

文章编号: 1001-0920(2009)09-1351-05

## 基于变权的语言评价信息不完全的群组评价方法

郭亚军, 姚爽, 黄玮强  
(东北大学 工商管理学院, 沈阳 110004)

**摘要:** 针对评价群体成员权重未知且语言评价信息不完全的群组评价问题, 提出了一种基于变权的证据推理解决方法. 该方法将各评价群体成员的评价意见作为证据, 将位置权向量引入到信度初始分配的建立中, 定义了冲突度指数的概念作为证据赋权的诱导分量, 结合“大多数”模糊量化算子确定权重, 并应用 Dempster 规则进行证据合成. 该方法从证据之间提取权重信息, 体现了采纳多数人意见的群组评价思想. 最后给出了一个应用实例.

**关键词:** 群组评价; 语言评价信息; 信息不完全; 证据理论; 位置权向量

中图分类号: C934 文献标识码: A

### Method of group evaluation based on variable weight with incomplete linguistic evaluation information

GUO Ya-jun, YAO Shuang, HUANG Wei-qiang

(School of Business Administration, Northeastern University, Shenyang 110004, China. Correspondent: YAO Shuang, E-mail: yshneu@hotmail.com)

**Abstract:** An approach based on Dempster-Shafer (D-S) theory and variable weight is proposed for the group evaluation problem with incomplete linguistic evaluation information and ignorance of group members' weight. Regarding all the group members' evaluation information as evidence, the ranked positional weighting vector is introduced into the process of calculating basic probability assignment. The concept of conflict degree exponent is proposed as the inducing variable of the evidence re-ordering and the fuzzy linguistic quantifier "most of" is used to make the weights. The Dempster rule is used to synthesize evidence. Digging the weight information among the evidence, the proposed approach embodies the evaluation principle of adopting most people's opinion. Finally, an application example is given to illustrate the approach proposed.

**Key words:** Group evaluation; Linguistic evaluation information; Incomplete information; Dempster-Shafer theory; Ranked positional weighting vector

### 1 引言

在很多实际的群组评价问题中, 评价群体成员对被评价对象给出评语等级是非常常见且方便的, 所以语言评价信息的群组评价问题引起了国内外很多学者的研究兴趣. 采用的研究方法主要有将语言评价信息转化成模糊数的处理方法<sup>[1]</sup>、语言算子的方法<sup>[2]</sup>及二元语义的方法<sup>[3,4]</sup>等. 因为评价问题的复杂性或评价者自身知识、经验的局限性, 评价者对评价等级很难有一个肯定的判断, 有时甚至难以给出相应的评价信息, 所以语言评价信息不完全的群组评价问题也受到了学者们的关注. 文献[5,6]对语言评价信息出现空值的多属性群组评价问题进行了研

究, 给出了基于 D-S 证据理论的解决方法. 运用证据理论来处理语言评价信息不完全评价问题的主要优势在于, 它允许人们在相信一个命题为真的程度为  $s$  的情况下以小于  $1-s$  的程度去相信该命题的逆, 因此更加符合人们对事物的判断思维. 在应用 D-S 证据理论来解决评价信息不完全(或评价信息不确定)的多属性评价及群组评价问题的研究中 Yang<sup>[7]</sup>等做了很多工作. 文献[7,8]分别构建了一个不确定多属性评价和不确定群组评价下的证据推理模型, 对证据均使用了“折扣率”的概念, 并根据证据的相对重要性对证据进行了赋权. [9]在[7]的基础上提出了一种归一化赋权的改进证据推理算法,

收稿日期: 2008-09-11; 修回日期: 2008-11-28.

基金项目: 辽宁省财政科研基金项目(2007B002).

作者简介: 郭亚军(1952-), 男, 辽宁开原人, 教授, 博士生导师, 从事系统评价理论与技术、技术经济分析等研究;  
姚爽(1982-), 女, 辽宁盖州人, 博士生, 从事系统评价理论与技术的研究.

并证明了它的一些优良特性;在此基础上,[10-12]又在不确定信息的类型方面做了相应的扩展研究,其中[11,12]结合规划的方法分别考虑了区间权重和权重信息不完全确定的情况.

以上文献对评价信息不完全的多属性评价及群组评价问题所构建的证据推理模型有一个共同的特点,即对证据进行分析建立信度的初始分配中,体现证据相对重要性程度的权重(以下简称证据权重)是确定的或在一定范围内是变化的,均没有对证据权重未知的情况进行研究.针对评价群体成员权重未知且语言评价信息不完全的群组评价问题,本文在文献[9]证据推理算法的基础上,构建了一个根据证据间的冲突程度诱导证据权重的证据推理模型.

## 2 基本概念

D-S 证据理论由 Dempster 首次提出,后由 Shafer 等对其进行了推广和完善.证据理论逐渐发展为一种重要的不确定性推理方法,在设计专家系统及其他智能系统中有着广泛的应用.现将建立证据推理数学模型的基本概念介绍如下.

**定义 1**<sup>[13]</sup> 设某一判决问题,称其所有可能结果的集合为识别框架,这里仅考虑为有限集的情况.

**定义 2**<sup>[13]</sup> 设  $\Omega$  为识别框架,如果集函数  $m:2\Omega \rightarrow [0,1]$  满足  $m(\emptyset) = 0$  和  $\sum_{A \subseteq \Omega} m(A) = 1$ ,则称  $m$  为框架  $\Omega$  上的基本可信度分配,也称 mass 函数.

**定义 3**<sup>[13]</sup> 设  $\Omega$  为识别框架,  $m:2\Omega \rightarrow [0,1]$  为框架  $\Omega$  上的基本可信度分配,则称由  $\text{Bel}(A) = \sum_{B \subseteq A} m(B)$ ,  $\forall A \subseteq \Omega$  所定义的函数  $\text{Bel}:2\Omega \rightarrow [0,1]$  为  $\Omega$  上的信度函数.

**定义 4**<sup>[13]</sup> 如果  $m(A) > 0$ ,则称  $A$  为信度函数  $\text{Bel}$  的焦元.

**定理 1**<sup>[13]</sup> 设  $\text{Bel}_1$  和  $\text{Bel}_2$  是同一识别框架  $\Omega$  上的两个信度函数,  $m_1$  和  $m_2$  分别是其对应的基本可信度分配,焦元分别为  $A_1, \dots, A_k$  和  $B_1, \dots, B_l$ ,且有

$$m_1(A_i) m_2(B_j) < 1, \quad A_i \cap B_j = \emptyset$$

则由下式定义的函数  $m:2\Omega \rightarrow [0,1]$  是基本可信度分配:

$$m(A) = \begin{cases} 0, & A = \emptyset; \\ \frac{m_1(A_i) m_2(B_j)}{1 - m_1(A_i) m_2(B_j)}, & A = A_i \cap B_j, \\ 1 - m_1(A_i) m_2(B_j), & A = \emptyset. \end{cases} \quad (1)$$

式(1)称为两个信度函数合成的 Dempster 规则,记

为  $\text{Bel}_1 \oplus \text{Bel}_2$ .

## 3 基于变权的证据推理模型

### 3.1 问题的描述

设某群组评价问题有  $p$  个被评价对象,被评价对象集  $O = \{o_1, o_2, \dots, o_p\}$ ;评价群体有  $t$  个成员,评价群体成员集  $E = \{e_1, e_2, \dots, e_t\}$ ;评价群体成员对被评价对象按照  $n$  个评价等级进行评价,评价等级集  $H = \{H_1, H_2, \dots, H_n\}$ ;成员  $e_j (j = 1, 2, \dots, t)$  对被评价对象  $o_l (l = 1, 2, \dots, p)$  的评价意见为

$$S(e_j(o_l)) = \{(H_i, i_{ij}(o_l)), i = 1, 2, \dots, n\},$$

其中  $i_{ij}(o_l)$  为成员  $e_j$  认为被评价对象  $o_l$  属于等级  $H_i$  的信度,且有

$$i_{ij}(o_l) \geq 0, \quad \sum_{i=1}^n i_{ij}(o_l) = 1,$$

$$1 - \sum_{i=1}^n i_{ij}(o_l) = h_{ij}(o_l),$$

即成员  $e_j$  对于被评价对象  $o_l$  评价信息的不完全部分被分配到整个评价等级  $H$  上.将  $t$  位评价群体成员对被评价对象  $o_l$  的意见综合起来,进而对各被评价对象进行排序.

### 3.2 权向量的确定

在上面描述的群组评价问题中,将各被评价对象下不同评价群体成员的意见作为证据,建立基本可信度分配,应用 Dempster 规则对信度函数合成,从而形成评价结论.文献[8]假设评价群体成员(专家)的水平客观上存在高低之分而对证据进行赋权.与文献[8]不同,本文将评价群体成员对某被评价对象的评价是否与大多数人接近作为其意见重要性的参考,而对证据进行赋权.当然将两种赋权思想结合会更实际,但本文着重讨论后者.

设待定权向量

$$w = (w_1, w_2, \dots, w_t)^T,$$

$$0 \leq w_j \leq 1, \quad \sum_{j=1}^t w_j = 1.$$

应用位置权向量<sup>[14]</sup>体现了采纳多数人意见的群组评价思想,  $w$  可由下式给出:

$$w_j = Q(j/t) - Q((j-1)/t), \quad j = 1, 2, \dots, t, \quad (2)$$

其中  $Q(r)$  为模糊语义量化算子,当其采用“大多数”时定义  $Q(r) = r^{\frac{1}{2}}, r \in [0,1]$ <sup>[15]</sup>.

依据被评价对象  $o_l$  下第  $j$  位成员的冲突度指数  $i_{ij}(o_l) (j = 1, 2, \dots, t)$  对  $t$  个成员的评价意见(证据)进行排序.冲突度指数  $i_{ij}(o_l)$  用来衡量  $e_j$  对被评价对象  $o_l$  的评价与大多数人意见的接近程度.对  $\{i_1(o_l), S(e_1(o_l)), i_2(o_l), S(e_2(o_l)), \dots, i_t(o_l), S(e_t(o_l))\}$  进行排序,得

$$\{ (1) (o_l), S(e_{(1)}(o_l)) , (2) (o_l), S(e_{(2)}(o_l)) , \dots, (t) (o_l), S(e_{(t)}(o_l)) \},$$

其中函数  $\sigma: \{1, 2, \dots, t\} \rightarrow \{1, 2, \dots, t\}$  是对集合  $\{1, 2, \dots, t\}$  中元素的一个排列, 且函数  $\sigma$  满足

$$\sigma_{(j-1)}(o_l) < \sigma_{(j)}(o_l), \quad \forall j = 2, 3, \dots, t,$$

即二元组  $(\sigma_{(j)}(o_l), S(e_{(\sigma_{(j)}(o_l))}(o_l)))$  中分量  $\sigma_{(j)}(o_l)$  是集合  $\{1, 2, \dots, t\}$  中第  $j$  小的。

在被评价对象  $o_l$  下, 对来自成员  $e_{(\sigma_{(j)}(o_l))}$  ( $j = 1, 2, \dots, t$ ) 的评价意见  $S(e_{(\sigma_{(j)}(o_l))}(o_l))$  赋权  $w_j$  ( $j = 1, 2, \dots, t$ )。当  $\sigma_{(j-1)}(o_l) = \sigma_{(j)}(o_l)$ , 令  $w_{j-1} = w_j$ 。

### 3.3 基本算法

文献[9]给出的证据推理(ER)算法不仅具有代表性而且满足基本合成法则、一致合成法则、完全合成法则和不完全合成法则, 因此本文在该算法的基础之上构建证据推理模型。mass 函数  $m_j$  ( $j = 1, 2, \dots, t$ ) 建立如下:

$$\begin{aligned} m_{i,j}(o_l) &= w_j \cdot i_{(\sigma_{(j)}(o_l))}(o_l), \\ i &= 1, 2, \dots, n, \quad j = 1, 2, \dots, t; \\ m_{H,j}(o_l) &= 1 - \sum_{i=1}^n m_{i,j}(o_l) = 1 - w_j \sum_{i=1}^n i_{(\sigma_{(j)}(o_l))}(o_l), \\ j &= 1, 2, \dots, t; \\ \overline{m}_{H,j}(o_l) &= 1 - w_j, \quad j = 1, 2, \dots, t; \\ \tilde{m}_{H,j}(o_l) &= w_j \left( 1 - \sum_{i=1}^n i_{(\sigma_{(j)}(o_l))}(o_l) \right), \\ j &= 1, 2, \dots, t. \end{aligned} \tag{3}$$

其中:  $m_{H,j}(o_l) = \overline{m}_{H,j}(o_l) + \tilde{m}_{H,j}(o_l)$ , 即分配到整个评价等级  $H$  上的信度  $m_{H,j}(o_l)$  被分解为  $\overline{m}_{H,j}(o_l)$  和  $\tilde{m}_{H,j}(o_l)$  两部分<sup>[9]</sup>;  $\overline{m}_{H,j}(o_l)$  是由成员  $e_{(\sigma_{(j)}(o_l))}$  的相对重要程度引起的;  $\tilde{m}_{H,j}(o_l)$  是由成员  $e_{(\sigma_{(j)}(o_l))}$  对被评价对象  $o_l$  评价信息的不完全引起的。

$t$  位成员的信度函数  $Bel_j$  ( $j = 1, 2, \dots, t$ ) 经过 Dempster 规则的合成即可得到合成的基本可信度分配, 其解析表达式如下<sup>[16]</sup>:

$$\begin{aligned} m_i(o_l) &= \\ k \left[ \sum_{j=1}^t (m_{i,j}(o_l) + \overline{m}_{H,j}(o_l) + \tilde{m}_{H,j}(o_l)) - \sum_{j=1}^t (\overline{m}_{H,j}(o_l) + \tilde{m}_{H,j}(o_l)) \right], \\ i &= 1, 2, \dots, n; \\ \tilde{m}_H(o_l) &= k \left[ \sum_{j=1}^t (\overline{m}_{H,j}(o_l) + \tilde{m}_{H,j}(o_l)) - \sum_{j=1}^t \overline{m}_{H,j}(o_l) \right]; \\ \overline{m}_H(o_l) &= k \sum_{j=1}^t \overline{m}_{H,j}(o_l); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k &= \\ \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^t (m_{i,j}(o_l) + \overline{m}_{H,j}(o_l) + \tilde{m}_{H,j}(o_l)) - (n-1) \sum_{j=1}^t (\overline{m}_{H,j}(o_l) + \tilde{m}_{H,j}(o_l)) \right]^{-1}. \end{aligned} \tag{4}$$

合成的基本可信度分配经过归一化得到群体对被评价对象  $o_l$  的评价意见为

$$\begin{aligned} \{ H_i \}: i(o_l) &= \frac{m_i(o_l)}{1 - \overline{m}_H(o_l)}, \quad i = 1, 2, \dots, n; \\ \{ H \}: H(o_l) &= \frac{\tilde{m}_H(o_l)}{1 - \overline{m}_H(o_l)}. \end{aligned} \tag{5}$$

为便于对语言评价等级进行运算, 对其进行赋值  $H_i = i/n$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ )。若  $H(o_l) = 0$ , 则被评价对象  $o_l$  的群体综合评价值为

$$u(o_l) = \sum_{i=1}^n \frac{i}{n} i(o_l). \tag{6}$$

被评价对象  $o_l$  优于被评价对象  $o_i$ , 当且仅当  $u(o_l) > u(o_i)$ 。若  $H(o_l) = 0$ , 则被评价对象  $o_l$  的群体综合评价区间为  $[u^L(o_l), u^U(o_l)]$ , 其中最大、最小群体综合评价值的计算如下:

$$\begin{aligned} u^U(o_l) &= u_i^U = \\ \sum_{i=1}^{n-1} \frac{i}{n} i(o_l) + 1 \times (n(o_l) + H(o_l)), \\ u^L(o_l) &= u_i^L = \\ \frac{1}{n} (1(o_l) + H(o_l)) + \sum_{i=2}^n \frac{i}{n} i(o_l). \end{aligned} \tag{7}$$

采用文献[17]的区间数比较方法, 被评价对象  $o_l$  优于被评价对象  $o_i$  的可能度为

$$P_{o_l > o_i} = \begin{cases} 1, & u_i^L < u_l^U; \\ \left( \frac{u_l^U - u_i^U}{u_l^U - u_l^L} + \frac{u_i^U - u_l^L}{u_i^U - u_l^L} \times \frac{u_i^L - u_l^L}{u_i^L - u_l^L} + 0.5 \times \frac{u_i^U - u_l^L}{u_l^U - u_l^L} \times \frac{u_i^U - u_l^L}{u_i^U - u_l^L} \right), & u_i^L < u_l^U \text{ 且 } u_l^U < u_i^U; \\ \frac{u_l^U - u_i^U}{u_l^U - u_l^L} + 0.5 \times \frac{u_i^U - u_l^L}{u_l^U - u_l^L}, & u_l^U < u_i^U \text{ 且 } u_i^L < u_l^U; \\ \frac{u_i^L - u_l^L}{u_i^L - u_l^L}, & u_l^U < u_i^U \text{ 且 } u_l^U < u_i^L. \end{cases} \tag{8}$$

### 3.4 冲突度指数

依据多数人的意见进行评价, 对与群体意见较一致的评价群体成员赋予较大的权重。由于评价信息形式的特殊性, 对成员意见一致性的比较非常困难。本文根据证据合成的特点, 采用合成过程中所丢弃的信度来反映成员间意见的冲突程度, 即从侧面反映成员间意见的一致性。证据合成过程中丢弃的信度越大说明证据间的冲突程度越大, 反之证据间的冲突程度越小<sup>[13]</sup>。与群体意见冲突较小的成员将被赋予较大的权重。



与群体意见的冲突程度可由与每个个体意见的冲突程度加权来表示,因此首先考虑两个个体之间的冲突度.定义被评价对象  $o_i$  下任意两个评价群体成员之间的冲突度所构成的评价群体 ( $t$  个成员) 的冲突度矩阵为

$$C = [c_1 \ c_2 \ \dots \ c_t] = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{21} & \dots & c_{t1} \\ c_{12} & c_{22} & \dots & c_{t2} \\ \dots & \dots & \ddots & \dots \\ c_{1t} & c_{2t} & \dots & c_{tt} \end{bmatrix}.$$

其中

$$c_{ij} = \sum_{A_i \cap B_j = \emptyset} m^*(A_i) m^*(B_j), \quad i, j = 1, 2, \dots, t,$$

$c_{ij}$  为被评价对象  $o_i$  下与  $o_j$  两个成员之间的冲突度,即两个信度函数  $Bel^*$  与  $Bel^*$  合成过程中所丢弃的总的信度.其值越大说明  $o_i$  与  $o_j$  之间的冲突越大,当  $c_{ij} = 0$  时,  $c_{ij} = 0$  ( $i, j = 1, 2, \dots, t$ ). 因为评价群体成员的权威性不影响成员之间意见的冲突度,相应的 mass 函数  $m_j^*$  ( $j = 1, 2, \dots, t$ ) 建立如下:

$$m_{i,j}^*(o_i) = \frac{c_{ij}}{\sum_{i=1}^n c_{ij}} (o_i), \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad j = 1, 2, \dots, t;$$

$$m_{H,j}^*(o_i) = 1 - \frac{c_{ij}}{\sum_{i=1}^n c_{ij}} (o_i) = 1 - \frac{c_{ij}}{\sum_{i=1}^n c_{ij}} (o_i), \quad j = 1, 2, \dots, t.$$

采用 OWA 算子<sup>[14]</sup> 在模糊多数的情况下集结评价群体成员与群体中其他每个成员的冲突度,从而得到衡量与群体意见冲突程度的冲突度指数.定义成员  $e_j$  的冲突度指数为

$$j(o_i) = \phi(c_{j1}, c_{j2}, \dots, c_{jt}), \quad j = 1, 2, \dots, t,$$

其中  $\phi$  为 OWA 算子.具体计算方法为

$$j(o_i) = \phi(c_{j1}, c_{j2}, \dots, c_{jt}) = \sum_{i=1}^{t-1} w_i b_j. \quad (9)$$

其中  $w = (w_1, w_2, \dots, w_t)^T$  是与  $\phi$  相关联的加权向量,  $w_i \in [0, 1], \sum_{i=1}^t w_i = 1$ , 满足式(2);  $b_j$  是数据集  $\{c_{j1}, c_{j2}, \dots, c_{jt}\}$  升序排列中的第  $i+1$  个元素.

#### 4 应用实例

由 5 位成员组成的评委会对才艺表演参赛者的表演水平进行评判,有 5 位参赛者进入了决赛,语言评价等级集  $H = \{H_1, H_2, H_3, H_4, H_5\} = \{\text{很差, 差, 一般, 好, 很好}\}$ . 各评价群体成员 Judge1, Judge2, Judge3, Judge4, Judge5 给出的评价信息如表 1 所示,可以看出评价信息具有不完全性(如 Judge2 对 Dan 的评价中有 30% 的信息缺失).

表 1 才艺表演参赛者的评价信息

Judges	Performers				
	Dan	Nicole	Tiffany	Jennifer	David
Judge1	$H_4(1.0)$	$H_4(0.5)$ $H_5(0.3)$	$H_3(0.5)$ $H_4(0.4)$	$H_4(0.4)$ $H_5(0.5)$	$H_4(1.0)$
Judge2	$H_4(0.5)$ $H_5(0.2)$	$H_3(1.0)$	$H_3(0.3)$ $H_4(0.5)$	$H_4(0.7)$ $H_5(0.3)$	$H_4(0.5)$ $H_5(0.5)$
Judge3	$H_4(0.5)$ $H_5(0.3)$	$H_3(0.2)$ $H_4(0.5)$	$H_4(1.0)$	$H_3(1.0)$	$H_4(0.5)$ $H_5(0.3)$
Judge4	$H_3(0.5)$ $H_4(0.5)$	$H_4(0.8)$	$H_3(0.4)$ $H_4(0.5)$	$H_4(0.5)$ $H_5(0.3)$	$H_5(1.0)$
Judge5	$H_3(0.2)$ $H_4(0.6)$	$H_4(0.5)$ $H_5(0.5)$	$H_5(1.0)$	$H_4(0.2)$ $H_5(0.7)$	$H_2(0.5)$ $H_3(0.5)$

Step 1: 在各被评价对象下,将不同的成员意见均视为证据建立初始的 mass 函数  $m_j^*$  ( $j = 1, 2, \dots, 5$ ),并计算群体的冲突度矩阵  $C$  及冲突度指数向量  $= (j_1, j_2, \dots, j_5)$ . 冲突度指数向量如下:

$$j_1 = (0.255, 0.253, 0.314, 0.446, 0.261),$$

$$j_2 = (0.3531, 0.676, 0.3421, 0.2984, 0.558),$$

$$j_3 = (0.4681, 0.3867, 0.444, 0.4416, 0.863),$$

$$j_4 = (0.457, 0.4967, 0.863, 0.4273, 0.4811),$$

$$j_5 = (0.545, 0.515, 0.418, 0.645, 0.9).$$

Step 2: 依据冲突度指数  $j_j$  ( $j = 1, 2, \dots, 5$ ) 分别对各被评价对象下的证据赋权.由式(2)确定的位置权向量为  $w = (0.45, 0.18, 0.14, 0.12, 0.11)$ ,因此各被评价对象来自评价群体成员的证据所对应的权重如表 2 所示.

表 2 证据权重

	Judge1	Judge2	Judge3	Judge4	Judge5
Dan	0.18	0.45	0.12	0.11	0.14
Nicole	0.14	0.11	0.18	0.45	0.12
Tiffany	0.12	0.45	0.14	0.18	0.11
Jennifer	0.18	0.12	0.11	0.45	0.14
David	0.14	0.18	0.45	0.12	0.11

Step 3: 对赋权后的证据建立 mass 函数  $m_j$  ( $j = 1, 2, \dots, 5$ ),应用 Dempster 规则合成,形成群体对各被评价对象的综合评价意见,如表 3 所示.

表 3 群体的综合评价意见 %

	很差	差	一般	好	很好	不确定
Dan	0.00	0.00	6.26	66.19	11.59	15.96
Nicole	0.00	0.00	11.37	66.01	7.95	14.67
Tiffany	0.00	0.00	26.34	54.46	8.07	11.13
Jennifer	0.00	0.00	8.20	43.73	36.63	11.44
David	0.00	4.025	4.025	48.46	34.33	9.16

Step 4: 通过对语言评价等级进行赋值,由式(6)和(7)得到各被评价对象的群体综合评价值或群体综合评价区间.应用区间数比较方法对各被评

价对象进行综合排序,得到具有可能度的排序结果.

各被评价对象的群体综合评价区间分别为

Dan = [77. 87, 84. 26], Nicole = [76. 38, 82. 25],

Tiffany = [74. 12, 78. 57],

Jennifer = [83. 40, 87. 97],

David = [80. 79, 86. 28].

由式(8)得到具有可能度的排序结果为

Jennifer<sup>0.835</sup> > David<sup>0.828</sup> > Dan<sup>0.744</sup> > Nicole<sup>0.908</sup> > Tiffany.

## 5 结 论

本文针对评价群体成员权重未知且语言评价信息不完全的群组评价问题,提出了一种基于变权的证据推理的解决方法.与已有的 D-S 证据理论解决评价信息不完全评价问题的研究不同,本文方法从证据之间提取信息进行赋权,丰富了单一依靠专家的权威性决定证据重要性的赋权思路,体现了采纳多数人意见的群组评价思想.

## 参考文献(References)

- [1] Delgado M, Verdegay J L, Vila M A. A model for linguistic partial information in decision making problem [J]. *Int J of Intelligent Systems*, 1994, 9(4): 365-378.
- [2] Herrera F, Herrera V E. Linguistic decision analysis: Steps for solving decision problems under linguistic information[J]. *Fuzzy Sets and Systems*, 2000, 115(1): 67-82.
- [3] Herrera F, Martinez L. A 2-tuple fuzzy linguistic representation model for computing with words [J]. *IEEE Trans on Fuzzy Systems*, 2000, 8(6): 746-752.
- [4] 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.)
- [5] 王坚强.一种信息不完全确定的多准则语言群决策方法[J]. *控制与决策*, 2007, 22(4): 394-398. (Wang J Q. Group multi-criteria linguistic decision-making method with incomplete certain information[J]. *Control and Decision*, 2007, 22(4): 394-398.)
- [6] 龚本刚,华中生,檀大水.一种语言评价信息不完全的多属性群决策方法[J]. *中国管理科学*, 2007, 15(1): 88-93. (Gong B G, Hua Z S, Tan D S. A method of multi-attribute group decision making with incomplete linguistic assessment information [J]. *Chinese J of Management Science*, 2007, 15(1): 88-93.)
- [7] Yang J B, Singh M G. An evidential reasoning approach for multiple attribute decision making with uncertainty [J]. *IEEE Trans on System, Man and Cybernetics*, 1994, 24(1): 1-18.
- [8] 杨春,李怀祖.一个证据推理模型及其在专家意见综合中的应用[J]. *系统工程理论与实践*, 2001, 21(4): 43-48. (Yang C, Li H Z. An evidence reasoning method with its application to expert opinions combination [J]. *Systems Engineering — Theory and Practice*, 2001, 21(4): 43-48.)
- [9] Yang J B, Xu D L. On the evidential reasoning algorithm for multiple attribute decision analysis under uncertainty [J]. *IEEE Trans on System, Man and Cybernetics*, 2002, 32(3): 289-304.
- [10] Yang J B, Wang Y M, Xu D L, et al. The evidential reasoning approach for MCDA under both probabilistic and fuzzy uncertainties[J]. *European J of Operational Research*, 2006, 171(1): 309-343.
- [11] Wang Y M, Yang J B, Xu D L. The evidential reasoning approach for multiple attribute decision analysis using interval belief degrees[J]. *European J of Operational Research*, 2006, 175(1): 35-66.
- [12] 王坚强.基于证据推理的信息不完全的多准则排序方法[J]. *系统工程学报*, 2006, 21(4): 419-423. (Wang J Q. Multi-criteria ranking approach based on evidential reasoning with incomplete certain information [J]. *J of Systems Engineering*, 2006, 21(4): 419-423.)
- [13] 段新生.证据理论与决策、人工智能[M].北京:中国人民大学出版社,1993. (Duan X S. Evidential theory and decision making, artificial intelligence [M]. Beijing: China Renmin University Press, 1993.)
- [14] Yager R R. On ordered weighted averaging aggregation operators in multi-criteria decision making [J]. *IEEE Trans on System, Man and Cybernetics*, 1988, 18(1): 183-190.
- [15] Yager R R. Quantifier guided aggregation using OWA operators[J]. *Int J of Intelligent Systems*, 1996, 11(1): 49-73.
- [16] Wang Y M, Yang J B, Xu D L. Environmental impact assessment using the evidential reasoning approach[J]. *European J of Operational Research*, 2006, 174(3): 1885-1913.
- [17] 张全,樊治平,潘德惠.不确定性多属性中区间数的一种排序方法[J]. *系统工程理论与实践*, 1999, 19(5): 129-133. (Zhang Q, Fan Z P, Pan D H. A ranking approach for interval numbers in uncertain multiple attribute decision making problems[J]. *Systems Engineering — Theory and Practice*, 1999, 19(5): 129-133.)