doi:10.3969/j.issn.1007-855x.2013.05.020

基于云模型的区间 VIKOR 多准则决策方法研究

高志方[1],杨　青[2],彭定洪[3]
(昆明理工大学 质量发展研究院,云南 昆明 650093)

摘要: 针对区间型多准则决策问题,提出一种基于云模型的区间 VIKOR 决策方法. 首先,提出将普通的区间型数值转化为能体现模糊性与随机性信息的云决策矩阵方法;接着,给出了正负云理想点的确定方法以及云模型距离测度公式,在此基础上发展了一种云 VIKOR 方法;最后,通过空调选择的算例验证了该方法的有效性和可行性.

关键词: 区间型;多准则决策;云模型;VIKOR 方法
中图分类号:TP301.6　　**文献标识码:**A　　**文章编号:**1007-855X(2013)05-0111-06

Interval VIKOR Multi-Criteria Decision Method Research Based on Cloud Model

GAO Zhi-fang, YANG Qing, PENG Ding-hong
(Institute of Quality Development, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China)

Abstract: For interval multi-criteria decision making problems, a method based on cloud model interval VIKOR decision method is proposed. Firstly, a method is proposed to transform the ordinary interval values into a cloud decision matrix which reflects the fuzziness and randomness of information. A method is then offered to determine the positive and negative ideal point and cloud model distance measure formula, based on which, a cloud VIKOR method is developed. Finally, the effectiveness and feasibility of this method is verified through the example of air conditioning selection.

Key words: interval; multi-criteria decision making; cloud model; VIKOR method

0 引 言

多准则决策(Multi-criteria decision making)问题是指在多个准则或指标情况下,选择最佳备选方案或排序有限备选方案的决策问题. 在解决多准则决策问题时,常用的方法有 TOPSIS 法、交互式加权法、LINMAP 法、VIKOR 法、线性目标规划法等. 在实际决策过程中,由于决策问题的复杂性和决策者主观思维的不确定性,决策信息很多时候是以区间数形式表达的,寻求科学的方法来分析区间多准则决策意义深远[1]. 在解决实际问题时,常常会遇到决策信息是不确定的、模糊的,而用区间数表示属性值能较好地反映人们对事物认识的模糊性,此类用区间值评估问题的方法成为近几年研究的焦点. Veselka(2005)针对传统决策信息模糊和数值不精确问题,提出了用区间型数值来表示一种偏好关系,作为选择受理替代品的依据[2]. Zhang(2005)利用区间模糊数的灰色关联度分析法,解决了多个决策者对系统评价时,参数输入不确定问题[3]. Jahanshahloo(2006)认为在某些情况下,确定属性的精确值是困难的、不可能的,因此引入区间数值,提出一种扩展的 TOPSIS 算法[4]. Chen(2008)构建了区间模糊集的距离测度,提出了一种区间值模糊的 TOPSIS 扩展方法[5]. 针对多准则决策中,当决策者无法达成协议定义语言变量时,Behnam(2010)引入区间值模糊集来解决决策中权重标准不统一问题[6]. 由于 VIKOR 算法具有通过最大化群体效益和最小化个体损失得到决策者接受妥协解的优势,近年来得到了深入的研究和广泛的应用. Sayadi 等

收稿日期:2013-06-08. **基金项目:**国家自然科学基金项目(61364016,71272191,71072085);黑龙江省研究生创新基金重点项目(YJSCX2011-003HLJ);昆明理工大学自然科学基金项目(KKSY201358032).
作者简介:高志方(1968-),男,硕士,副教授,硕士生导师. 主要研究方向:质量工程与管理. **E-mail:**mountman@qq.com

(2009)针对区间型决策矩阵,通过区间数的比较和区间之间的比较获得排序数据,提出一种 VIKOR 扩展方法[7]. 索玮岚和樊治平(2010)针对混合型多属性决策问题,提出了一种综合数值、区间数和模糊数三种信息的 E - VIKOR 方法[8]. Shemshadi 等(2011)在客观赋值权重的基础上将熵度量和 VIKOR 相结合,提出一种用于选择潜在供应商的模糊 VIKOR 方法[9]. 针对失效模式和效果分析(FMEA)用于风险评估时,传统方法确定优先级的不足,Liu 等(2012)提出了一种模糊理论的 VIKOR 法来评估风险因素的权重[10]. Zhang 等(2013)对于单纯的利用 VIKOR 或 TOPSIS 法在解决多准则决策问题时不能考虑到相对距离重要性问题,提出一种基于犹豫模糊集的 E - VIKOR 方法[11]. 上述所提出的区间 VIKOR 方法,大都均是简单的利用区间信息的端点值来进行处理分析的,其操作性和实用性较好,但是区间信息中还隐含着决策者主观的不确定性和模糊性,上述方法仅利用端点信息进行评价,使其对区间内部数据信息挖掘不够,造成了信息的缺损,从而导致决策结果的扭曲.

众所周知,由于客观事物的复杂性以及人们认知能力的限制,现实生活中事物的不确定性不仅包括模糊性还包括随机性,而且往往是同时存在的,而如何在区间信息中充分挖掘其既模糊又随机的信息,对决策结果的科学性至关重要、也是一个新的研究课题. 针对这一问题,我国学者李德毅提出了集合事件模糊性和随机性的云模型理论,它是一种定性与定量之间转换的模型,能较好地克服概率论和模糊数学在处理不确定性方面的不足. 王洪利等(2005)利用云转换将决策者给出的自然语言值的评价信息转化为定量数值,再用云模型相对距离测度对备选方案进行排序择优[12]. 胡石元等(2006)评价了用自然语言描述的土地评价指标,采用关联度分析法和云模型运算实现了定性和定量之间的科学转换[13]. 路峰等(2008)提出了基于云理论的信任评估模型,讨论了信任关系模糊性和随机性的互融问题[14]. Li(2010)针对概念不确定性的数学表示,将二型模糊集、粗糙集和云模型这三种应用于不确定性领域方法的数学基础做了详细的比较研究,为不确定性人工智能做出了重要贡献[15]. Fang(2013)针对我国风电项目评价体系的缺陷,试图通过云理论(包括虚拟云和云参数理论)获得数据,实现定性与定量之间的变换,从而评估风电体系[16].

为了克服目前区间 VIKOR 存在的上述缺陷,本文利用云模型理论,提出一种求解区间型决策信息的云 VIKOR 方法,其显著特点在于针对概率论和模糊数学在处理不确定性方面的不足,能较好地挖掘决策信息中的模糊性和随机性. 本文的基本思想是首先利用云模型将区间型数值转化为云矩阵,接着将云模型决策矩阵带入 VIKOR 的求解过程中,使 VIKOR 的整个运算过程更加严谨,最后给出算例验证.

1 基于云模型的 VIKOR 决策方法

1.1 云模型及其运算规则

假设 U 是一个用精确数值表示的论域(可以是一维的、二维的或多维的),C 是 U 上对应的定性概念,对于论域中的任意一个元素 x,都存在一个有稳定倾向的随机数 $y=\mu(x)$,那么此时称 x 为对概念 C 的确定程度,x 在论域上的分布称为云模型.

云模型通常用期望 Ex、熵 En 和超熵 He 三个参数特征表示,用于反映定性概念 C 整体的定量特征. 其中 Ex(Expectation)表示云的重心位置,可以理解为概念 C 均化的最典型样本点;En(Entropy)表示定性概念 C 的不确定性,它的大小反映了在论域中可被定性概念接受的元素;He(Hyper Entropy)表示熵的不确定度,即熵的熵. 当任何一个云滴的熵和超熵都为零时,云模型的代数运算便简化为精确值.

假设给定两朵云 C_1 和 C_2,它们的数字特征分别用 $C_1(Ex_1, En_1, He_1)$ 和 $C_2(Ex_2, En_2, He_2)$ 表示,则云 C_1 和云 C_2 的运算规则如下所示[17]:

1) $C_1 + C_2 = \left(Ex_1 + Ex_2, \sqrt{En_1^{\ 2} + En_2^{\ 2}}, \sqrt{He_1^{\ 2} + He_2^{\ 2}}\right)$

2) $C_1 - C_2 = \left(Ex_1 - Ex_2, \sqrt{En_1^{\ 2} + En_2^{\ 2}}, \sqrt{He_1^{\ 2} + He_2^{\ 2}}\right)$

3) $C_1 * C_2 = \left(Ex_1 \times Ex_2, |Ex_1 Ex_2| \sqrt{\left(\frac{En_1}{Ex_1}\right)^2 + \left(\frac{En_2}{Ex_2}\right)^2}, |Ex_1 Ex_2| \sqrt{\left(\frac{He_1}{Ex_1}\right)^2 + \left(\frac{He_2}{Ex_2}\right)^2}\right)$

1.2 VIKOR 决策方法

VIKOR(Vlsekriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje)方法是由 Opricovic 在 1998 年提出的一种为解决复杂系统问题的决策方法,它的基本思想是首先确定正理想解(PIS)和负理想解(NIS),所谓 PIS

是指各备选方案在各评价准则中的最佳值,NIS 指各备选方案在各评价准则中的最劣值,然后比较各备选方案各个评价值与 PIS 和 NIS 的接近程度,最后在可接受优势和决策过程的稳定条件下排列方案的优先顺序[18]. VIKOR 方法的一般求解步骤如下:

步骤 1:找出正理想解和负理想解

$$f_i^* = [< \max_j f_{ij} \mid i \in B > , < \min_j f_{ij} \mid i \in C >], \forall i \tag{1}$$

$$f_i' = [< \min_j f_{ij} \mid i \in B > , < \max_j f_{ij} \mid i \in C >], \forall i \tag{2}$$

j 为各备选方案,i 为各评估准则;f_{ij} 为备选方案的评估准则的绩效评估值;B 为效益型评估准则集合,C 为成本型评估准则集合;f_i^* 即为正理想解,f_i' 即为负理想解.

步骤 2:计算 S_j 和 R_j

$$S_j = \sum_{i=1}^{n} w_i \frac{(f_i^* - f_{ij})}{(f_i^* - f_i^-)} \forall j \tag{3}$$

$$R_j = \max\left[\frac{w_i(f_i^* - f_{ij})}{(f_i^* - f_i^-)} \right] \forall j \tag{4}$$

上面两式中,w_i 是各评估准则之间的相对权重.

步骤 3:计算 Q_j,并依据 Q_j、S_j 和 R_j 的关系对方案进行排序

$$Q_j = v \frac{(S_j - S^*)}{(S^- - S^*)}(S^- - S^*) + (1 - v) \frac{(R_j - R^*)}{(R^- - R^*)} \tag{5}$$

其中,v 为决策机制系数. 当 v 大于 0.5 时,表示根据大多数决议的方式制定决策;v 近似 0.5 时,表示根据赞同情况制定决策;v 小于 0.5 时,表示根据拒绝的情况制定决策. 在 VIKOR 中一般将 v 设定为 0.5,以同时追求群体效用最大化和个别遗憾最小化.

(5) 式中,$S^* = \min_j S_j$;$S^- = \max_j S_j$;$R^* = \min_j R_j$;$R^- = \max_j R_j$. $\max_j R_j$ 所得值即是群体最大效用,$\min_j R_j$ 所得值即是个别最小遗憾. Q_j 即为 j 方案所能产生的利益比率.

折衷排序的多准则决策方法是折衷规划中以 Lp − 度量作为聚合函数发展起来的. 其中 $L_{pj} = \left| \sum_{i=1}^{n} \left| \frac{w_i(f_i^* - f_{ij})}{(f_i^* - f_i^-)} \right|^p \right|^{\frac{1}{p}}$,$1 \le p \le \infty$;$j = 1,2,3,\cdots,m$. m 表示的是备选方案的个数. 在 VIKOR 方法中使用 L_{1j} 和 $L_{\infty j}$ 作为排序的度量[19]. 由 VIKOR 方法求得的是折衷解,折衷解是所有解中最为接近理想接的可行解,它是两属性间彼此让步的结果.

1.3 云 VIKOR 决策方法

假设 $A_1, A_2, \cdots, A_m$ 是 m 个备选方案,$C_1, C_2, \cdots, C_n$ 是备选方案的 n 个属性值,设区间型决策矩阵形式为:$a_{ij} = [f_{ij}^L, f_{ij}^U]$,$(i = 1,2,\cdots,m; j = 1,2,\cdots,n)$,其中 f_{ij} 表示第 i 个方案的第 j 个属性值,f_{ij}^L 和 f_{ij}^U 分别表示区间的最小边界值和最大边界值,W = $[w_1, w_2, \cdots, w_j]$ 表示各属性的权重. 下面给出区间型云 VIKOR 决策方法的求解步骤:

步骤 1:区间型决策矩阵的云转化

$$Ex_{ij} = \frac{a_{ij}^L + a_{ij}^U}{2}, En_{ij} = \frac{a_{ij}^U - a_{ij}^L}{6}, He_{ij} = \frac{\left| \max\limits_{1 \le i \le m} En_{ij} - \min\limits_{1 \le i \le m} En_{ij} - 2En_{ij} \right|}{3} \tag{6}$$

其中,Ex 即为期望,最能代表定型概念在空间的点,反应了云的重心位置;En 不仅可以反应定性概念在数域空间被语言值所接受的范围,即模糊度的度量,还可以反映数域空间的点代表这个语言值的概率,即定性概念的云滴出现的随机性,也即 En 揭示了模糊性和随机性的关联性;He 是 En 的不确定度量,反映了在数域空间代表该语言值的所有点的不确定度的凝聚性,即云滴的凝聚度.

通过式(6),将区间矩阵 $a_{ij} = [f_{ij}^L, f_{ij}^U]$,$(i = 1,2,\cdots,m; j = 1,2,\cdots,n)$ 进行云转换,可得云决策矩阵 $A_{ij} = [Ex_{ij}, En_{ij}, He_{ij}]$,$(i = 1,2,\cdots,m; j = 1,2,\cdots,n)$.

步骤 2:确定正理想点(PIS)和负理想点(NIS)

$$f^+ = \{f_1^+, f_2^+, \cdots, f_n^+\} = \{(\max_i f_{ij}^U, j \in B) or (\min_i f_{ij}^L, j \in C)\} \tag{7}$$

$$f^- = \{f_1^-, f_2^-, \cdots, f_n^-\} = \{(\min_i f_{ij}^L, j \in B) or (\max_i f_{ij}^U, j \in C)\} \tag{8}$$

针对任意给定的两个云滴 $C_i = (Ex_i, En_i, He_i)$ 和 $C_j = (Ex_j, En_j, He_j)$,云矩阵的比较规则为:如若 $Ex_i > Ex_j$,那么 $C_i > C_j$;否则如若 $En_i < En_j$,那么 $C_i > C_j$;否则如若 $He_i < He_j$,那么 $C_i > C_j$.

步骤 3:计算区间值 S_i 和 R_i,$i = 1,2,\cdots,m$.

$$S_i = \sum_{j \in B} \frac{w_j(|(Exa_{ij} - Exa_j^+) - (Ena_{ij} - Ena_j^+)| + |(Exa_{ij} - Exa_j^+) + (Ena_{ij} - Ena_j^+)|) \times (Hea_{ij} + Hea_j^+)}{(|(Exa_j^+ - Exa_j^-) - (Ena_j^+ - Ena_j^-)| + |(Exa_j^+ - Exa_j^-) + (Ena_j^+ - Ena_j^-)|) \times (Hea_j^+ + Hea_j^-)} + \sum_{j \in C} \frac{w_j(|(Exa_{ij} - Exa_j^-) - (Ena_{ij} - Ena_j^-)| + |(Exa_{ij} - Exa_j^-) + (Ena_{ij} - Ena_j^-)|) \times (Hea_{ij} + Hea_j^-)}{(|(Exa_j^+ - Exa_j^-) - (Ena_j^+ - Ena_j^-)| + |(Exa_j^+ - Exa_j^-) + (Ena_j^+ - Ena_j^-)|) \times (Hea_j^+ + Hea_j^-)} \tag{9}$$

$$R_i = \max\left\{\frac{w_j(|(Exa_{ij} - Exa_j^+) - (Ena_{ij} - Ena_j^+)| + |(Exa_{ij} - Exa_j^+) + (Ena_{ij} - Ena_j^+)|) \times (Hea_{ij} + Hea_j^+)}{(|(Exa_j^+ - Exa_j^-) - (Ena_j^+ - Ena_j^-)| + |(Exa_j^+ - Exa_j^-) + (Ena_j^+ - Ena_j^-)|) \times (Hea_j^+ + Hea_j^-)}, j \in B, \frac{w_j(|(Exa_{ij} - Exa_j^-) - (Ena_{ij} - Ena_j^-)| + |(Exa_{ij} - Exa_j^-) + (Ena_{ij} - Ena_j^-)|) \times (Hea_{ij} + Hea_j^-)}{(|(Exa_j^+ - Exa_j^-) - (Ena_j^+ - Ena_j^-)| + |(Exa_j^+ - Exa_j^-) + (Ena_j^+ - Ena_j^-)|) \times (Hea_j^+ + Hea_j^-)}, j \in C\right\} \tag{10}$$

步骤 4:计算区间值 Q_i,并排序,$i = 1,2,\cdots,m$.

$$Q_i = \alpha \frac{S_i - \max_i S_i}{\min_i S_i - \max_i S_i} + (1 - \alpha) \frac{R_i - \max_i R_i}{\min_i R_i - \max_i R_i} \tag{11}$$

其中,α 为"大多数准则" 策略的权重或最大群体效用权重. 当 $\alpha > 0.5$,表示根据大多数人的意见制定决策;当 $\alpha = 0.5$ 时,表示根据赞同的情况制定决策;当 $\alpha < 0.5$ 时,表示根据拒绝的情况制定决策.

2 算例分析

考虑空调方案的选择问题. 假设有 5 个备选方案 $A_i (i = 1,2,3,4,5)$,评价方案主要依据三个因素,即:价格、性能、可维护性. 性能和可维护性的属性值为打分值,范围由 1(最差) 到 10(最好) 之间,属于效益型属性,价格属于成本型属性,权重 $W = [0.4, 0.4, 0.2]$. 该问题的决策矩阵如下所示[20]:

$$\begin{pmatrix} [1750,1840] & [6.47,6.49] & [7.36,7.56] \\ [2060,2250] & [8.23,8.92] & [7.28,7.64] \\ [1950,2040] & [8.19,8.83] & [8.85,9.24] \\ [1810,1900] & [8.04,8.49] & [7.65,7.89] \\ [2140,2200] & [7.53,8.74] & [8.04,8.44] \end{pmatrix}$$

1) 根据式(6) 可以将以上决策矩阵化为对应的云矩阵,计算结果如下:

$$\begin{pmatrix} [1795,45,8.333] & [6.48,0.01,0.192] & [7.46,0.1,0.333] \\ [2155,95,41.667] & [8.575,0.345,0.032] & [7.46,0.18,0.087] \\ [1995,45,8.333] & [8.51,0.32,0.015] & [9.045,0.195,0.097] \\ [1855,45,8.333] & [8.265,0.225,0.048] & [7.77,0.12,0.047] \\ [2170,30,1.667] & [8.135,0.605,0.205] & [8.24,0.2,0.1] \end{pmatrix}$$

2) 根据式(7) 和式(8) 确定正理想点 PID 和负理想点 NID:

$$f^+ = \{f_1^+, f_2^+, \cdots, f_n^+\} = \{(\max_i f_{ij}^U, j \in B) or (\min_i f_{ij}^L, j \in C)\}$$
$$= \{[1795,30,1.667] \quad [8.575,0.605,0.205] \quad [9.045,0.2,0.333]\}$$
$$f^- = \{f_1^-, f_2^-, \cdots, f_n^-\} = \{(\min_i f_{ij}^L, j \in B) or (\max_i f_{ij}^U, j \in C)\}$$
$$= \{[2170,95,41.667] \quad [6.48,0.01,0.015] \quad [7.46,0.1,0.047]\}$$

3) 根据式(9)、(10) 和(11) 计算 S_i、R_i 以及 Q_i 的值,这里我们首先计算 S_1、R_1 以及 Q_1 的值,本文选取 $\alpha = 0.5$,计算的具体过程如下:

$$S_1 = \sum_{j \in 2,3} \frac{w_j(|(Exa_{1j} - Exa_j^+) - (Ena_{1j} - Ena_j^+)| + |(Exa_{1j} - Exa_j^+) + (Ena_{1j} - Ena_j^+)|) \times (Hea_{1j} + Hea_j^+)}{(|(Exa_j^+ - Exa_j^-) - (Ena_j^+ - Ena_j^-)| + |(Exa_j^+ - Exa_j^-) + (Ena_j^+ - Ena_j^-)|) \times (Hea_j^+ + Hea_j^-)} + \sum_{j \in 1} \frac{w_j(|(Exa_{1j} - Exa_j^-) - (Ena_{1j} - Ena_j^-)| + |(Exa_{1j} - Exa_j^-) + (Ena_{1j} - Ena_j^-)|) \times (Hea_{1j} + Hea_j^-)}{(|(Exa_j^+ - Exa_j^-) - (Ena_j^+ - Ena_j^-)| + |(Exa_j^+ - Exa_j^-) + (Ena_j^+ - Ena_j^-)|) \times (Hea_j^+ + Hea_j^-)}$$

$$= \frac{0.4(|(6.48-8.575)-(0.01-0.605)|+|(6.48-8.575)+(0.01-0.605)|)*(0.192+0.205)}{(|(8.575-6.48)-(0.605-0.01)|+|(8.575-6.48)+(0.605-0.01)|)*(0.205+0.015)}$$
$$+ \frac{0.2(|(7.46-9.045)-(0.1-0.2)|+|(7.46-9.045)+(0.1-0.2)|)*(0.033+0.333)}{(|(9.045-7.46)-(0.2-0.1)|+|(9.045-7.46)+(0.2-0.1)|)*(0.333+0.047)}$$
$$+ \frac{0.4(|(1795-1795)-(45-30)|+|(1795-1795)+(45-30)|)*(8.333+1.667)}{(|(2170-1795)-(95-30)|+||(2170-1795)+(95-30)||)*(41.667+1.667)}$$
$$= 0.7218+0.1926+0.0043$$
$$= 0.9187$$

$$R_1 = \max\left\{\frac{w_j(|(Exa_{ij}-Exa_j^+)-(Ena_{ij}-Ena_j^+)|+|(Exa_{ij}-Exa_j^+)+(Ena_{ij}-Ena_j^+)|)\times(Hea_{ij}+Hea_j^+)}{(|(Exa_j^+-Exa_j^-)-(Ena_j^+-Ena_j^-)|+|(Exa_j^+-Exa_j^-)+(Ena_j^+-Ena_j^-)|)\times(Hea_j^++Hea_j^-)}, j\in B,\right.$$
$$\left.\frac{w_j(|(Exa_{ij}-Exa_j^-)-(Ena_{ij}-Ena_j^-)|+|(Exa_{ij}-Exa_j^-)+(Ena_{ij}-Ena_j^-)|)\times(Hea_{ij}+Hea_j^-)}{(|(Exa_j^+-Exa_j^-)-(Ena_j^+-Ena_j^-)|+|(Exa_j^+-Exa_j^-)+(Ena_j^+-Ena_j^-)|)\times(Hea_j^++Hea_j^-)}, j\in C\right\}$$

$$= \max\left\{\begin{array}{l}\frac{0.4(|(6.48-8.575)-(0.01-0.605)|+|(6.48-8.575)+(0.01-0.605)|)*(0.192+0.205)}{(|(8.575-6.48)-(0.605-0.01)|+|(8.575-6.48)+(0.605-0.01)|)*(0.205+0.015)},\\ \frac{0.2(|(7.46-9.045)-(0.1-0.2)|+|(7.46-9.045)+(0.1-0.2)|)*(0.033+0.333)}{(|(9.045-7.46)-(0.2-0.1)|+|(9.045-7.46)+(0.2-0.1)|)*(0.333+0.047)},\\ \frac{0.4(|(1795-1795)-(45-30)|+|(1795-1795)+(45-30)|)*(8.333+1.667)}{(|(2170-1795)-(95-30)|+||(2170-1795)+(95-30)||)*(41.667+1.667)}.\end{array}\right\}$$
$$= \max\{0.7218, 0.1926, 0.0043\}$$
$$= 0.7218$$

$$Q_1 = \alpha\frac{S_1-\max\limits_i S_1}{\min\limits_i S_1-\max\limits_i S_1}+(1-\alpha)\frac{R_1-\max\limits_i R_1}{\min\limits_i R_1-\max\limits_i R_1} = 0.5*\frac{0.9187-0.9187}{0.2447-0.9187}+(1-0.5)*\frac{0.7218-0.7218}{0.1566-0.7218} = 0$$

4）同理,由式(9)得 i 家备选方案的评估值到正理想解的加权距离 $S_i(i=1,2,\cdots,m)$,最终计算结果如下所示:

$$S_1 = 0.7218+0.1926+0.0043 = 0.9187;$$
$$S_2 = 0.0535+0.2211+0.4431 = 0.7177;$$
$$S_3 = 0.0544+0.0007+0.2485 = 0.3036;$$
$$S_4 = 0.0834+0.1609+0.0004 = 0.2447;$$
$$S_5 = 0.1566+0.1157+0.0355 = 0.3078.$$

由式(10)得 i 家备选方案的评估值到负理想解的加权距离 $R_i(i=1,2,\cdots,m)$,最终计算结果如下所示:

$$R_1 = \max\{0.7218, 0.1926, 0.0043\} = 0.7218;$$
$$R_2 = \max\{0.0535, 0.2211, 0.4431\} = 0.4431;$$
$$R_3 = \max\{0.0544, 0.0007, 0.2485\} = 0.2485;$$
$$R_4 = \max\{0.0834, 0.1609, 0.0004\} = 0.1609;$$
$$R_5 = \max\{0.1566, 0.1157, 0.0355\} = 0.1566.$$

由式(11)可得备选方案的 *VIKOR* 值 $Q_i(i=1,2,\cdots,m)$ 的最终计算结果如下所示:

$$Q_1 = 0.5*\frac{0.9187-0.9187}{0.2447-0.9187}+(1-0.5)*\frac{0.7218-0.7218}{0.1566-0.7218} = 0;$$
$$Q_2 = 0.5*\frac{0.7177-0.9187}{0.2447-0.9187}+(1-0.5)*\frac{0.4431-0.7218}{0.1566-0.7218} = 0.3957;$$
$$Q_3 = 0.5*\frac{0.3036-0.9187}{0.2447-0.9187}+(1-0.5)*\frac{0.2485-0.7218}{0.1566-0.7218} = 0.8750;$$
$$Q_4 = 0.5*\frac{0.2447-0.9187}{0.2447-0.9187}+(1-0.5)*\frac{0.1609-0.7218}{0.1566-0.7218} = 0.9962;$$

$$Q_5 = 0.5 * \frac{0.3078 - 0.9187}{0.2447 - 0.9187} + (1 - 0.5) * \frac{0.1566 - 0.7218}{0.1566 - 0.7218} = 0.9532.$$

根据上述运算,可得出决策方案的排序结果为:$Q_4 > Q_5 > Q_3 > Q_2 > Q_1$,即$Q_4$最好,$Q_1$最差,因此应该选择第四个备选方案.

3 结论

本文针对属性值以区间数形式给出的不确定性多准则决策问题,提出了一种新的云 VIKOR 决策方法.在信息处理过程中,将区间型数值通过云模型转化为具有三个参数特征的云决策矩阵,更加深入的挖掘了决策者评价信息中的模糊性与随机性;在择优排序过程中,重新定义了正负理想点,提出了一种云模型距离测度公式,使得在应用 VIKOR 算法时,更科学的通过最大化群体效益和最小化个体损失来得到决策者接受的妥协解.最后通过算例验证了本方法的有效性,研究结果为求解区间型多准则决策问题提供了一种新的途径.

参考文献:

[1] 汪祖柱,胡兵.电子商务网站服务质量的模糊语义评价研究[J].情报杂志,2010 (3):66-71.

[2] Veselka B, Bernard D B, Elena T. Ranking of admissible alternatives in interval decision making [J]. International Journal of Systems Science, 2005 (36):897-907.

[3] Zhang J, Wu D, Olson D L. The method of grey related analysis to multiple attribute decision making problems with interval numbers[J]. Mathematical and computer modelling, 2005 (9):991-998.

[4] Jahanshahloo G R, Lotfi F H, Izadikhah M. An algorithmic method to extend TOPSIS for decision-making problems with interval data [J]. Applied mathematics and computation, 2006 (2):1375-1384.

[5] Chen T Y, Tsao C Y. The interval-valued fuzzy TOPSIS method and experimental analysis [J]. Fuzzy Sets and Systems, 2008 (11):1410-1428.

[6] Behnam V, Hasan H, Jamshid S S, Maghsoud A. Extension of VIKOR method based on interval-valued fuzzy sets [J]. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2010 (47):1231-1239.

[7] Sayadi M K, Heydari M, Shahanaghi K. Extension of VIKOR method for decision making problem with interval numbers [J]. Applied Mathematical Modelling,2009 (5):2257-2262.

[8] 索玮岚,樊治平.混合多属性决策的 E-VIKOR 方法[J].系统工程,2010 (1):79-82.

[9] Shemshadi A, Shirazi H, Toreihi M, et al. A fuzzy VIKOR method for supplier selection based on entropy measure for objective weighting [J]. Expert Systems with Applications, 2011 (10):12160-12167.

[10] Liu H C, Liu L, Liu N, et al. Risk evaluation in failure mode and effects analysis with extended VIKOR method under fuzzy environment [J]. Expert Systems with Applications, 2012 (17):12926-12934.

[11] Zhang N, Wei G W. Extension of VIKOR method for decision making problem based on hesitant fuzzy set [J]. Applied Mathematical Modelling,2013 (37):4938-4947.

[12] 王洪利,冯玉强.基于云模型具有语言评价信息的多属性群决策研究[J].控制与决策,2005 (6):679-684.

[13] 胡石元,李德仁,刘耀林,李德毅.基于云模型和关联度分析法的土地评价因素权重挖掘[J].武汉大学学报,2006 (5):423-425.

[14] 路峰,吴慧中.基于云模型的信任评估研究[J].中国工程科学,2008 (10):84-90.

[15] Li D Y. Comparative study on mathematical foundations of type-2 fuzzy set, rough set and cloud model [M]. Rough Set and Knowledge Technology, 2010 (1):1.

[16] Fang F, Aimin Y. The Economic Evaluation of the Wind Power Projects Based on the Cloud Model [M]. Advanced Technology in Teaching, 2013:443-448.

[17] Yang X J, Zeng L, Luo F, Wang S X. Cloud hierarchical analysis [J]. Journal of Information & Computational Science, 2010 (12):2468-2477.

[18] 林俊宏,曾国雄,任维廉.利用 VIKOR 方法解决企业资源规划系统评选问题[J].农业与经济,2005 (34):69-90.

[19] 姜艳萍,樊治平.给出方案偏好信息的区间数多指标决策方法[J].系统工程与电子技术,2005 (2):250-252.

[20] 孙红霞,张强.区间数型模糊 VIKOR 方法[J].模糊系统与数学,2011 (10):122-125.