

文章编号: 1001-0920(2012)06-0895-04

一种新的灰色多属性决策方法

胡丽芳^{1,2}, 关欣^{1,3}, 何友¹

(1. 海军航空工程学院 信息融合技术研究所, 山东 烟台 264001; 2. 海军装备研究院, 北京 102249; 3. 国防科技大学 电子科学与工程学院, 长沙 410073)

摘要: 针对模糊群体多属性决策问题, 提出一种新的灰色多属性决策方法. 该方法依据一般的灰色关联分析方法的基本思路, 将灰色关联度和欧氏距离有机结合, 构造出一种平均相似度对方案进行评价. 平均相似度同时反映了方案与正负理想方案之间的位置和数据曲线的相似性差异, 其物理意义更加明确. 最后通过算例表明了所提出方法的可行性和有效性.

关键词: 多属性决策; 三角模糊数; 区间灰数; 灰色关联系数

中图分类号: TP273

文献标识码: A

A new approach for grey multi-attribute decision making

HU Li-fang^{1,2}, GUAN Xin^{1,3}, HE You¹

(1. Research Institute of Information Fusion, Naval Aeronautical and Astronautical University, Yantai 264001, China; 2. Navy Armament Academy, Beijing 102249, China; 3. The Institute of Electronic Science and Engineering, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China. Correspondent: HU Li-fang, E-mail: hlf1983622@163.com)

Abstract: The decision-making method for the grey multiple attribute decision-making problems is presented. Firstly, a new kind of similar degree between two interval grey numbers is established by combining the Euclidean distance with grey correlation degree to appraise the scheme. Then, the average similar degree is constructed, which reflects the distance and the difference of data curves among a selected scheme, the ideal solution and negative ideal solution. Thus, this method has clear physical implication. Finally, an example is given to show the feasibility and effectiveness of the proposed method.

Key words: multi-attribute decision making; triangular fuzzy number; interval grey number; grey incidence coefficient

1 引言

模糊多属性决策(FMADM)是一种考虑模糊信息和决策空间离散的多准则决策问题, 目前已成为国内外的热点研究课题^[1-4]. 然而在决策中, 决策者往往对方案有一定的主观偏好. 如文献[5]对属性权重信息不完全且属性值和决策者对方案的主观偏好信息均为三角模糊数的多属性决策问题进行了研究, 提出一种基于相似度的决策方案排序法; 文献[6]对属性值和决策者对方案的主观偏好信息均为三角模糊数的多属性决策问题进行了研究, 定义了期望值决策矩阵的概念, 针对属性权重信息完全未知或只有部分权重信息的情形, 给出了一种基于期望值的模糊多属性决策方法.

在多属性决策中, 每个方案下的属性值只知道大致范围, 而不知其确切的值, 这种只知大概范围而不知其准确值的数称为灰数. 把含有灰数的多属性决策问题称为灰色多属性决策问题.

本文在文献[7-9]的基础上, 对灰色关联分析方法作进一步的拓展, 对属性取值为三角模糊数、属性权重信息不完全且对方案的主观偏好信息为三角模糊数的多属性决策问题进行研究, 提出了解决该问题的灰色关联分析法. 根据区间灰数的本质特征, 首先定义了正负理想方案的灰色关联系数, 构建了基于欧氏距离的灰色关联系数相似度和平均相似度公式, 利用这些公式将各方案的原始灰色决策信息转化为具有优劣顺序关系的清晰数; 然后基于各方案属性值关

收稿日期: 2010-11-28; 修回日期: 2011-03-01.

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(61032001); 国家自然科学基金项目(60572161); 全国优秀博士论文作者专项资金项目(200443).

作者简介: 胡丽芳(1983-), 女, 博士, 从事智能计算、模式识别的研究; 何友(1956-), 男, 教授, 博士生导师, 从事多传感器信息融合、多目标跟踪等研究.

于正负理想方案属性值的平均相似度进行方案排优. 这对完善灰色决策理论与方法具有一定的使用价值和实际意义.

2 预备知识

定义 1 若 $\tilde{a} = [a^L, a^M, a^U]$, 其中 $0 < a^L \leq a^M \leq a^U$, 则称 \tilde{a} 为一个三角模糊数. 其隶属函数为 $u_{\tilde{a}}(x) : R \rightarrow [0, 1]$, 即

$$u_{\tilde{a}}(x) = \begin{cases} 0, & x < a^L; \\ \frac{x - a^L}{a^M - a^L}, & a^L \leq x \leq a^M; \\ \frac{x - a^U}{a^M - a^U}, & a^M \leq x \leq a^U; \\ 0, & x \geq a^U. \end{cases} \quad (1)$$

其中: $x \in R$; $a^L \leq a^M \leq a^U$; a^L 和 a^U 分别为下界和上界, 它们表示模糊的程度, 并且 $a^U - a^L$ 越大, 模糊程度越强.

定义 2 设三角模糊数 $\tilde{a} = [a^L, a^M, a^U]$, $\tilde{b} = [b^L, b^M, b^U]$, 则三角模糊数的运算法则为:

1) $\tilde{a} + \tilde{b} = [a^L, a^M, a^U] + [b^L, b^M, b^U] = [a^L + b^L, a^M + b^M, a^U + b^U]$;

2) $\tilde{a} \times \tilde{b} = [a^L, a^M, a^U] \times [b^L, b^M, b^U] = [a^L b^L, a^M b^M, a^U b^U]$;

3) $1/\tilde{a} = [1/a^L, 1/a^M, 1/a^U]$;

4) $\lambda \tilde{a} = [\lambda a^L, \lambda a^M, \lambda a^U]$, $\lambda \geq 0$.

定义 3 设 $\tilde{a} = [a^L, a^M, a^U]$, $\tilde{b} = [b^L, b^M, b^U]$ 为任意两个三角模糊数, 则称

$$d(\tilde{a}, \tilde{b}) = \left[\frac{|a^L - b^L|^2 + |a^M - b^M|^2 + |a^U - b^U|^2}{3} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

为三角模糊数 $\tilde{a} = [a^L, a^M, a^U]$ 到三角模糊数 $\tilde{b} = [b^L, b^M, b^U]$ 的距离.

3 三角模糊数群体多属性决策问题的灰色关联度法

设模糊群体多属性决策问题中由多个信源所组成的信源群体 $E = \{e_1, e_2, \dots, e_k\}$. 备选方案集 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, 评价属性集 $U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$, 以及信源 e_k ($k = 1, 2, \dots, K$) 对备选方案 $x_i \in X$ ($i = 1, 2, \dots, n$) 在评价属性 $u_j \in U$ ($j = 1, 2, \dots, m$) 下的评价 (属性值) 为 a_{ij}^k (这里 $a_{ij}^k = [a_{ij}^{kL}, a_{ij}^{kM}, a_{ij}^{kU}]$). 即每个信源关于方案在评价属性下的评价构成一个模糊决策矩阵 $\mathbf{A}^k = (a_{ij}^k)_{n \times m}$ ($k = 1, 2, \dots, K$).

在进行灰色多属性决策时, 主要面临如何将带有三角模糊数的决策矩阵 $\mathbf{A}^k = (a_{ij}^k)_{n \times m}$ 通过某种方法规范化为 $\mathbf{B}^k = (b_{ij}^k)_{n \times m}$.

定义 4 设 I_h ($h = 1, 2$) 分别表示效益型、成本型的下标集. 规范化后的矩阵记为 $\mathbf{B}^k = (b_{ij}^k)_{n \times m} =$

$([b_{ij}^{kL}, b_{ij}^{kM}, b_{ij}^{kU}])_{n \times m}$. 其中

$$\begin{cases} b_{ij}^{kL} = a_{ij}^{kL} / \sum_{i=1}^n a_{ij}^{kU}, \\ b_{ij}^{kM} = a_{ij}^{kM} / \sum_{i=1}^n a_{ij}^{kM}, \quad h \in I_1; \\ b_{ij}^{kU} = a_{ij}^{kU} / \sum_{i=1}^n a_{ij}^{kL}, \end{cases} \quad (3)$$

$$\begin{cases} b_{ij}^{kL} = \left(\frac{1}{a_{ij}^{kL}}\right) / \sum_{i=1}^n \frac{1}{a_{ij}^{kU}}, \\ b_{ij}^{kM} = \left(\frac{1}{a_{ij}^{kM}}\right) / \sum_{i=1}^n \frac{1}{a_{ij}^{kM}}, \quad h \in I_2. \\ b_{ij}^{kU} = \left(\frac{1}{a_{ij}^{kU}}\right) / \sum_{i=1}^n \frac{1}{a_{ij}^{kL}}, \end{cases} \quad (4)$$

定义 5 设规范化处理后的各方案属性向量为 $b_{ij}^k = [b_{ij}^{kL}, b_{ij}^{kM}, b_{ij}^{kU}]$, 均为 $[0, 1]$ 上的非负区间灰数. 称 $B^{+k} = (b_1^{+k}, b_2^{+k}, \dots, b_n^{+k})$ 为正理想方案, 其中

$$b_j^{+k} = [b_j^{+kL}, b_j^{+kM}, b_j^{+kU}] = \left[\max_{1 \leq i \leq n} b_{ij}^{kL}, \max_{1 \leq i \leq n} b_{ij}^{kM}, \max_{1 \leq i \leq n} b_{ij}^{kU} \right], \quad h \in I_1, \quad (5)$$

或

$$b_j^{+k} = [b_j^{+kL}, b_j^{+kM}, b_j^{+kU}] = \left[\min_{1 \leq i \leq n} b_{ij}^{kL}, \min_{1 \leq i \leq n} b_{ij}^{kM}, \min_{1 \leq i \leq n} b_{ij}^{kU} \right], \quad h \in I_2; \quad (6)$$

称 $B^{-k} = (b_1^{-k}, b_2^{-k}, \dots, b_n^{-k})$ 为负理想方案, 其中

$$b_j^{-k} = [b_j^{-kL}, b_j^{-kM}, b_j^{-kU}] = \left[\min_{1 \leq i \leq n} b_{ij}^{kL}, \min_{1 \leq i \leq n} b_{ij}^{kM}, \min_{1 \leq i \leq n} b_{ij}^{kU} \right], \quad h \in I_1, \quad (7)$$

或

$$b_j^{-k} = [b_j^{-kL}, b_j^{-kM}, b_j^{-kU}] = \left[\max_{1 \leq i \leq n} b_{ij}^{kL}, \max_{1 \leq i \leq n} b_{ij}^{kM}, \max_{1 \leq i \leq n} b_{ij}^{kU} \right], \quad h \in I_2. \quad (8)$$

为评价各备选方案与正理想方案和负理想方案的接近程度, 本文根据定义 3 引入如下两个距离: 备选方案 x_i 到正理想方案 B^{+k} 和到负理想方案 B^{-k} 的欧氏距离 d_{ij}^{+k} 和 d_{ij}^{-k} . 其中

$$d_{ij}^{+k} = d(b_{ij}^k, b_j^{+k}) = \sqrt{\frac{|b_{ij}^{kL} - b_j^{+kL}|^2 + |b_{ij}^{kM} - b_j^{+kM}|^2 + |b_{ij}^{kU} - b_j^{+kU}|^2}{3}}, \quad (9)$$

$$d_{ij}^{-k} = d(b_{ij}^k, b_j^{-k}) = \sqrt{\frac{|b_{ij}^{kL} - b_j^{-kL}|^2 + |b_{ij}^{kM} - b_j^{-kM}|^2 + |b_{ij}^{kU} - b_j^{-kU}|^2}{3}}. \quad (10)$$

定义 6 设规范化处理后的各方案属性向量和正负理想方案的灰色关联系数分别为

$$r_{ij}^{+k} = \frac{\min_i \min_j d_{ij}^{+k} + \rho \max_i \max_j d_{ij}^{+k}}{d_{ij}^{+k} + \rho \max_i \max_j d_{ij}^{+k}}, \quad (11)$$

$$r_{ij}^{-k} = \frac{\min_i \min_j d_{ij}^{-k} + \rho \max_i \max_j d_{ij}^{-k}}{d_{ij}^{-k} + \rho \max_i \max_j d_{ij}^{-k}}, \quad (12)$$

其中 $\rho \in [0, 1]$ 为分辨系数. 在灰色关联分析中, 灰色分辨系数是直接影响灰色关联分析分辨率的一个因子. 文献 [10] 通过论证灰色关联分析中分辨系数对灰色关联系数的影响, 认为当 $\rho = 0.05$ 时, 可以使灰色关联系数的取值区间的长度达到 0.95. 这样既符合统计分析数据领域的 0.95 原则, 又可以提高灰色关联分析分辨率. 因此本文取 $\rho = 0.05$.

根据灰色关联系数的意义, 方案 x_i 的属性值关于正负理想方案的灰色区间关联系数 $\mathbf{R}^{+k} = (r_{ij}^{+k})_{n \times m}$ 和 $\mathbf{R}^{-k} = (r_{ij}^{-k})_{n \times m}$ 综合反映了 $x_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 方案的优劣.

定义 7 设任意两个信源 e_p 和 e_q 对于同一个方案 x_i 关于正理想方案的灰色区间关联系数为 $\mathbf{R}^{+p} = (r_{ij}^{+p})_{n \times m}$ 和 $\mathbf{R}^{+q} = (r_{ij}^{+q})_{n \times m}$, 则它们在相同的主观评价属性 $u_j \in U$ 下评价价值 (属性值) 的正相似度为

$$d(\mathbf{R}^{+p}, \mathbf{R}^{+q}) = \sqrt{\sum_i \sum_j \frac{(r_{ij}^{+p} - r_{ij}^{+q})^2}{mn}}; \quad (13)$$

同理, 两个灰色关联系数 $\mathbf{R}^{-p} = (r_{ij}^{-p})_{n \times m}$ 和 $\mathbf{R}^{-q} = (r_{ij}^{-q})_{n \times m}$ 的负相似度为

$$d(\mathbf{R}^{-p}, \mathbf{R}^{-q}) = \sqrt{\sum_i \sum_j \frac{(r_{ij}^{-p} - r_{ij}^{-q})^2}{mn}}. \quad (14)$$

定义 8 设有专家集 $e_k (k = 1, 2, \dots, K)$, 定义信源 e_k 与其他信源之间关于备选方案到正负理想方案的相对相似度为

$$RS(\mathbf{R}^k) = \frac{\sum_{p=1, p \neq k}^K (d(\mathbf{R}^{+k}, \mathbf{R}^{+p}) + d(\mathbf{R}^{-k}, \mathbf{R}^{-p}))}{2(K-1)},$$

$$k = 1, 2, \dots, K, p = 1, 2, \dots, K. \quad (15)$$

定义 9 设有信源集的主观系数为 $w_i^k (k = 1, 2, \dots, K)$, 其中 $w^k = (w_1^k, w_2^k, \dots, w_i^k, \dots, w_n^k)$, $0 \leq w_i^k \leq 1$, 则方案 x_i 与其他方案之间的综合相似度为

$$AS_i = \sum_k RS(\mathbf{R}^k) w_i^k. \quad (16)$$

定义 10 方案 x_i 与其他方案之间的平均相似度为

$$ES_i = AS_i / \sum_{i=1}^n AS_i. \quad (17)$$

灰色多属性决策方法步骤如下:

1) 对一多属性决策问题, 选择涉及的相关属性, 并对属性进行模糊化处理, 构成决策矩阵 $\mathbf{A}^k =$

$(a_{ij}^k)_{n \times m}$;

2) 利用式 (3) 和 (4) 对决策矩阵进行规范化处理, 得到规范化决策矩阵 $\mathbf{B}^k = (b_{ij}^k)_{n \times m}$;

3) 根据式 (5)~(12) 求出方案 x_i 的属性值关于正负理想方案的灰色区间关联系数矩阵 $\mathbf{R}^{+k} = (r_{ij}^{+k})_{n \times m}$ 和 $\mathbf{R}^{-k} = (r_{ij}^{-k})_{n \times m}$;

4) 根据式 (13) 和 (14) 求出灰色关联系数 $\mathbf{R}^{+k} = (r_{ij}^{+k})_{n \times m}$ 和 $\mathbf{R}^{-k} = (r_{ij}^{-k})_{n \times m}$ 的正负相似度;

5) 根据式 (9)~(12) 求出方案 x_i 与其他方案之间的平均相似度;

6) 根据 ES_i 的大小对目标方案进行排序和择优.

4 计算机仿真分析

例 1 多传感器目标识别是一个多因素的决策问题. 某融合中心拟选择一个最有威胁程度的目标, 共有 3 个潜在的目标 (方案) $x_i (i = 1, 2, 3)$. 可供选择的属性有: 空袭兵器种类 u_1 , 目标速度 u_2 和目标航向角 u_3 , 所有属性均为效益型. 然后由信源 $e_k (k = 1, 2, 3)$ (即信源 e_1 , 信源 e_2 , 信源 e_3 三方) 推荐、评议, 并对各项属性分别打分, 再进行统计处理, 从中确定 3 个候选目标 $x_i (i = 1, 2, 3)$. 由于信源所在领域和经验的不同, 导致对同一目标所给出的指标值 (属性值) 并不完全相同. 经过统计处理后信源 $e_k (k = 1, 2, 3)$ 对每个目标在各指标 (属性) 下的评价价值 (属性值) 均以三角模糊数形式给出, 并假设信源在 3 个主观评价属性上的权重向量分别为 $w^1 = (0.6, 0.2, 0.2)$, $w^2 = (0.1, 0.7, 0.2)$, $w^3 = (0.25, 0.30, 0.45)$ (在以往的研究中仅给出了一个信源的权重向量, 而本文则给出了依赖于评价属性的一组信源的权重向量). 信源对于每个目标在上述 3 个评价属性下所给出的指标值 (属性值) 如表 1~表 3 所示.

表 1 信源 e_1 对候选目标在各项指标下的评价价值

	u_1	u_2	u_3
x_1	[0.9, 0.92, 0.94]	[0.9, 0.9, 0.95]	[0.8, 0.85, 0.85]
x_2	[0.8, 0.87, 1.00]	[0.85, 0.92, 0.93]	[0.8, 0.85, 0.9]
x_3	[0.85, 0.95, 0.95]	[0.8, 0.89, 0.9]	[0.75, 0.8, 0.85]

表 2 信源 e_2 对候选目标在各项指标下的评价价值

	u_1	u_2	u_3
x_1	[0.85, 0.85, 0.85]	[0.8, 0.92, 0.92]	[0.85, 0.89, 0.9]
x_2	[0.7, 0.8, 0.9]	[0.9, 0.92, 0.95]	[0.75, 0.85, 0.9]
x_3	[0.8, 0.86, 0.89]	[0.85, 0.9, 0.9]	[0.8, 0.8, 0.85]

表 3 信源 e_3 对候选目标在各项指标下的评价价值

	u_1	u_2	u_3
x_1	[0.75, 0.85, 0.85]	[0.8, 0.95, 0.95]	[0.8, 0.8, 0.8]
x_2	[0.7, 0.85, 0.95]	[0.85, 0.85, 0.98]	[0.7, 0.8, 0.9]
x_3	[0.8, 0.9, 0.9]	[0.9, 0.9, 0.95]	[0.75, 0.85, 0.85]

用本文的方法对 3 个候选目标进行排序. 具体步骤如下:

1) 根据表 1~表 3 中的数据建立模糊决策矩阵 $A^k (k = 1, 2, 3)$, 即

$$A^1 = \begin{bmatrix} [0.9, 0.92, 0.94] & [0.9, 0.9, 0.95] & [0.8, 0.85, 0.85] \\ [0.8, 0.87, 1.00] & [0.85, 0.92, 0.93] & [0.8, 0.85, 0.9] \\ [0.85, 0.95, 0.95] & [0.8, 0.89, 0.9] & [0.75, 0.8, 0.85] \end{bmatrix},$$

$$A^2 = \begin{bmatrix} [0.85, 0.85, 0.85] & [0.8, 0.92, 0.92] & [0.85, 0.89, 0.9] \\ [0.7, 0.8, 0.9] & [0.9, 0.92, 0.95] & [0.75, 0.85, 0.9] \\ [0.8, 0.86, 0.89] & [0.85, 0.9, 0.9] & [0.8, 0.8, 0.85] \end{bmatrix},$$

$$A^3 = \begin{bmatrix} [0.75, 0.85, 0.85] & [0.8, 0.95, 0.95] & [0.8, 0.8, 0.8] \\ [0.7, 0.85, 0.95] & [0.85, 0.85, 0.98] & [0.7, 0.8, 0.9] \\ [0.8, 0.9, 0.9] & [0.9, 0.9, 0.95] & [0.75, 0.85, 0.85] \end{bmatrix}.$$

2) 各项指标均为效益型指标, 故可由式 (6) 将模糊决策矩阵 $A^k (k = 1, 2, 3)$ 转化为规范化决策矩阵 $R^k (k = 1, 2, 3)$, 即

$$R^1 = \begin{bmatrix} [0.31, 0.34, 0.37] & [0.32, 0.33, 0.37] & [0.31, 0.34, 0.36] \\ [0.28, 0.32, 0.39] & [0.31, 0.34, 0.36] & [0.31, 0.34, 0.38] \\ [0.29, 0.35, 0.37] & [0.29, 0.33, 0.35] & [0.29, 0.32, 0.36] \end{bmatrix},$$

$$R^2 = \begin{bmatrix} [0.32, 0.34, 0.36] & [0.29, 0.34, 0.36] & [0.32, 0.35, 0.38] \\ [0.27, 0.32, 0.38] & [0.32, 0.34, 0.37] & [0.28, 0.33, 0.38] \\ [0.30, 0.34, 0.38] & [0.31, 0.33, 0.35] & [0.30, 0.31, 0.35] \end{bmatrix},$$

$$R^3 = \begin{bmatrix} [0.28, 0.33, 0.38] & [0.28, 0.35, 0.37] & [0.31, 0.33, 0.36] \\ [0.26, 0.33, 0.42] & [0.30, 0.31, 0.38] & [0.27, 0.33, 0.40] \\ [0.30, 0.35, 0.40] & [0.31, 0.33, 0.37] & [0.29, 0.35, 0.38] \end{bmatrix}.$$

3) 根据式 (13) 和 (14) 求出灰色关联系数 $R^{+k} = (r_{ij}^{+k})_{n \times m}$ 和 $R^{-k} = (r_{ij}^{-k})_{n \times m}$ 的正负相似度分别为

$$\begin{aligned} d(R^{+1}, R^{+2}) &= 0.3198, & d(R^{+1}, R^{+3}) &= 0.3072, \\ d(R^{+2}, R^{+3}) &= 0.1210, & d(R^{-1}, R^{-2}) &= 0.6771, \\ d(R^{-1}, R^{-3}) &= 0.7876, & d(R^{-2}, R^{-3}) &= 0.6571. \end{aligned}$$

4) 设决策者给出的模糊属性权重值为 $w^1 = (0.6, 0.2, 0.2)$, $w^2 = (0.1, 0.7, 0.2)$, $w^3 = (0.25, 0.30, 0.45)$, 则根据式 (9)~(12) 求出方案 x_i 与其他方案之间的平均相似度为

$$ES_1 = 0.3312, ES_2 = 0.3873, ES_3 = 0.2816.$$

5) 根据 ES_i 的大小可知, 3 个候选目标的排序为 $x_2 \succ x_1 \succ x_3$.

综上, x_2 为威胁程度最大的目标.

5 结 论

在现实决策问题中, 很多决策结果都难以用精确的数字来表示, 而决策者对方案的评价也仅仅是用优于、劣于或等于来刻画, 有些方案是无法比较的. 本文针对用灰数描述的多属性决策问题, 提出了解决该问题的灰色关联分析法. 其核心是通过建立灰色区间关联系数矩阵, 得到方案 x_i 与其他方案之间的平均相似度, 进而对方案进行排序和择优. 平均相似度同时反映了方案与正、负理想方案之间的位置关系和数据曲线的相似性差异, 物理含义更加明确. 实例分析结果表明了该方法的可行性和有效性. 该方法的提出拓展了灰色关联分析法的理论及应用, 丰富了已有的三角模糊数多属性决策分析的研究成果.

参考文献(References)

- [1] 何友, 王国宏, 关欣. 信息融合理论及应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2010: 411-414.
(He Y, Wang G H, Guan X. Information fusion theory with applications[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2010: 411-414.)
- [2] Kim S H, Ahn B S. Interactive group decision making procedure under incomplete information[J]. European J of Operational Research, 1999, 116(3): 498-507.
- [3] Cheng Ching-Hsue, Lin Yin. Evaluating the best main battle tank using fuzzy decision theory with linguistic criteria evaluation[J]. European J of Operational Research, 2002, 142(1): 174-186.
- [4] 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, 32(4): 656-658.
(Xu Z S, Da Q L. Multi-attribute decision making based on fuzzy linguistic assessments[J]. J of Southeast University, 2002, 32(4): 656-658.)
- [5] 徐泽水. 对方案有偏好的三角模糊数型多属性决策方法研究[J]. 系统工程与电子技术, 2002, 24(8): 9-12.
(Xu Z S. Study on method for triangular fuzzy number-based multi-attribute decision making with preference information on alternatives[J]. Systems Engineering and Electronics, 2002, 24(8): 9-12.)
- [6] 徐泽水. 基于期望值的模糊多属性决策法及其研究[J]. 系统工程理论与实践, 2004, 24(1): 109-113.
(Xu Z S. Method based on expected values for fuzzy multiple attribute decision making problems with preference information on alternatives[J]. Systems Engineering Theory and Practice, 2004, 24(1): 109-113.)

(下转第908页)