

文章编号: 1001-0920(2009)07-1074-04

一种基于二元语义的混合型多属性决策方法

刘培德^{1,2}, 关忠良¹

(1. 北京交通大学 经济管理学院, 北京 100044; 2. 山东经济学院 信息管理学院, 济南 250014)

摘要: 针对指标权重未知的混合型多属性决策问题, 提出一种基于二元语义的决策方法. 首先, 定义了语言评价变量与三角模糊数的转化规则和二元语义之间的距离, 给出了不同类型指标数据与二元语义的转化; 然后, 利用与正理想解灰色关联度偏差最小原理, 确定了属性的指标权重, 并利用二元语义加权算术平均值对方案进行排序; 最后, 通过应用案例说明了所提方法的决策步骤, 并与 TOPSIS 方法进行了比较, 表明了所提方法的有效性和优越性.

关键词: 混合型决策; 二元语义; 语言评价集

中图分类号: F274; O223 **文献标识码:** A

Hybrid multiple attribute decision making method based on 2-tuple

LIU Pei-de^{1,2}, GUAN Zhong-liang¹

(1. Economic Management School, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China; 2. Information Management School, Shandong Economic University, Ji 'nan 250014, China. Correspondent: LIU Pei-de, E-mail: Peide.liu@gmail.com)

Abstract: An approach based on 2-tuple is presented to solve the hybrid multiple attribute decision making problem with weight information unknown. First, transformation rules between linguistic variables and triangular fuzzy numbers, and distance between 2-tuple linguistics are defined. Then the transformation method between 2-tuple linguistic and different forms of indicator values is given. Besides, according to grey incidence minimum deviation theory of positive ideal solution, the weights of indicators are determined, and alternatives are ranked by 2-tuple linguistic weighting arithmetic average values. Finally, an example illustrates demonstrate the procedure of the method and compares the proposed method with TOPSIS method to show the effectiveness and advantages of the presented method.

Key words: Hybrid decision making; 2-tuple; Linguistic evaluation set

1 引言

多属性决策是决策理论的重要组成部分. 由于客观事物的模糊性、不确定性以及受决策者的主观因素影响等情况, 决策属性往往不能全部用定量数据表示, 有些属性更适合用定性的模糊数表示, 如用区间模糊数、三角模糊数、梯形模糊数、语言变量等数据类型表示. 在一个决策矩阵中, 指标属性含有多种数据类型的决策问题, 称为混合型决策问题. 有关单一型多指标决策问题的研究已取得了丰富的成果, 文献[1-7]分别研究了属性为精确数、区间数、三角模糊数、梯形模糊数、语言变量等多属性决策问题, 对混合型多指标决策问题的研究还很不完善; [8]采用 TOPSIS 方法利用各类型的数据之间的距离将精确数、区间数、三角模糊数转化为统一的实

数, 解决了混合型决策问题, 但在处理不同属性类型的方案属性值到理想值的距离上, 使用完全不同的计算方法, 具有一定的缺陷; [9]研究了一种属性权重未知的混合型多属性决策模型, 其方法是将区间数和模糊数转化成精确数. 显然, 这种方法将造成信息的失真.

本文在文献[10, 11]提出的模糊数与二元语义转化的基础上, 将不同类型的指标数据转化为二元语义信息, 并定义了二元语义之间的距离, 利用与正理想解灰色关联度偏差最小原理, 确定了属性的指标权重, 利用二元语义加权算术平均值对方案排序.

2 基于二元语义的多属性评价方法

2.1 语言评价集的相关性质

设 S 是预先定义好的由奇数个元素 l 构成的有

收稿日期: 2008-07-19; 修回日期: 2008-11-10.

基金项目: 教育部新世纪优秀人才支持计划(NCET-05-0095); 山东省自然科学基金项目(Y2007H23).

作者简介: 刘培德(1966—), 男, 山东临朐人, 教授, 博士生, 从事信息管理、决策支持等研究; 关忠良(1964—), 男, 辽宁开原人, 教授, 博士生导师, 从事信息系统理论与方法、决策理论与应用等研究.

序自然语言评价集,即 $S = (s_0, s_1, \dots, s_{l-1})$, 则 S 具有如下性质:

- 1) 若 $i > j$, 则 $s_i > s_j$ (即 s_i 优于 s_j);
- 2) 存在负算子 $\text{neg}(s_i) = s_j$, 使得 $j = l - i$;
- 3) 若 $s_i \geq s_j$ (即 s_i 不劣于 s_j), $\max(s_i, s_j) = s_i$;
- 4) 若 $s_i \leq s_j$ (即 s_i 不优于 s_j), $\min(s_i, s_j) = s_i$.

在实用中,一般取 $3 < l \leq 15$, 设自然语言的三角模糊数表示为 $s_i = (a_i, b_i, c_i)$, 则有

$$\begin{cases} a_0 = 0, \\ a_i = \frac{i-1}{l-1}, 1 \leq i \leq l-1, \\ b_i = \frac{i}{l-1}, 0 \leq i \leq l-1, \\ c_i = \frac{i+1}{l-1}, 0 \leq i \leq l-2, \\ c_{l-1} = 1. \end{cases} \quad (1)$$

当 $l = 9$ 时,有

$$S = (s_0, s_1, s_2, s_3, s_4, s_5, s_6, s_7, s_8) = \\ ((0, 0, 0), (0.125, 0, 0.25), (0.25, 0.25, 0.375), \\ (0.375, 0.5, 0.625), (0.5, 0.625, 0.75), (0.625, 0.75, 0.875), \\ (0.75, 0.875, 1), (0.875, 1, 1)).$$

表示的含义为 {绝对差, 非常差, 很差, 差, 差不多, 好, 很好, 非常好, 绝对好}.

2.2 二元语义的相关定义

定义 1^[12,13] 设 $S = (s_0, s_1, \dots, s_{l-1})$ 是一个自然语言术语集, 是一个位于 $[0, l-1]$ 中的数, 它是 S 中的元素集成运算的结果, 则与 s_i 对应的二元语义可由下面函数得到:

$$\begin{aligned} &: [0, l-1] \rightarrow S \times [-0.5, 0.5] \\ &(s_i, \alpha) = (s_i, \alpha). \end{aligned} \quad (2)$$

其中 $i = \text{round}(\alpha), \alpha \in [-0.5, 0.5]$.

定义 2^[12,13] 设 $S = (s_0, s_1, \dots, s_{l-1})$ 是语言术语集, (s_i, α) 是一个二元语义, 则存在逆函数 inv 将二元语义转换成相应的数值 $i + \alpha \in [0, l-1]$, 即

$$\begin{cases} \text{inv}: S \times [-0.5, 0.5] \rightarrow [0, l-1], \\ \text{inv}(s_i, \alpha) = i + \alpha. \end{cases} \quad (3)$$

由此可见, 对应于 $s_i (i = 0, 1, \dots, l-1)$ 的二元语义为 $(s_i, 0)$.

基于上面的定义, 很容易给出二元语义的相关计算模型, 包括二元语义的比较、逆算子和集成算子.

1) 二元语义的比较: 假设 (s_i, α) 和 (s_j, β) 是任意两个二元语义, 则有:

如果 $i > j$, 则有 $(s_i, \alpha) > (s_j, \beta)$; 如果 $i = j$ 且 $\alpha > \beta$, 则有 $(s_i, \alpha) > (s_j, \beta)$; 如果 $i = j$ 且 $\alpha = \beta$, 则有 $(s_i, \alpha) = (s_j, \beta)$.

2) 存在逆运算符 Neg , 有

$$\text{Neg}(s_i, \alpha) = ((l-1) - (i + \alpha), \alpha).$$

3) 如果 $(s_i, \alpha) \geq (s_j, \beta)$, 则有

$$\max\{(s_i, \alpha), (s_j, \beta)\} = (s_i, \alpha);$$

如果 $(s_i, \alpha) \leq (s_j, \beta)$, 则有

$$\min\{(s_i, \alpha), (s_j, \beta)\} = (s_i, \alpha).$$

4) 二元语义变量的距离:

二元语义 $A = (s_i, \alpha)$ 和 $B = (s_j, \beta)$ 之间的距离定义为

$$d(A, B) = \frac{1}{l-1} * |(i + \alpha) - (j + \beta)|. \quad (4)$$

定理 1 任意二元语义 $A = (s_i, \alpha), B = (s_j, \beta)$ 和 $C = (s_k, \gamma)$, 根据式(4) 所给出的距离度量 $d(A, B)$ 满足:

- 1) $A = B \Leftrightarrow d(A, B) = 0$;
- 2) $d(A, B) = d(B, A)$;
- 3) $0 \leq d(A, B) \leq 1$;
- 4) $d(A, B) + d(B, C) \geq d(A, C)$.

证明 定理 1 中 1) ~ 3) 显然成立, 下面证明 4) 成立.

$$\begin{aligned} d(A, B) + d(B, C) &= \frac{|(i + \alpha) - (j + \beta)|}{l-1} + \frac{|(j + \beta) - (k + \gamma)|}{l-1} \\ &= \frac{|(i + \alpha) - (j + \beta) + (j + \beta) - (k + \gamma)|}{l-1} = \\ &= \frac{|(i + \alpha) - (k + \gamma)|}{l-1} = d(A, C). \end{aligned}$$

定义 3^[12,13] 如果 $X = \{(x_1, \alpha_1), \dots, (x_n, \alpha_n)\}$ 是一组要集成的二元语义, $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ 是相应的权重向量, 则二元语义加权算术平均算子 (T-AWM)₂ 为

$$\begin{aligned} &{}_2[A(x_1, \alpha_1), (x_2, \alpha_2), \dots, (x_n, \alpha_n)] = \\ &\left(\frac{\sum_{i=1}^n (x_i, \alpha_i) w_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \right) = \left(\frac{\sum_{i=1}^n x_i w_i}{\sum_{i=1}^n w_i}, \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i w_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \right), \end{aligned} \quad (5)$$

其中 $i = i + \alpha_i$.

2.3 模糊数与二元语义的转化

定义 4^[12,13] 设 I 为实数、区间模糊数、三角模糊数、梯形模糊数等, $S = (s_0, s_1, \dots, s_{l-1})$ 为语言评价价值集合. 则可通过下列映射将 I 转化为二元语义集:

$$[0, 1] \rightarrow F(S), \\ (I) = \{(s_k, \alpha) \mid k \in [0, 1, \dots, l-1]\}, \quad (6)$$

$$\alpha = \max_y \min\{\mu_I(y), \mu_k(y)\}, \quad (7)$$

其中 $\mu_I(y), \mu_k(y)$ 分别表示 I 和 s_k 的隶属函数.

定义 5^[12,13] 令 $(I) = \{(s_0, 0), (s_1, 1), \dots, (s_{l-1}, l-1)\}$, 是不确定模糊数 I 的二元语义转化值, 则可通过映射 将二元语义集 (I) 转化为二元语义代表数值, 即

$$\begin{aligned} F(S) &= [0, l-1], \\ (I) &= (F(S)) = \\ &= [(s_j, j), j = 0, 1, \dots, l-1] = \\ &= \left(\frac{j * j}{j=0} \right) / \left(\frac{j * j}{j=0} \right) \end{aligned} \quad (8)$$

这样, 便可通过定义 4 将 转化为其所代表的二元语义. 各类型转换为二元语义的实例如下:

实数型

$$((0.2)) = 1.6, \quad (1.6) = (s_2, -0.4);$$

区间型

$$([0.2, 0.4]) = 2.38, \quad (2.38) = (s_2, 0.38);$$

三角模糊型

$$((0.2, 0.3, 0.4)) = 2.375,$$

$$(2.375) = (s_2, 0.375);$$

梯形模糊型

$$((0.2, 0.3, 0.4, 0.5)) = 2.74,$$

$$(2.74) = (s_3, -0.26).$$

2.4 评价步骤

1) 决策问题描述

设要评价的混合型多属性决策方案有 m 个, 记为 $A = (a_1, a_2, \dots, a_m)$, n 个评价指标 $C = (c_1, c_2, \dots, c_n)$, 决策者给出的各评价对象的评价指标值组成矩阵为 $R = [r_{ij}]_{m \times n}$, r_{ij} 表示第 i 个方案的第 j 个指标评价. 其取值为实数型、区间模糊型、三角模糊型、语言变量型、梯形模糊型等数据类型之一. 指标权重完全未知, 通过某种决策分析方法, 最终得出方案的排序结果.

2) 规范化决策矩阵, 得到 $T = (t_{ij})_{m \times n}$

假设所有指标为效益型 (对于成本型指标可以用倒数转化成效益型), 对区间数、三角模糊数、梯形模糊数评价时, 可采用 $[0-1]$ 标度, 不需要转化, 同样语言变量也不需要转换, 对实数型通过线性变换转换到 $[0-1]$ 区间.

3) 将模糊矩阵转化成二元语义矩阵

根据式 (6) ~ (8), 将模糊矩阵转化成二元语义

$$X = (x_{ij})_{m \times n}.$$

4) 确定评价对象的理想解

二元语义的正理想解为

$$V_j^+ = (\max_i (x_{ij})). \quad (9)$$

5) 计算第 i 个方案与理想方案关于第 j 个指标的灰色关联系数

$$d_{ij}^+ = \frac{N + M}{d_{ij}^+ + M}, \quad (0, 1), \quad (10)$$

则各方案与理想方案的灰色关联系数矩阵为

$$D^+ = [d_{ij}^+]_{m \times n}.$$

其中: $d_{ij}^+ = d(x_{ij}, V_j^+)$, $N = \min_i \min_j d_{ij}^+$, $M = \max_i \max_j d_{ij}^+$, 为分辨系数, 一般取值 0.5.

6) 计算属性的权重

根据基于理想最优方案的区间数关联系数矩阵可知, 理想最优方案与自身的关联系数向量为 $(1, 1, \dots, 1)$, 所以方案 i 与理想最优方案之间的综合关联度偏差之和为

$$pd_i(w) = \sum_{j=1}^n (1 - d_{ij}^+) w_j.$$

于是可建立如下的多目标决策模型:

$$\min pd_i(w) = \sum_{i=1}^m (1 - d_{ij}^+) w_j, \quad i = 1, 2, \dots, m.$$

由于每个方案都是公平竞争的, 不存在任何偏好关系, 可以建立如下单目标最优化模型:

$$\min pd(w) = \sum_{i=1}^m pd_i(w) =$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n [(1 - d_{ij}^+) w_j]^2,$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{j=1}^n w_j = 1. \quad (11)$$

为解此模型, 建立拉格朗日函数

$$L(w_j, \lambda) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n [(1 - d_{ij}^+) w_j]^2 + 2 \left(\sum_{j=1}^n w_j - 1 \right).$$

根据其偏导数为 0, 求得最优解为

$$\begin{cases} = - \left[\sum_{j=1}^n \left(\sum_{i=1}^m (1 - d_{ij}^+) \right)^2 \right]^{-1}, \\ w_j = \\ \left[\sum_{j=1}^n \left(\sum_{i=1}^m (1 - d_{ij}^+) \right)^2 \right]^{-1} \left[\sum_{i=1}^m (1 - d_{ij}^+) \right]^{-1}. \end{cases} \quad (12)$$

7) 计算二元语义加权算术平均值

$$Z[i] = \left(\sum_{j=1}^n (x_{ij} + d_{ij}^+) w_j \right) = \left(\sum_{j=1}^n d_{ij}^+ w_j \right). \quad (13)$$

8) 排序

根据 $Z[i]$ 的大小进行方案排序.

3 应用实例

设某决策方案集为 $A = (a_1, a_2, a_3, a_4)$, 决策属性集为 $C = (c_1, c_2, c_3, c_4, c_5)$. 其中: c_1 为数值型, c_2 为区间型, c_3 为三角模糊数型, c_4 为语言变量型, c_5

为梯形模糊型. 采用的语言评价集为 $S = (s_0, s_1, s_2, s_3, s_4, s_5, s_6, s_7, s_8)$, 属性权重完全未知, 评价矩阵见表 1, 对这 4 个方案进行排序.

表 1 混合型评价数据

	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5
a_1	0.6	[0.5, 0.7]	(0.5, 0.6, 0.7)	s_5	(0.5, 0.6, 0.7, 0.8)
a_2	0.7	[0.3, 0.5]	(0.6, 0.7, 0.9)	s_7	(0.6, 0.7, 0.8, 0.9)
a_3	0.4	[0.6, 0.8]	(0.6, 0.7, 0.8)	s_6	(0.3, 0.4, 0.4, 0.5)
a_4	0.5	[0.5, 0.8]	(0.5, 0.6, 0.8)	s_8	(0.5, 0.5, 0.5, 0.5)

决策步骤如下:

1) 将混合数据转化成二元语义矩阵, 得

$$X = \begin{bmatrix} (s_5, -0.2) & (s_5, -0.15) & (s_5, -0.125) \\ (s_6, -0.4) & (s_3, 0.15) & (s_6, -0.130) \\ (s_3, 0.2) & (s_6, -0.38) & (s_6, -0.375) \\ (s_4, 0.0) & (s_5, 0.24) & (s_5, 0.130) \\ (s_5, 0) & (s_5, 0.26) \\ (s_7, 0) & (s_6, 0) \\ (s_6, 0) & (s_3, 0.125) \\ (s_8, 0) & (s_4, 0) \end{bmatrix}$$

2) 与正理想解的灰色关联矩阵

$$+ = \begin{bmatrix} 0.652 & 0.661 & 0.601 & 0.333 & 0.670 \\ 1.000 & 0.378 & 1.000 & 0.600 & 1.000 \\ 0.385 & 1.000 & 0.860 & 0.429 & 0.343 \\ 0.484 & 0.798 & 0.670 & 1.000 & 0.429 \end{bmatrix}$$

3) 求指标权重

$$w = (0.1475, 0.2082, 0.3926, 0.1214, 0.1303)$$

4) 计算各方案二元语义加权算术平均值

$$Z[1] = (s_5, -0.076), Z[2] = (s_5, 0.418), Z[3] = (s_5, -0.014), Z[4] = (s_5, 0.187)$$

5) 排序

由此得到 4 个方案的排序为

$$a_2 \succ a_4 \succ a_3 \succ a_1,$$

但 4 个方案的评价值基本上在 s_5 左右, 说明 4 个方案整体在一个水平上, 即达到“好”的水平.

6) 决策方法分析

本决策方法首先将不同数据类型的决策数据转化为二元语义表示, 文献[10, 11]已证明数据转化的有效性; 自定义了二元语义之间的距离公式, 并证明了二元语义之间的距离满足距离定理; 利用与正理想解灰色关联度偏差最小原理, 确定属性的指标权重, 其理论基础及含义明确; 利用二元语义加权算术平均值对方案排序, 是文献[12, 13]证明有效的方法. 因此本文的决策过程严谨, 决策方法科学.

利用文献[8]提供的 TOPSIS 方法, 对此决策问

题进行了方案排序, 得出的排序结果也为

$$a_2 \succ a_4 \succ a_3 \succ a_1,$$

说明了本文提出方法的有效性.

另外, 利用本文提出的方法还可得出每个方案的水平状况, 这是文献[8]所不能达到的.

4 结 论

混合型多属性决策问题更符合决策问题的实际, 有广泛的应用. 本文提出了一种基于二元语义、指标权重未知的混合型多属性决策方法, 通过将不同类型指标数据转化到二元语义, 充分利用二元语义的优点, 有效地避免了语言信息处理过程中信息的丢失与扭曲, 避开了不确定模糊数评价信息处理过程中模糊数比较的不确定问题. 通过与文献[8]提出的 TOPSIS 方法比较, 说明了本文方法的有效性. 同时本文方法通过语言变量可对各方案进行定性描述, 并且计算简单易用, 便于推广.

参考文献(References)

[1] Hwang C L, Yoon K. Multiple attribute decision making[M]. Berlin Heidelberg, New York: Sprigner-Verlag, 1981.

[2] 刘树林, 邱苑华. 多属性决策的 TOPSIS 夹角度量评价法[J]. 系统工程理论与实践, 1996, 16(7): 12-16. (Liu S L, Qiu W H. The TOPSIS angle measure evaluation method for MADM[J]. Systems Engineering Theory & Practice, 1996, 16(7): 12-16.)

[3] Bryson N, Mobolurin A. An action learning evaluation procedure for multiple criteria decision making problems [J]. European J of Operational Research, 1996, 96(3): 379-386.

[4] 达庆利, 徐泽水. 不确定多属性决策的单目标最优化模型[J]. 系统工程学报, 2002, 17(1): 50-55. (Da Q L, Xu Z S. Single-objective optimization model in uncertain multi-attribute decision-making [J]. J of Systems Engineering, 2002, 17(1): 50-55.)

[5] 张吉军, 樊玉英. 权重为区间数的多指标决策问题的逼近理想点法[J]. 系统工程与电子技术, 2002, 24(11): 76-77. (Zhang J J, Fan Y Y. TOPSIS of multiple attribute decision making problem with interval-valued weight [J]. Systems Engineering and Electronics, 2002, 24(11): 76-77.)

[6] 李荣钧. 模糊多准则决策理论与应用[M]. 北京: 科学出版社, 2002. (Li R J. Decision theory and application for fuzzy multi-objective decision-making [M]. Beijing: Science Publishing Company, 2002.)

(下转第 1082 页)

较好(见表 1). 2) 抗攻击能力方面:在遭到攻击时,本文算法水印检测稳定性好.而文献[3]的算法基于空域技术,水印检测变化较大,不稳定.实验结果见图 5.该实验在同一个数据库关系和嵌入等量数位的水印环境中完成,给出了部分实验结果.当攻击比例增大时,本文算法表现出了较好的鲁棒性.

7 结 论

本文针对空域技术的关系数据库水印方案存在鲁棒性的问题,分析出关系数据库离散小波变换的高频系数服从高斯分布的特点,并根据相关检测技术,提出基于离散小波变换的关系数据库水印检测算法.对算法的水印不可见性和鲁棒性作了全面的分析,本文算法运算简单方便,不可见性较好且有较强的抵御各种对关系数据库攻击的能力.利用数字水印技术实现数据库的安全保护,以及在数据库关系的非数值型属性值中嵌入水印是今后要继续开展的研究工作.

参考文献(References)

- [1] Rakesh Agrawal, Jerry Kiernan. Watermarking relational databases[C]. Proc of the 28th VLDB Conf. Hong Kong, 2002: 155-166.
- [2] Sion R, Atallah M, Sunil Prabhakar. Rights protection for relational data[C]. Proc of the 2003 ACM SIGMOD Int Conf on Management of Data San Diego. California: ACM SIGMOD, 2003: 98-109.
- [3] 牛夏牧,赵亮,黄文军,等.利用数字水印技术实现数据库的版权保护[J].电子学报,2003,31(12A):2050-2053.
(Niu X M, Zhao L, Huang W J, et al. Watermarking relational databases for ownership protection [J]. Chinese J of Electronics, 2003, 31(12A): 2050-2053.)
- [4] Zhang Z H, Jin X M, Wang J M, et al. Watermarking relational database using image[C]. Proc of the 3rd Int Conf on Machine Learning and Cybernetics. Shanghai, 2004: 1739-1744.
- [5] 姜传贤,孙星明,易叶青,等.基于JADE算法的数据库公开算法的研究[J].系统仿真学报,2006,18(7):1781-1784.
(Jiang C X, Sun X M, Yi Y Q, et al. Study of database public watermarking based on JADE algorithm[J]. J of System Simulation, 2006, 18(7): 1781-1784.)
- [6] Gupta G, Pieprzyk J. Reversible and semi-blind relational database watermarking[C]. Proc of Int Conf on Signal Processing and Multimedia Applications. Barcelona, 2007: 283-290.
- [7] Cox Ingegar J, Kilian Joe, Leighton Tom, et al. Secure spreads spectrum watermarking for multimedia [J]. IEEE Trans on Image Processing, 1997, 6(12): 1673-1687.
- [8] Cox Ingegar J, Miller Matthew L, Bloom Jeffrey A. Digital watermarking[M]. San Diego: Academic Press, 2002.
- [7] 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):394-399.
(Wang J Q. Group multi-criteria linguistic decision-making method with incomplete certain information[J]. Control and Decision, 2007, 22(4): 394-399.)
- [8] 夏勇其,吴祈宗.一种混合型多属性决策问题的TOPSIS方法[J].系统工程学报,2004,19(6):630-635.
(Xia Y Q, Wu Q Z. A technique of order preference by similarity to ideal solution for hybrid multiple attribute decision making problems [J]. J of Systems Engineering, 2004, 19(6): 630-635.)
- [9] 梁昌勇,吴坚,陆文星,等.一种新的混合型多属性决策方法及在供应商选择中的应用[J].中国管理科学,2006,14(6):71-76.
(Liang C Y, Wu J, Lu W X. A new method on hybrid multiple attribute decision-making problem for choosing the supplier [J]. Chinese J of Management Science, 2006, 14(6): 71-76.)
- [10] 巩在武,刘思峰.不同偏好形式判断矩阵的二元语义群决策方法[J].系统工程学报,2007,22(2):185-189.
(Gong Z W, Liu S F. Group decision making method based on two-tuple linguistic for judgment matrices with different fuzzy preferences [J]. J of Systems Engineering, 2007, 22(2): 185-189.)
- [11] 巩在武.梯形模糊数判断矩阵的二元语义排序方法[J].系统工程与电子技术,2007,29(9):1488-1492.
(Gong Z W. On priority of trapezoidal fuzzy number complementary judgment matrix based on two-tuple linguistic [J]. Systems Engineering and Electronics, 2007, 29(9):1488-1492.)
- [12] Herrera F, Martinez L. A 2-tuple fuzzy linguistic represent model for computing with words[J]. IEEE Trans on Fuzzy Systems, 2000, 8(6): 746-752.
- [13] Herrera F, Martinez L Sanchez. Managing non-homogeneous information in group decision making[J]. European J of Operational Research, 2005, 166(11): 115-132.

(上接第 1077 页)