

文章编号: 1001-0920(2010)06-0836-05

## 区间数动态多属性决策的VIKOR扩展方法

苏志欣, 王理, 夏国平

(北京航空航天大学 经济管理学院, 北京 100191)

**摘要:** 针对各决策阶段的时间权重以及属性权重已知, 属性值以区间数形式给出的动态多属性决策问题, 提出一种新的决策方法. 该方法依据传统多准则妥协解排序法(VIKOR)的基本思路, 结合区间数的运算规则, 计算各阶段各方案的评价值, 进而引入不确定动态加权平均(UDWA)算子进行集成, 以获取各方案整体评价值的区间数. 借助于区间数两两比较的可能度公式和模糊互补判断矩阵公式, 对其进行比较, 从而得到整个方案集的排序. 最后以第3方逆向物流服务商的选择为实例进行分析, 所得结果表明了该方法的可行性和有效性.

**关键词:** 动态多属性决策; 区间数; 可能度; 不确定动态加权平均算子; 多准则妥协解排序法

中图分类号: C934

文献标识码: A

## Extended VIKOR method for dynamic multi-attribute decision making with interval numbers

SU Zhi-xin, WANG Li, XIA Guo-ping

(School of Economics and Management, Beihang University, Beijing 100191, China. Correspondent: SU Zhi-xin, E-mail: szx820115@163.com)

**Abstract:** With respect to dynamic multiple attribute decision making problem, in which period weights and attribute weights of each period are given and attribute values at different periods are expressed in interval numbers, and a new decision making method is presented. According to the basic concept of the traditional VIKOR(Multicriteria optimization and compromise solution) method, integrating the operations of interval numbers, the evaluation values of each alternative at different periods are calculated. The total evaluation values of each alternative in interval numbers are obtained by the introduction of UDWA(Uncertain dynamic weighted averaging) operator. Then, based on the possibility degree formula for the comparison between interval numbers and the priority formula of fuzzy complementary judgment matrix, the ranking of alternatives is obtained. A case study of a third-party reverse logistics providers (3PRLPs) selection is analyzed, and the results show the feasibility and efficiency of this proposed method.

**Key words:** Dynamic multiple attribute decision making; Interval number; Possibility degree; UDWA operator; VIKOR

### 1 引言

多属性决策是指对不同方案在不同属性下的属性值进行融合, 通过比较, 给出方案的排序或选出最佳方案<sup>[1]</sup>. 随着经济社会的发展, 由于客观事物的复杂性和人类思维的模糊性, 人们在实际的决策过程中评价事物时很难给出确切的数据, 决策信息往往以区间数的形式给出. 对于区间数多属性决策问题的研究已成为决策界所关注的课题. 目前, 已有的研究主要从以下几个方面进行: 1) 属性权重已知、属性值以区间数给出的区间数多属性决策问题<sup>[2,3]</sup>; 2) 属性权

重部分已知、属性值以区间数给出的区间数多属性决策问题<sup>[4-6]</sup>; 3) 属性权重完全未知、属性值以区间数给出的区间数多属性决策问题<sup>[7]</sup>; 4) 考虑方案偏好的针对属性权重完全未知、属性值以区间数给出的区间数多属性决策问题<sup>[8,9]</sup>; 5) 不完全信息下的群体多属性决策问题<sup>[10-12]</sup>等.

迄今为止, 绝大多数的研究都仅仅关注于单阶段的区间数多属性决策问题, 而对于多阶段的区间数多属性决策问题只有少量研究<sup>[13,14]</sup>. 然而, 很多复杂的决策问题必须同时考虑现在以及过去方案的绩

收稿日期: 2009-05-24; 修回日期: 2009-10-26.

基金项目: 国家自然科学基金项目(70971005, 90924020); 国家科技支撑计划重大专项(2006BAK04A23); 教育部博士点基金项目(200800060005).

作者简介: 苏志欣(1982-), 男, 福建南安人, 博士生, 从事决策分析、物流管理等研究; 夏国平(1969-), 男, 安徽天长人, 教授, 博士生导师, 从事先进制造系统管理、信息系统等研究.

效, 例如多阶段投资决策、医疗诊断以及军事系统有效性动态评价等, 获取的原始决策信息可能从不同阶段进行采集. 这类问题将时间维度考虑进来, 故称之为动态多属性决策问题. 由于问题的复杂性, 使得其比传统的多属性决策问题更加难于解决, 目前对于动态多属性决策问题的研究已成为决策科学领域一个重要的研究热点.

针对各决策阶段的时间权重以及属性权重已知, 属性值以区间数形式给出的动态多属性决策问题, 考虑到多准则妥协解排序法(VIKOR)较其他传统多属性决策方法具有的优越性<sup>[15,16]</sup>, 本文基于该方法的基本思路, 提出一种新的决策方法, 并通过实例分析表明了该方法的可行性和有效性.

## 2 预备知识

### 2.1 区间数

#### 2.1.1 定义<sup>[17,18]</sup>

设  $\tilde{x} = [\underline{x}, \bar{x}] = \{x | \underline{x} \leq x \leq \bar{x}\}$ . 其中:  $\underline{x}$  表示  $x$  的下限值,  $\bar{x}$  表示  $x$  的上限值. 即实数轴上的一个闭区间  $\tilde{x}$  成为区间数. 特别地, 当  $\underline{x} = \bar{x}$  时,  $\tilde{x}$  退化到确定数.

#### 2.1.2 区间数的二元关系运算<sup>[17,18]</sup>

设  $\tilde{x} = [\underline{x}, \bar{x}]$  和  $\tilde{y} = [\underline{y}, \bar{y}]$  为正区间数,  $k$  为正实数, 则有:

- 1)  $\tilde{x} + \tilde{y} = [\underline{x} + \underline{y}, \bar{x} + \bar{y}]$ ;
- 2)  $\tilde{x} - \tilde{y} = [\underline{x} - \bar{y}, \bar{x} - \underline{y}]$ ;
- 3)  $\tilde{x} \times \tilde{y} = [\underline{x}\underline{y}, \bar{x}\bar{y}]$ ;
- 4)  $\tilde{x} \div \tilde{y} = [\underline{x}/\bar{y}, \bar{x}/\underline{y}]$ ;
- 5)  $k \times \tilde{x} = [k\underline{x}, k\bar{x}]$ .

#### 2.1.3 区间数大小比较的可能度

文献[19]介绍了多种有关区间数的大小比较方法. 其中, 基于可能度理论的区间数大小比较方法<sup>[20]</sup>简单且操作性强, 因此, 本文采用该方法对区间数排序. 该理论具体表述如下:

设有两正区间数  $\tilde{x}_I = [\underline{x}_I, \bar{x}_I]$  和  $\tilde{x}_J = [\underline{x}_J, \bar{x}_J]$ ,  $p_{IJ} = p(\tilde{x}_I \geq \tilde{x}_J)$  表示  $\tilde{x}_I \geq \tilde{x}_J$  的可能度, 定义为

$$p_{IJ} = \max \left\{ 1 - \max \left( \frac{\bar{x}_J - \underline{x}_I}{\bar{x}_I - \underline{x}_I + \bar{x}_J - \underline{x}_J}, 0 \right), 0 \right\}. \quad (1)$$

则  $M$  个区间数两两进行比较得到可能度矩阵  $P = (p_{IJ})_{M \times M}$ . 文献[21]证明该矩阵满足

$$p_{IJ} \geq 0, p_{IJ} + p_{JI} = 1, p_{II} = 0.5,$$

$$I, J = 1, 2, \dots, M.$$

则可能度矩阵是模糊互补判断矩阵, 并给出了排序公式为

$$q_I = \frac{\sum_{J=1}^M p_{IJ} + \frac{M}{2} - 1}{M(M-1)}. \quad (2)$$

于是可以得出给定若干区间数基于可能度的排序结果. 该值越大, 区间数越大.

### 2.2 区间数动态多属性决策问题描述

一个具有  $T$  个决策阶段的区间数动态多属性决策问题可以定义如下:

$$\begin{bmatrix} \tilde{x}_{11}^t & \tilde{x}_{12}^t & \cdots & \tilde{x}_{1n}^t \\ \tilde{x}_{21}^t & \tilde{x}_{22}^t & \cdots & \tilde{x}_{2n}^t \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1}^t & \tilde{x}_{m2}^t & \cdots & \tilde{x}_{mn}^t \end{bmatrix}, \quad (3)$$

$$v(t) = (v(1), v(2), \dots, v(T)), \quad (4)$$

$$w_j^t = (w_1^t, w_2^t, \dots, w_n^t). \quad (5)$$

其中:  $\tilde{D}^t$  为第  $t$  ( $t = 1, 2, \dots, T$ ) 阶段的正向区间数决策矩阵;  $\tilde{x}_{ij}^t = [\underline{x}_{ij}^t, \bar{x}_{ij}^t]$  表示在第  $t$  阶段下第  $i$  个方案  $x_i$  ( $i = 1, 2, \dots, m$ ) 相对于第  $j$  个属性  $C_j$  ( $j = 1, 2, \dots, n$ ) 的区间数指标值;  $v(t)$  为第  $t$  阶段的时间权重, 满足  $v(t) > 0, \sum_{t=1}^T v(t) = 1$ ;  $w_j^t$  为第  $t$  阶段第  $j$  个属性

$C_j$  的权重, 满足  $w_j^t > 0, \sum_{j=1}^n w_j^t = 1 | \forall t$ . 则  $T$  个决策阶段将对应于  $T$  个区间数决策矩阵.

区间数动态多属性决策问题可以简单表述为: 根据已知的区间数动态决策信息(如各阶段的区间数决策矩阵、各阶段的时间权重、各阶段下各属性的属性权重), 从有限的备选方案集中选择最满意的方案, 或对方案进行排序.

### 2.3 不确定动态加权平均(UDWA)算子<sup>[10]</sup>

令  $\tilde{a}^t$  是各决策阶段  $t$  的评价值,  $\tilde{a}^t = [\underline{a}^t, \bar{a}^t]$ .  $v(t)$  为第  $t$  阶段的时间权重, 且满足  $v(t) > 0, \sum_{t=1}^T v(t) = 1$ . 则有

$$\text{UDWA}_{v(t)}(\tilde{a}^1, \tilde{a}^2, \dots, \tilde{a}^t, \dots, \tilde{a}^T) = \sum_{t=1}^T v(t) \tilde{a}^t = \left[ \sum_{t=1}^T v(t) \underline{a}^t, \sum_{t=1}^T v(t) \bar{a}^t \right]. \quad (6)$$

## 3 区间数动态多属性决策的VIKOR扩展方法

基于区间数的运算规则、区间数大小可能度比较以及UDWA算子, 本文在传统VIKOR方法<sup>[15,22]</sup>原理的基础上, 提出一种区间数动态多属性决策的VIKOR扩展方法. 以2.2节描述的区间数动态多属性决策问题为基础, 该方法的算法步骤如下.

**Step 1** 构造标准化区间数决策矩阵<sup>[23]</sup>. 对于效

益型属性  $j \in T_1$ , 有

$$\tilde{f}_{ij}^t = \tilde{x}_{ij}^t / \sum_{i=1}^m \tilde{x}_{ij}^t, \quad (7)$$

即

$$\tilde{f}_{ij}^t = [f_{ij}^t, \bar{f}_{ij}^t] = \left[ \frac{x_{ij}^t}{\sum_{i=1}^m x_{ij}^t}, \frac{\bar{x}_{ij}^t}{\sum_{i=1}^m \bar{x}_{ij}^t} \right]. \quad (8)$$

对于成本型属性  $j \in T_2$ , 有

$$\tilde{f}_{ij}^t = \frac{1}{\tilde{x}_{ij}^t} / \sum_{i=1}^m \frac{1}{\tilde{x}_{ij}^t}. \quad (9)$$

即

$$\tilde{f}_{ij}^t = [f_{ij}^t, \bar{f}_{ij}^t] = \left[ \frac{1}{\sum_{i=1}^m \frac{1}{x_{ij}^t}}, \frac{1}{\sum_{i=1}^m \frac{1}{\bar{x}_{ij}^t}} \right]. \quad (10)$$

**Step 2** 确定各阶段的理想解和负理想解, 即

$$f_j^{t+} = \{\max_i \bar{f}_{ij}^t\}, \forall j; \quad (11)$$

$$f_j^{t-} = \{\min_i f_{ij}^t\}, \forall j. \quad (12)$$

**Step 3** 计算  $\tilde{S}_i^t = [S_i^t, \bar{S}_i^t]$  和  $\tilde{R}_i^t = [R_i^t, \bar{R}_i^t]$ , 即

$$S_j^t = \sum_{j=1}^n w_j^t \left( \frac{f_j^{t+} - \bar{f}_{ij}^t}{f_j^{t+} - f_j^{t-}} \right), \forall i; \quad (13)$$

$$\bar{S}_j^t = \sum_{j=1}^n w_j^t \left( \frac{f_j^{t+} - f_{ij}^t}{f_j^{t+} - f_j^{t-}} \right), \forall i; \quad (14)$$

$$R_j^t = \max_j \left\{ w_j^t \left( \frac{f_j^{t+} - \bar{f}_{ij}^t}{f_j^{t+} - f_j^{t-}} \right) \right\}, \forall i; \quad (15)$$

$$\bar{R}_j^t = \max_j \left\{ w_j^t \left( \frac{f_j^{t+} - f_{ij}^t}{f_j^{t+} - f_j^{t-}} \right) \right\}, \forall i. \quad (16)$$

**Step 4** 计算  $\tilde{Q}_i^t = [Q_i^t, \bar{Q}_i^t]$ , 即

$$Q_j^t = v \left( \frac{S_j^t - S^{t+}}{S^{t-} - S^{t+}} \right) + (1-v) \left( \frac{R_j^t - R^{t+}}{R^{t-} - R^{t+}} \right), \forall i; \quad (17)$$

$$\bar{Q}_j^t = v \left( \frac{\bar{S}_j^t - S^{t+}}{S^{t-} - S^{t+}} \right) + (1-v) \left( \frac{\bar{R}_j^t - R^{t+}}{R^{t-} - R^{t+}} \right), \forall i. \quad (18)$$

其中

$$S^{t+} = \min_i S_i^t, S^{t-} = \max_i \bar{S}_i^t,$$

$$R^{t+} = \min_i R_i^t, R^{t-} = \max_i \bar{R}_i^t,$$

$v$  为决策机制系数, 一般取 0.5.

**Step 5** 利用 UDWA 算子计算各方案整体评价

$$\tilde{Q}_i = [Q_i, \bar{Q}_i] = \sum_{t=1}^T v(t) \tilde{Q}_i^t = \left[ \sum_{t=1}^T v(t) Q_i^t, \sum_{t=1}^T v(t) \bar{Q}_i^t \right]. \quad (19)$$

为了考察方案之间细微差别并实现方案的全排序, 可直接利用  $Q_i$  进行排序<sup>[6, 24]</sup>.  $Q_i$  值越小, 方案越优.

**Step 6** 计算方案整体评价区间数比较的可能性矩阵及排序值. 首先由式 (1) 计算区间数比较的可能性矩阵  $P = (p_{ij})_{m \times m}$ , 其中

$$p_{ij} = \max \left\{ 1 - \max \left( \frac{\bar{Q}_j - Q_i}{\bar{Q}_i - Q_i + \bar{Q}_j - Q_j}, 0 \right), 0 \right\}; \quad (20)$$

然后由式 (2) 计算各方案整体评价值的排序值.

**Step 7** 根据  $q_i$  值的大小进行方案排序.  $q_i$  值越大, 则方案整体评价价值  $Q_i$  越大, 表明该方案越差;  $q_i$  值越小, 则方案整体评价价值  $Q_i$  越小, 表明该方案越好.

### 4 实例分析

以第 3 方逆向物流服务商 (3PRLPs) 的选择问题为例, 说明本文方法的可行性和有效性.

某制造业公司综合考虑产品质量 ( $C_1$ , 效益型)、送货能力 ( $C_2$ , 效益型)、逆向物流成本 ( $C_3$ , 成本型)、回收产品次品率 ( $C_4$ , 成本型)、技术能力 ( $C_5$ , 效益型)、及时满足需求的能力 ( $C_6$ , 效益型) 以及顾客满意度 ( $C_7$ , 效益型) 等 7 个属性, 拟对 5 个第 3 方逆向物流服务商以往及现在 (4 个决策阶段) 的绩效进行评价, 以便优选出合适的 3PRLP, 为公司以后实施逆向物流外包提供支持. 该决策问题的层次结构如图 1 所示.

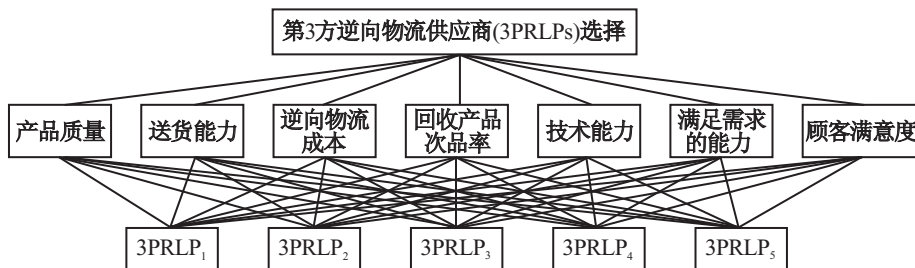


图 1 第 3 方逆向物流供应商选择层次结构

表 1 各阶段下的 3PRLPs 评价值

阶段	3PRLPs	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	$C_6$	$C_7$
$T_1$	3PRLP <sub>1</sub>	[65, 70]	[75, 80]	[70, 75]	[75, 80]	[70, 80]	[75, 85]	[65, 75]
	3PRLP <sub>2</sub>	[70, 75]	[75, 80]	[75, 85]	[70, 80]	[80, 85]	[85, 90]	[75, 85]
	3PRLP <sub>3</sub>	[75, 80]	[75, 85]	[75, 80]	[75, 85]	[65, 75]	[80, 90]	[75, 80]
	3PRLP <sub>4</sub>	[70, 80]	[70, 75]	[75, 80]	[70, 75]	[75, 80]	[70, 75]	[70, 80]
	3PRLP <sub>5</sub>	[75, 85]	[80, 85]	[70, 80]	[80, 85]	[70, 75]	[80, 85]	[70, 75]
$T_2$	3PRLP <sub>1</sub>	[65, 70]	[70, 75]	[65, 70]	[70, 80]	[75, 80]	[75, 80]	[70, 75]
	3PRLP <sub>2</sub>	[80, 85]	[60, 70]	[70, 75]	[75, 85]	[75, 85]	[80, 90]	[75, 80]
	3PRLP <sub>3</sub>	[70, 75]	[70, 80]	[75, 80]	[70, 75]	[65, 70]	[85, 90]	[70, 80]
	3PRLP <sub>4</sub>	[70, 80]	[65, 70]	[70, 75]	[75, 85]	[70, 75]	[70, 80]	[75, 85]
	3PRLP <sub>5</sub>	[75, 80]	[75, 85]	[65, 75]	[75, 80]	[70, 80]	[75, 85]	[70, 80]
$T_3$	3PRLP <sub>1</sub>	[70, 75]	[60, 70]	[75, 85]	[65, 70]	[75, 80]	[75, 80]	[65, 70]
	3PRLP <sub>2</sub>	[75, 80]	[80, 85]	[75, 85]	[80, 85]	[75, 80]	[85, 90]	[70, 80]
	3PRLP <sub>3</sub>	[75, 85]	[75, 80]	[70, 75]	[70, 80]	[65, 75]	[80, 90]	[75, 80]
	3PRLP <sub>4</sub>	[70, 80]	[75, 85]	[65, 70]	[75, 85]	[70, 80]	[75, 80]	[80, 85]
	3PRLP <sub>5</sub>	[75, 85]	[75, 80]	[70, 75]	[75, 85]	[75, 80]	[80, 85]	[75, 80]
$T_4$	3PRLP <sub>1</sub>	[70, 80]	[70, 75]	[75, 80]	[65, 75]	[75, 85]	[70, 80]	[65, 75]
	3PRLP <sub>2</sub>	[75, 85]	[80, 90]	[80, 85]	[80, 90]	[70, 80]	[85, 95]	[70, 75]
	3PRLP <sub>3</sub>	[75, 80]	[70, 80]	[65, 75]	[75, 80]	[70, 75]	[85, 90]	[75, 85]
	3PRLP <sub>4</sub>	[70, 75]	[75, 80]	[65, 75]	[80, 85]	[75, 80]	[75, 85]	[80, 90]
	3PRLP <sub>5</sub>	[75, 80]	[70, 80]	[70, 80]	[80, 85]	[70, 80]	[75, 80]	[70, 80]

表 2 各阶段下的各属性权重

阶段	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	$C_6$	$C_7$
$T_1$	0.12	0.18	0.17	0.13	0.11	0.15	0.14
$T_2$	0.16	0.13	0.11	0.20	0.10	0.12	0.18
$T_3$	0.15	0.14	0.13	0.16	0.12	0.17	0.13
$T_4$	0.18	0.16	0.12	0.14	0.15	0.13	0.12

公司通过组织专家评分 (0~100分) 来确定各时段下的 3PRLPs 评价值, 并用区间数表示, 如表 1 所示. 各决策阶段下的各属性权重如表 2 所示. 已知的各决策阶段的时段权重为  $v(t) = (0.3, 0.2, 0.2, 0.3)$ .

公司起初使用原方法进行 3PRLPs 选择, 该方法的步骤如下 ( $i = 1, 2, \dots, 5; j = 1, 2, \dots, 7; t = 1, 2, \dots, 4$ ):

Step 1: 利用  $x_{ij}^t = (x_{ij}^t + \bar{x}_{ij}^t)/2$  计算各时段下的各方案评价价值;

Step 2: 利用  $g_i^t = \sum_{j=1}^7 x_{ij}^t \times w_j^t$  计算各时段下的各方案加权总分;

Step 3: 利用  $G_i = \sum_{t=1}^4 g_i^t \times v(t)$  计算各方案总得

分, 并按其从大到小进行方案排序.

运用原方法的计算结果如表 3 所示. 而依据本文方法的计算结果如表 4 所示.

表 3 原方法的计算结果

3PRLPs	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$	$G$	排序
	$g^1$	$g^2$	$g^3$	$g^4$		
3PRLP <sub>1</sub>	74.50	72.75	72.43	74.35	73.69	5
3PRLP <sub>2</sub>	79.40	77.78	80.70	81.45	79.95	1
3PRLP <sub>3</sub>	78.58	76.93	77.20	77.05	77.52	3
3PRLP <sub>4</sub>	74.55	75.40	76.93	77.63	76.12	4
3PRLP <sub>5</sub>	78.43	76.60	78.48	76.83	77.59	2

从表 3 和表 4 可以看出, 两种方法的评价结果几乎一致. 但原方法存在以下不足: 1) 消除了区间数的计算, 忽略了区间数内在含义; 2) 未考虑指标属性特点以及未进行数据无量纲化处理. 而本文方法在这两方面则进行了弥补, 增加了评价结果的可靠性, 具有一定的优越性.

运用本文方法得到的评价结果为 3PRLP<sub>2</sub> > 3PRLP<sub>3</sub> > 3PRLP<sub>5</sub> > 3PRLP<sub>4</sub> > 3PRLP<sub>1</sub>, 即 3PRLP<sub>2</sub> 最

表 4 本文方法的计算结果

3PRLPs	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$	$Q$	$q$	排序
	$Q^1$	$Q^2$	$Q^3$	$Q^4$			
3PRLP <sub>1</sub>	[0.262 5, 0.829 3]	[0.336 0, 0.957 5]	[0.492 3, 1.000 0]	[0.311 3, 1.000 0]	[0.337 8, 0.940 3]	0.223 3	5
3PRLP <sub>2</sub>	[0.020 0, 0.821 1]	[0.054 0, 0.839 0]	[0.268 6, 0.790 1]	[0.000 0, 0.673 2]	[0.070 5, 0.774 1]	0.182 5	1
3PRLP <sub>3</sub>	[0.027 8, 0.757 9]	[0.127 2, 0.965 7]	[0.000 0, 0.756 3]	[0.066 0, 0.833 2]	[0.053 6, 0.821 7]	0.185 9	2
3PRLP <sub>4</sub>	[0.422 8, 1.000 0]	[0.112 7, 0.893 6]	[0.329 4, 0.904 0]	[0.299 6, 0.901 0]	[0.305 1, 0.929 8]	0.218 8	4
3PRLP <sub>5</sub>	[0.109 5, 0.716 2]	[0.011 1, 0.898 8]	[0.146 5, 0.799 1]	[0.139 7, 0.874 1]	[0.106 3, 0.816 7]	0.189 6	3

好,  $3PRLP_1$  最差. 根据各阶段的  $3PRLPs$  评价落入的区间范围, 从表 1 可以粗略看出,  $3PRLP_2$  在效益型属性中表现优越, 而在成本型属性中表现适中. 在综合成本和效益两方面,  $3PRLP_2$  的绩效最好. 而  $3PRLP_1$  无论在成本型还是效益型属性中都表现不突出, 因此  $3PRLP_1$  的综合绩效最差.  $3PRLP_3$ ,  $3PRLP_5$ ,  $3PRLP_4$  则由于在成本型和效益型两方面时好时坏, 它们的最终绩效相对平均, 排名居中.

## 5 结 论

本文提出了一种 VIKOR 扩展方法, 用于解决属性值为区间数的动态多属性决策问题. 通过实例分析, 表明了该方法的有效性和可行性. 本文方法思路清晰, 易于理解, 并易于计算机实现, 能够广泛地应用于类似的动态多属性决策问题的求解及进一步拓展.

### 参考文献(References)

- [1] Hwang C L, Yoon K. Multiple attribute decision making[M]. Berlin: Springer-Verlag, 1981.
- [2] 于永生, 刁联旺. 区间数多属性决策的 Monte Carlo 方法[J]. 东南大学学报, 2008, 38(1): 187-190.  
(Yu Y S, Diao L W. Monte Carlo method for interval multi-attribute decision-making[J]. J of Southeast University, 2008, 38(1): 187-190.)
- [3] 杨威, 刘三阳, 庞永锋. 不确定集结算子及其在多属性决策中的应用[J]. 系统工程与电子技术, 2007, 29(10): 1662-1664.  
(Yang W, Liu S Y, Pang Y F. Uncertain aggregator and its application to multiple attribute decision making[J]. Systems Engineering and Electronics, 2007, 29(10): 1662-1664.)
- [4] Zhang J J, Wu D S, Olson D L. The method of grey related analysis to multiple attribute decision making problems with interval numbers[J]. Mathematical and Computer Modelling, 2005, 42(9/10): 991-998.
- [5] 张尧, 樊治平. 部分指标权重信息下的区间数多指标决策方法[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2008, 40(10): 1672-1676.  
(Zhang Y, Fan Z P. A method for interval multiple attribute decision making with partial attribute weight information[J]. J of Harbin Insititue of Technology, 2008, 40(10): 1672-1676.)
- [6] Behzad A, Farzad H, Ahmad M, et al. Extension of fuzzy TOPSIS method based on interval-valued fuzzy sets[J]. Applied Soft Computing, 2009, 9(2): 457-461.
- [7] 周宏安, 刘三阳. 基于二次规划与相对优势度的不确定多属性决策法[J]. 系统工程与电子技术, 2007, 29(4): 559-562.  
(Zhou H A, Liu S Y. Method of uncertain multi-attribute decision-making based on quadratic programming and relative superiority degree[J]. Systems Engineering and Electronics, 2007, 29(4): 559-562.)
- [8] 王小艺, 刘载文, 侯朝桢, 等. 基于模糊多属性决策的目标威胁估计方法[J]. 控制与决策, 2007, 22(8): 859-863.  
(Wang X Y, Liu Z W, Hou C Z, et al. Method of object threat assessment based on fuzzy MADM[J]. Control and Decision, 2007, 22(8): 859-863.)
- [9] 卫贵武, 魏宇. 对方案有偏好的区间数多属性灰色关联决策模型[J]. 中国管理科学, 2008, 16(2): 158-162.  
(Wei G W, Wei Y. Model of grey relational analysis for interval multiple attribute decision making with preference information on alternatives[J]. Chinese J of Management Science, 2008, 16(2): 158-162.)
- [10] 徐泽水. 拓展的 C-OWA 算子及其在不确定多属性决策中的应用[J]. 系统工程理论与实践, 2005, 25(11): 7-13.  
(Xu Z S. Extended C-OWA operators and their use in uncertain multi-attribute decision making[J]. Systems Engineering: Practice and Theory, 2005, 25(11): 7-13.)
- [11] 孙昭旭, 韩敏. 不完全信息下的群体多属性决策方法[J]. 系统工程与电子技术, 2007, 29(7): 1098-1101.  
(Sun Z X, Han M. Method of the multiple attributive group decision making under incomplete information[J]. Systems Engineering and Electronics, 2007, 29(7): 1098-1101.)
- [12] Ye F, Li Y N. Group multi-attribute decision model to partner selection in the formation of virtual enterprise under incomplete information[J]. Expert Systems with Applications, 2009, 36(5): 9350-9357.
- [13] Lin Y H, Lee P C, Ting H I. Dynamic multi-attribute decision making model with grey number evaluations[J]. Expert Systems with Applications, 2008, 35(4): 1638-1644.
- [14] Xu Z S. On multi-period multi-attribute decision making[J]. Knowledge-based Systems, 2008, 21(2): 164-171.
- [15] Opricovic S, Tzeng G H. Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS[J]. European J of Operational Research, 2004, 156(2): 445-455.
- [16] Opricovic S, Tzeng G H. Extended VIKOR method in comparison with outranking methods[J]. European J of Operational Research, 2007, 178(2): 514-529.
- [17] Senguta A, Pal T K. On comparing interval numbers[J]. European J of Operation Research, 2000, 27(1): 28-43.
- [18] Moore R, Lodwick W. Interval analysis and fuzzy set theory[J]. Fuzzy Sets and Systems, 2003, 135(1): 5-9.