.37	0.37	0.37	0.37	0.38	0.38	0.38
a_4	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

4 结 论

风险型模糊多准则决策问题是常见的多准则决策问题, 本文引入了前景理论, 将具有效用值特征的准则值合理转化为体现行为特征的前景价值函数. 通过比较模糊数的顺序界定中位数, 从而确定中位数参考点. 借助于 VIKOR 方法对方法进行排序, 体现了属性妥协的结果, 弱化了绝对最优解的概念.

参考文献(References)

- [1] Opricovic S, Tzeng G H. Extended VIKOR method in comparison with outranking methods[J]. *European J of Operational Research*, 2007, 178(7): 514-529.
- [2] Tsung-Han Chang. Fuzzy VIKOR method: A case study of the hospital service evaluation in Taiwan[J]. *Information Sciences*, 2014, 271(1): 196-212.
- [3] Hu-Chen Liu, Jian-Xin You, Xiao-Jun Fan, et al. Site selection in waste management by the VIKOR method using linguistic assessment[J]. *Applied Soft Computing*, 2014, 21(1): 684-696.
- [4] Kamran Rezaie, Sara Saeidi Ramiyani, Salman Nazari-Shirkouhi, et al. Evaluating performance of Iranian cement firms using an integrated fuzzy AHP-VIKOR method[J]. *Applied Mathematical Modelling*, 2014, 22(3): 21-30.
- [5] Hu-Chen Liu, Long Liu, Nan Liu, et al. Risk evaluation in failure mode and effects analysis with extended VIKOR method under fuzzy environment[J]. *Expert Systems with Applications*, 2012, 39(17): 12926-12934.
- [6] Lisa Y Chen, Tien-Chin Wang. Optimizing partners' choice in IS/IT outsourcing projects: The strategic decision of fuzzy VIKOR[J]. *Int J of Production Economics*, 2009, 120(1): 233-242.
- [7] 索玮岚. 基于扩展 VIKOR 的不确定语言多属性群决策方法[J]. *控制与决策*, 2013, 28(9): 1431-1440. (Suo W L. Method for uncertain linguistic multiple attribute group decision making based on extended VIKOR[J]. *Control and Decision*, 2013, 28(9): 1431-1440.)
- [8] Mohammad Kazem Sayadi, Majeed Heydari, Kamran Shahanaghi. Extension of VIKOR method for decision making problem with interval numbers[J]. *Applied Mathematical Modelling*, 2009, 33(6): 2257-2262.
- [9] Jin Han Park, Hyun Ju Cho, Young Chel Kwun. Extension of the VIKOR method to dynamic intuitionistic fuzzy multiple attribute decision making[J]. *Computers and Mathematics with Applications*, 2013, 65(3): 731-744.
- [10] Yanbing Ju, Aihua Wang. Extension of VIKOR method for multi-criteria group decision making problem with linguistic information[J]. *Applied Mathematical Modelling*, 2013, 37(5): 3112-3125.
- [11] Kahneman D, Tversky. A prospect theory: An analysis of decision under risk[J]. *Econometric*, 1979, 47(2): 263-291.
- [12] Renato A Krohling, Talles T M de Souza. Combining prospect theory and fuzzy numbers to multi-criteria decision making[J]. *Expert Systems with Applications*, 2012, 39(13): 11487-11493.
- [13] ZhiPing Fan, Xiao Zhang, Fadong Chen, et al. Multiple attribute decision making considering aspiration-levels: A method based on prospect theory[J]. *Computers & Industrial Engineering*, 2013, 65(1): 341-350.
- [14] Ye J. Improved method of multi-criteria fuzzy decision making based on vague sets[J]. *Computer Aided Design*, 2007, 39(2): 164-169.
- [15] Xu Z S. Dependent uncertain ordered weighted aggregation operators[J]. *Information Fusion*, 2008, 9(2): 310-316.
- [16] Haris Doukas, Anastasia Tsiousi, Vangelis Marinakis, et al. Linguistic multi-criteria decision making for energy and environmental corporate policy[J]. *Information Sciences*, 2014, 258(2): 328-338.
- [17] 王坚强, 孙腾, 陈晓红. 基于前景理论的信息不完全的模糊多准则决策方法[J]. *控制与决策*, 2009, 24(8): 1198-1202. (Wang J Q, Sun T, Chen X H. Multi-criteria fuzzy decision making method based on prospect theory with incomplete information[J]. *Control and Decision*, 2009, 24(8): 1198-1202.)
- [18] Peide Liu, Fang Jin, Xin Zhang, et al. Research on the multi-attribute decision-making under risk with interval probability based on prospect theory and the uncertain linguistic variables[J]. *Knowledge-Based Systems*, 2011, 24(3): 554-561.

(责任编辑: 滕 蓉)