

文章编号: 1001-0920(2007)04-0394-05

# 一种信息不完全确定的多准则语言群决策方法

王 坚 强

(中南大学 商学院, 长沙 410083)

**摘 要:** 针对权系数信息不完全确定且方案的准则值为确定语言等级或位于两个连续语言等级之间, 甚至缺失的群决策问题, 提出一种群体语言决策方法. 该方法利用证据推理算法得到方案属于各语言等级的信任度, 利用二元语义对方案进行语言集结; 然后结合决策者和准则权重的不完全确定信息及方案与理想方案的二元语义间的距离构建非线性规划模型, 利用遗传算法求解所得模型, 计算得到各方案的排序. 实例计算表明了该方法的可行性和有效性.

**关键词:** 群决策; 证据推理; 二元语义; 语言评价

中图分类号: C934

文献标识码: A

## Group multi-criteria linguistic decision-making method with incomplete certain information

WANG Jian-qiang

(School of Business, Central South University, Changsha 410083, China. E-mail: jqwang@csu.edu.cn)

**Abstract:** To group decision-making problems that the decision-makers' weights and the criteria's weights are incompletely certain, and the decision-makers' preference information takes the form of linguistic grade, or is between two continuous linguistic grade, or is not given, a new method based on evidential reasoning (ER) and two-tuple is proposed. By using the ER algorithm, the belief degrees of each alternative belonging to each linguistic grade are obtained, and then transformed into two-tuple which is also the result of aggregating each alternative. The nonlinear programming model is constructed based on the incomplete certain information on the decision makers weights and criteria weights, and the distances between alternatives and ideal alternative. The optimal weights on decision-maker and criteria are gained by using genetic algorithms to solve the nonlinear programming model. The distances between alternatives and ideal alternative are computed and the rank of the alternatives is obtained. An example shows the feasibility and effectiveness of the proposed method.

**Key words:** Group decision-making; Evidential reasoning; Two-tuple; Linguistic assessment

### 1 引 言

在群体决策过程中, 决策者根据自己的知识、经验对方案的重要性程度进行评价. 由于决策问题本身的模糊性和不确定性, 决策者的最好表达方式是自然语言. 关于决策者的评价信息是自然语言的群体决策研究已有很多<sup>[1-10]</sup>. 在这些研究中, 主要采用 3 类方法. 第 1 类方法是将语言评价信息转化成模糊数进行处理<sup>[1]</sup>, 但需要假设隶属函数, 而这种假设在实际应用中有一定难度. 第 2 类方法是利用语言评价集自身的顺序和性质对语言评价信息进行处理<sup>[2-7]</sup>, 并利用 OWA 和 LOWA 算子及其扩展算子对方案进行集结. 这类方法中, 由于事先定义的语言

评价集是离散的, 语言信息经运算后, 很难精确对应到初始的语言评价信息集, 通常需要一个最贴近的语言短语进行近似, 同时也会产生信息的丢失. 第 3 类方法是采用二元语义表示语言评价信息并进行运算<sup>[8-10]</sup>, 这样可以有效避免在语言决策中的语义信息的丢失, 从而保证决策结果的合理和有效.

在现有的大多数方法中, 没有考虑方案的准则值可能介于两个标准语言评价等级之间, 或决策者由于自身知识、经验的缺乏而对于某方案不能确定或无法给出相应语言评价信息的情形, 而这两种情形在实际决策过程中经常存在. 同时, 现有方法中大都考虑准则的权系数是语言值情形, 而在实际应用

收稿日期: 2005-12-24; 修回日期: 2006-03-02.

基金项目: 湖南省社会科学基金项目(05 YB74); 国家自然科学基金重点项目(70631004); 湖南省软科学计划项目(06FJ4126).

作者简介: 王坚强(1963—), 男, 湖南湘潭人, 教授, 博士, 从事决策理论与应用、风险管理与控制等研究.

中决策者能给出准则权重信息或准则权重的不完全确定信息. 对这类多准则语言群体决策方法的研究, 目前未见报导. 为此, 本文提出一种多准则语言群决策方法以满足这类决策的需要.

### 2 二元语义及相关算子

设语言评价等级为  $H = \{ H_0, H_1, \dots, H_{2t} \}$ , 并且  $H$  有以下属性:

- 1) 有序性: 当  $i > j$  时, 有  $H_i > H_j$ ;
- 2) 可逆性: 存在一个逆运算算子“Neg”, 当  $i + j = 2t$  时, 有  $H_i = \text{Neg}(H_j)$ ;
- 3) 极值运算: 当  $i \geq j$  时, 极大值  $\text{Max}(H_i, H_j) = H_i$ , 极小值  $\text{Min}(H_i, H_j) = H_j$ .

二元语义采用  $(H_i, i)$  来表示决策者的语言评价信息. 其中:  $H_i$  表示语言评价集中的一个语言评价等级;  $i$  表示决策者给出的语言评价信息相对于语言评价等级  $H_i$  的偏差,  $i \in [-0.5, 0.5]$ <sup>[8]</sup>.

定义 1<sup>[8]</sup> 设  $H_i \in H$ , 则其相应的二元语义可通过下列转换函数  $\phi$  得到:

$$\begin{cases} \phi: H \times [-0.5, 0.5], \\ \phi(H_i) = (H_i, 0). \end{cases}$$

定义 2<sup>[8]</sup> 设语言评价集  $H = \{ H_0, H_1, \dots, H_{2t} \}$ ,  $[0, 2t]$  表示语言符号运算的结果, 则与相应的二元语义可由  $\psi$  函数得到, 即

$$\begin{cases} \psi: [0, 2t] \times H \times [-0.5, 0.5], \\ \psi(n) = (H_n, n) = \begin{cases} H_n, n = \text{Round}(n), \\ H_{n-1}, n = \text{Round}(n) - 1. \end{cases} \end{cases}$$

其中 Round 表示“四舍五入”取整运算.

定义 3<sup>[8]</sup> 设语言评价集  $H = \{ H_0, H_1, \dots, H_{2t} \}$ ,  $(H_i, i)$  为一个二元语义, 则存在一个逆函数  $\psi^{-1}$ , 使二元语义可转化为相应的数值  $[0, 2t]$ , 即

$$\begin{cases} \psi^{-1}: H \times [-0.5, 0.5] \rightarrow [0, 2t], \\ \psi^{-1}(H_i, i) = i + i. \end{cases}$$

定义 4 设  $(H_i, i)$  和  $(H_j, j)$  为任意两个二元语义, 如果  $i > j$ , 有  $(H_i, i) > (H_j, j)$ , 这里符号“ $>$ ”表示“优于”;

如果  $i = j$ , 则存在以下 3 种情形<sup>[8]</sup>:

- 1) 如果  $i > k$ , 则  $(H_i, i) > (H_j, k)$ ;
- 2) 如果  $i = k$ , 则  $(H_i, i) = (H_j, k)$ , 这里符号“ $=$ ”表示“等于”;
- 3) 如果  $i < k$ , 则  $(H_i, i) < (H_j, k)$ , 这里符号“ $<$ ”表示“劣于”.

### 3 信息不完全确定的多准则语言群决策方法

设某群体决策问题有  $m$  个方案  $A = \{ a_1, a_2, \dots, a_m \}$ ,  $s$  个决策者  $DM = \{ D_1, D_2, \dots, D_s \}$ , 决策者的权重用  $w = (w_1, w_2, \dots, w_s)$  表示, 其中  $\sum_{i=1}^s w_i = 1$ . 有  $q$  个准则, 记为  $C = \{ C_1, C_2, \dots, C_q \}$ , 决策者  $D_p$  给出准则  $C_i$  的权重为  $w_i^p$ , 方案的评价矩阵为  $C^{pj} = (c_{ij}^{pj})_{m \times q}$ . 其中:  $c_{ij}^{pj}$  表示决策者  $D_p$  根据自己的知识、经验和偏好从  $H$  中选择适当的语言短语描述在准则  $C_i$  下方案  $a_i$  的值, 且该值可能是某个确定的语言评价等级, 也可能处在两个连续的语言评价等级之间, 或者决策者无法给出其属于任何语言等级, 试确定这些方案的排序.

#### 3.1 权系数的不完全确定信息

权系数是一个重要参数, 在实际决策中, 由于知识和经验等原因, 很难准确地给出权系数, 或很难对一些准则或决策者的重要性程度进行两两比较, 因而不能使用 AHP, ANP, CNP 等方法确定其权系数. 但能给出准则或决策者权系数间的关系, 如某一准则的权系数在某一区间内变化; 一个准则比另一准则更重要; 几个准则的权系数确定, 而其他准则的权系数未知等. 这样的信息称为权系数的不完全确定信息, 它可分成以下 3 类<sup>[11]</sup>:

- 1)  $\{ w_i : A_1 = b, w_i > 0, b \in [0, 1] \}$ ;
- 2)  $\{ w_i : A_1 = b, w_i > 0, b \in [0, 1] \}$ ;
- 3)  $\{ w_i : A_1 = b, w_i > 0, b \in [0, 1] \}$ .

其中:  $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$ ,  $A_1$  是  $l \times n$  矩阵.

设决策者权系数的不完全确定信息的集合为  $\Omega$ , 决策者  $D_p$  给出的准则权系数的不完全确定信息的集合为  $\Omega_p$ .

#### 3.2 信息不完全的多准则群体语言决策过程

对于决策者给出的评价信息可能介于两个语言等级之间的情况, 用符号  $H_{n+}$  来表示. 其中  $H_{n+} \in (H_n, H_{n+1})$ , 表示决策者给出的评价信息介于  $H_n$  和  $H_{n+1}$  之间, 且相对于  $H_n$  的偏差程度为  $\alpha$ , 相对于  $H_{n+1}$  的偏差程度为  $1 - \alpha$ .

根据决策者给出的语言评价信息可以推断出该评价信息属于语言评价等级的信任度.

- 1) 如果  $D_p$  给出的  $c_{ij}^p$  为  $H_n$ , 则认为方案  $a_i$  在准则  $C_j$  下属于  $H_n$  的信任度为  $T(p, i, j, n) = 1$ .
- 2) 如果  $D_p$  给出的  $c_{ij}^p$  为  $H_{n+}$ , 则认为方案  $a_i$  在准则  $C_j$  下属于  $H_n$  的信任度为  $T(p, i, j, n) = 1 - \alpha$ , 属于  $H_{n+1}$  的信任度为  $T(p, i, j, n + 1) = \alpha$ .
- 3) 如果  $D_p$  不能给出  $c_{ij}^p$  的评价值, 即  $D_p$  无法描述方案  $a_i$  在准则  $C_j$  下的优劣程度, 则认为方案  $a_i$  在准则  $C_j$  下的评价属于任意  $H_n$  的信任度为  $T(p, i, j, n) = 0 (n = 0, 1, \dots, 2t)$ .

方案  $a_i$  在准则  $C_j$  下的评价属于  $H_n$  的群体

信任度为

$$B(i, j, n) = \prod_{p=1}^s \alpha_p \times T(p, i, j, n),$$

$$n = 0, 1, \dots, 2t,$$

其中  $\alpha_p$  为  $D_p$  的权重.

信息不完全确定的多准则语言群决策的步骤如下:

**Step1** 利用证据推理算法求出  $a_i$  在  $H_n$  下的信任度.

将  $B(i, j, n)$  看成证据,对于确定的权系数  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_s, \beta_j (j = 1, 2, \dots, q; p = 1, 2, \dots, s)$ ,利用下列算法求出各方案在各等级下的信任度.

令  $h$  表示决策者没有指定方案在准则下的值到任何一个等级的信任度.则有

$$m_{n,j}(a_i) = \alpha_j B(i, j, n),$$

$$n = 0, 1, \dots, 2t; j = 1, 2, \dots, q.$$

其中  $\alpha_j$  表示决策群体对于准则  $C_j$  集成权重.其集成方法有很多,如平均值法、离差最小法等,在此采用平均值法,即

$$\alpha_j = \frac{\sum_{p=1}^s \beta_p}{s}.$$

则

$$m_{h,j}(a_i) = 1 - \prod_{n=0}^{2t} m_{n,j}(a_i), j = 1, 2, \dots, q.$$

对于每一个等级  $H_n^{[12]}$ ,有

$$m_{n,J(j+1)}(a_i) = K_{J(j+1)}(a_i) m_{n,J(j)}(a_i) m_{n,j+1}(a_i) + m_{h,J(j)}(a_i) m_{n,j+1}(a_i) + m_{n,J(j)}(a_i) m_{h,j+1}(a_i);$$

对于  $h$ ,有

$$m_{h,J(j+1)}(a_i) = K_{J(j+1)}(a_i) m_{h,J(j)}(a_i) m_{h,j+1}(a_i).$$

取初始值为

$$m_{n,J(1)}(a_i) = m_{n,1}(a_i), n = 0, 1, \dots, 2t,$$

$$m_{h,J(j)}(a_i) = m_{h,1}(a_i),$$

$$K_{J(j+1)}(a_i) = \left( 1 - \prod_{x=0}^{2t} \prod_{b=0}^{2t} m_{x,J(j)}(a_i) m_{b,j+1}(a_i) \right)^{-1}.$$

利用上面的递归算法可得方案  $a_i$  在等级  $H_n$  下的信任度为<sup>[12]</sup>

$$n(a_i) = \frac{1 - h(a_i)}{1 - m_{h,J(q)}(a_i)} m_{n,J(q)}(a_i),$$

其中

$$h(a_i) = \prod_{j=1}^q \left( 1 - \prod_{n=0}^{2t} B(i, j, n) \right)$$

为未知的准则值产生的信任度.

易知  $n(a_i)$  和  $h(a_i)$  为  $(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_s, \beta_1^1, \beta_1^2, \dots, \beta_1^s, \beta_2^1, \beta_2^2, \dots, \beta_2^s, \dots, \beta_q^1, \beta_q^2, \dots, \beta_q^s)$  的非线性

函数,分别记为  $n(a_i, \cdot)$  和  $h(a_i, \cdot)$ .

**Step2** 语言符号的集成.

由 Step1 得到方案  $a_i$  在各语言等级下的信任度为:  $n_0(a_i, \cdot), n_1(a_i, \cdot), n_2(a_i, \cdot), \dots, n_{2t}(a_i, \cdot)$ ,有

$$n_0(a_i, \cdot) + n_1(a_i, \cdot) + \dots + n_{2t}(a_i, \cdot) + h(a_i, \cdot) = 1.$$

根据  $\phi$  函数,各语言评价等级  $H_0, H_1, \dots, H_{2t}$  所对应的二元语义为  $(H_0, 0), (H_1, 0), \dots, (H_{2t}, 0)$ .

令  $(i, \cdot) = n_0(a_i, \cdot) *^{-1}(H_0, 0) + n_1(a_i, \cdot) *^{-1}(H_1, 0) + \dots + n_{2t}(a_i, \cdot) *^{-1}(H_{2t}, 0)$ . 它表示对方案  $a_i$  进行语言符号集结运算的结果.

根据二元语义  $*^{-1}$  函数,有

$$(i, \cdot) = n_0(a_i, \cdot) * 0 + n_1(a_i, \cdot) * 1 + n_2(a_i, \cdot) * 2 + \dots + n_n(a_i, \cdot) * n + \dots + n_{2t}(a_i, \cdot) * 2t. \quad (1)$$

$(i, \cdot)$  的值在区间  $[\min(i, \cdot), \max(i, \cdot)]$  变化,其中

$$\min(i, \cdot) = n_1(a_i, \cdot) * 1 + n_2(a_i, \cdot) * 2 + \dots + n_{2t}(a_i, \cdot) * 2t,$$

$$\max(i, \cdot) = \min(i, \cdot) + h(a_i, \cdot) * 2t,$$

因此有  $\max(i, \cdot) \in [0, 2t]$ .

易知  $(i, \cdot)$  满足定义 1 给出的二元语义函数的转化条件,则  $(i, \cdot)$  可被转化为相应的二元语义

$$\begin{cases} (i, \cdot) = (H_n, i) = \\ H_n, n = \text{Round}((i, \cdot)), \\ i = (i, \cdot) - n. \end{cases} \quad (2)$$

**Step3** 建立模型.

理想方案为决策者将准则值均指定为  $H_{2t}$  的方案,记为  $I^+$ .  $I^+$  在每个评价等级下的信任度为

$$n(I^+) = 0, n = 0, 1, \dots, 2t - 1,$$

$$n_{2t}(I^+) = 1.$$

根据式(1)有

$$(I^+) = 2t.$$

根据  $\phi$  函数,理想方案  $I^+$  被集成为二元语义  $(H_{2t}, 0)$ . 方案  $a_i$  与理想方案  $I^+$  的二元语义间的距离定义为

$$(d_i, a_i) = (|*^{-1}((i, \cdot)) - *^{-1}(H_{2t}, 0)|). \quad (3)$$

其中

$$|*^{-1}((i, \cdot)) - *^{-1}(H_{2t}, 0)| = (|*^{-1}(\min(i, \cdot)) - *^{-1}(H_{2t}, 0)| + |*^{-1}(\max(i, \cdot)) - *^{-1}(H_{2t}, 0)|) / 2.$$

显然方案  $a_i$  与  $I^+$  越接近,则越优.

根据二元语义  $*^{-1}$  函数的性质,式(3)可转

表 1 决策者给出的各方案的评价值

	D <sub>1</sub>					D <sub>2</sub>					D <sub>3</sub>				
	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>5</sub>	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>5</sub>	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>5</sub>
C <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>0.5</sub>	H <sub>3.5</sub>	H <sub>1</sub>	H <sub>0</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>	H <sub>0.5</sub>	H <sub>0</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>1.5</sub>	H <sub>0.5</sub>	H <sub>0.5</sub>	H <sub>0.5</sub>
C <sub>2</sub>	H <sub>3.5</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	-	-	H <sub>4</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>0.5</sub>	H <sub>0.5</sub>	H <sub>1.5</sub>	H <sub>2.5</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>0.5</sub>	H <sub>1.5</sub>
C <sub>3</sub>	H <sub>0.5</sub>	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>1</sub>	H <sub>1.5</sub>	H <sub>4</sub>	H <sub>3.5</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3.5</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>1.5</sub>	H <sub>2.5</sub>
C <sub>4</sub>	H <sub>3</sub>	-	H <sub>3</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3.5</sub>	H <sub>3.5</sub>	H <sub>3.5</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>1</sub>	H <sub>3.5</sub>	H <sub>3.5</sub>	H <sub>2.5</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>2.5</sub>
C <sub>5</sub>	H <sub>4</sub>	-	H <sub>2.5</sub>	H <sub>0.5</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>4</sub>	H <sub>2.5</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3.5</sub>	H <sub>2.5</sub>	H <sub>1.5</sub>	H <sub>1.5</sub>	H <sub>2</sub>

化为

$$(d_i, a_i) = (| \alpha_1(i, a_i) - 2t |), \quad (4)$$

其中

$$\alpha_1(i, a_i) = \min(\alpha_i, \beta_i) + h(a_i, \beta_i) * t.$$

又因  $\alpha_1(i, a_i) \leq 2t$ , 则式 (4) 转化为

$$(d_i, a_i) = (2t - \alpha_1(i, a_i)). \quad (5)$$

为此,对每个方案  $a_i$ ,建立下列模型:

$$\begin{aligned} \min (d_i, a_i) &= (2t - \alpha_1(i, a_i)), \\ \text{s. t. } &\begin{cases} \sum_{i=1}^s \alpha_i = 1, (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_s); \\ \sum_{p=1}^s \beta_p = 1, p = 1, 2, \dots, s; \\ (\beta_1^p, \beta_2^p, \dots, \beta_q^p) = (\alpha_1, \dots, \alpha_s, \frac{1}{2}, \dots, \frac{1}{s}, \frac{1}{2}, \dots, \frac{1}{s}, \dots, \frac{q}{1}, \dots, \frac{q}{s}). \end{cases} \end{aligned} \quad (6)$$

二元语义函数为单调递增函数<sup>[9]</sup>,根据式(2)可以将式(6)转化为

$$\begin{aligned} \min d^+(a_i, \beta_i) &= \\ &2t - \sum_{n=0}^{2t} n * \alpha_n(a_i, \beta_i) - t * h(a_i, \beta_i), \\ \text{s. t. } &\text{同式(6)}. \end{aligned} \quad (7)$$

由于各方案是公平竞争的,每个方案与理想方案的距离应来自于同一组权系数,须对其进行综合.综合式(7)得

$$\begin{aligned} \min_{i=1}^m d^+(a_i, \beta_i) &= \\ &\sum_{i=1}^m (2t - \sum_{n=0}^{2t} n * B_n(a_i, \beta_i) - t * h(a_i, \beta_i)), \\ \text{s. t. } &\text{同式(6)}. \end{aligned} \quad (8)$$

**Step4** 模型的求解.因为  $\alpha_n(a_i, \beta_i)$  和  $h(a_i, \beta_i)$  是由证据推理的递归算法求出,所以模型(8)是一个有约束条件的非线性规划模型,利用传统的算法较难解出,这里采用遗传算法求解<sup>[11]</sup>.

**Step5** 计算与理想方案间的距离.根据遗传算法求解模型(8)得出  $\alpha_n$ ,代入式(5),可得方案  $a_i$  与理想方案  $I^+$  之间的二元语义距离为  $(d_i, a_i)$ .

根据二元语义的有序性,按  $(d_i, a_i)$  从小到大排

序,得到方案集  $A$  的一个从优到劣的排序.

#### 4 数值算例

某一个多准则决策问题中,  $D_1, D_2, D_3$  为 3 个决策者,  $a_1, a_2, a_3, a_4, a_5$  为 5 个决策方案,  $C_1, C_2, C_3, C_4, C_5$  为 5 个准则,各准则的评价等级为  $H = \{ \text{很不优秀, 不优秀, 优秀, 很优秀, 非常优秀} \} = \{ H_0, H_1, H_2, H_3, H_4 \}$ . 决策者给出的评价信息如表 1 所示,如果无法判断时则采用“-”表示. 3 个决策者的权重信息为:  $\alpha_1 > \alpha_2 > \alpha_3, \alpha_3 \in [0.15, 0.25], \alpha_1 \in [0.33, 0.5], \alpha_2 \in [0.3, 0.4]$ . 决策者给出的准则权重信息如下:  $\frac{1}{5} > \frac{1}{1} > \frac{1}{2} > \frac{1}{3} > \frac{1}{4}, 0.15 > \frac{1}{5} > 0.35, 0.1 > \frac{1}{2} > 0.25, 0.08 > \frac{1}{4} > 0.15, \frac{2}{1} = \frac{2}{2} = \frac{2}{3} = \frac{2}{4} = \frac{2}{5} = 0.2, \frac{3}{1} > \frac{3}{5} > \frac{3}{3} > \frac{3}{2} > \frac{3}{4}, 0.2 > \frac{3}{1} > 0.35, 0.1 > \frac{3}{2} > 0.2, 0.1 > \frac{3}{3} > 0.25, 0.05 > \frac{3}{4} > 0.15, 0.12 > \frac{3}{5} > 0.30$ . 试确定各方案的排序.

根据前面方法建立模型,并利用遗传算法求解,得到各方案的排序如下:

$$a_1 > a_3 > a_2 > a_5 > a_4.$$

通过灵敏度分析和对表 1 中数据分析,可知上述结果是合理的.

#### 5 结 语

针对决策者权重及决策者给出的准则权系数信息不完全确定且方案的准则值为语言值的群决策问题,本文提出一种基于证据推理和二元语义的群决策方法.该方法不仅适用于决策者无法给出某些方案在某准则下评价值的情形,而且适用于决策者的评价信息介于两个连续语言评价短语之间的情形.实例计算表明了该方法可行、合理、有效.在区域投资环境选择与评价、产品选型、投资组合、人员评估等相关决策领域,具有较广泛的应用价值.

#### 参考文献(References)

[1] 徐泽水, 达庆利. 基于模糊语言评估的多属性决策方法[J]. 东南大学学报, 2002, 15(2): 148-152.  
(Xu Z S, Da Q L. Multi-attribute decision making based on fuzzy linguistic assessments [J]. J of Southeast University, 2002, 15(2): 148-152.)

- [2] Xu Z S, Da Q L. Method based on fuzzy linguistic sale and FLOWGA operator for decision-making problems [J]. J of Southeast University, 2003, 19(1) : 88-91.
- [3] 徐泽水. 基于模糊语言评估和 GIOWA 算子的多属性群决策方法 [J]. 系统科学与数学, 2004, 24(2) : 218-224.  
(Xu Z S. Method based on fuzzy linguistic assessment and GIOWA operator in multi-attribute group decision-making [J]. J System Science and Mathematical Science, 2004, 24(2) : 218-224.)
- [4] Herrera F, Herrera-Viedma E. Linguistic decision analysis : Steps for solving decision problems under linguistic information [J]. Fuzzy Sets and Systems, 2000, 115(1) : 67-82.
- [5] 王欣荣, 樊治平. 群决策中基于语言信息处理的一种理想点法 [J]. 中国管理科学, 2002, 10(6) : 84-87.  
(Wang X R, Fan Z P. A TOPSIS method with linguistic information for group decision making [J]. Chinese J of Management Science, 2002, 10(6) : 84-87.)
- [6] 王欣荣, 樊治平. 一种基于语言评价信息的多指标群决策方法 [J]. 系统工程学报, 2003, 18(2) : 173-176.  
(Wang X R, Fan Z P. Approach to multiple attribute group decision making with linguistic assessment information [J]. J of Systems Engineering, 2003, 18(2) : 173-176.)
- [7] Xu Z S. Uncertain linguistic aggregation operators based approach to multiple attribute group decision making under uncertain linguistic environment [J]. Information Sciences, 2004, 168(1-4) : 171-184.
- [8] Herrera F, Martinez L. A 2-tuple fuzzy linguistic representation model for computing with words [J]. IEEE Trans on Fuzzy Systems, 2000, 8(6) : 746-75.
- [9] Delgado M, Herrera F. A communication model based on 2-tuple fuzzy linguistic representation for a distributed intelligent agent system on Internet [J]. Soft Computing, 2002, 6(3) : 320-328.
- [10] 李洪燕, 樊治平. 一种基于群体语言判断矩阵的群决策问题的二元语义解法 [J]. 系统工程, 2003, 21(5) : 104-108.  
(Li H Y, Fan Z P. A decision making method for group linguistic judgment matrix based on two-tuple [J]. Systems Engineering, 2003, 21(5) : 104-108.)
- [11] 王坚强. 基于离差优化的信息不完全确定的多准则分类方法 [J]. 控制与决策, 2006, 21(5) : 513-516.  
(Wang J Q. Multi-criteria classification approach with incomplete certain information base on optimizing deviation of categories [J]. Control and Decision, 2006, 21(5) : 513-516.)
- [12] Yang J B, Singh M G. An evidential reasoning approach for multiple attribute decision making with uncertainty [J]. IEEE Trans on Systems, Man, Cybernetics, 1994, 24(1) : 1-18.

(上接第 393 页)

- [5] 张涛, 王梦光, 杨建夏. 不确定计划数的轧制批量计划的模型和算法 [J]. 系统工程学报, 2000, 15(1) : 54-60.  
(Zhang T, Wang M G, Yang J X. The model and algorithm for hot-milling batch planning with uncertain number [J]. J of System Engineering, 2000, 15(1) : 54-60.)
- [6] 李耀华, 王伟, 徐乐江, 等. 热轧生产轧制计划模型与算法研究 [J]. 控制与决策, 2005, 20(3) : 275-279.  
(Li Y H, Wang W, Xu L J, et al. Rolling paln model and algorithm in hot rolling plant [J]. Control and Decision, 2005, 20(3) : 275-279.)
- [7] Taillard E, Badeau P, Gendreau M, et al. A tabu search heuristic for the vehicle routing problem with soft time windows [J]. Trans Science, 1997, 31(1) : 170-186.
- [8] Dantzig G, Ramser J. The truck dispatching problem [J]. Management Science, 1959, 10(6) : 80-91.
- [9] Brailsford S C, Potts C N, Smith B M. Invited review : Constraint satisfaction problems: Algorithms and applications [J]. European J of Operational Research, 1999, 119(3) : 57-581.
- [10] Baptiste P, Pape C L, Nuijten W. Constraint-based scheduling [M]. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2001.
- [11] Sadeh N, Fox M S. Variable and value ordering heuristics for job shop scheduling constraints satisfaction problem [J]. Artificial Intelligence, 1996, 86(11) : 455-480.
- [12] Suh M S, Lee A, Lee Y J, et al. Evaluation of ordering strategies for constraint satisfaction reactive scheduling [J]. Decision Support Systems, 1998, 22(4) : 187-197.