

一种基于逼近于理想灰关联投影的多目标决策算法

柯宏发^{1,2}, 陈永光^{1,2}, 夏 斌²

(1. 国防科技大学电子科学与工程学院, 湖南长沙 410073; 2. 六三三八零部队, 河南洛阳 471003)

摘要: 分析了多目标决策问题; 综合灰色系统理论、TOPSIS 和矢量投影方法, 提出了一种新的基于逼近于理想灰关联投影的多目标决策算法, 介绍了该方法的基本原理和一些基本概念, 建立了综合决策方案与正、负理想方案之间接近程度的决策模型, 总结了用该方法进行决策分析的一般步骤; 提出了一种基于方案区分度的决策灵敏度分析方法. 实际算例验证了提出的多目标决策模型和决策灵敏度分析方法的可行性和有效性, 该方法为多目标决策提供了一种新思路, 决策灵敏度高, 能为方案的决策提供更为可靠的科学依据.

关键词: 多目标决策; 理想解; 灰关联投影; 算法; 灵敏度分析

中图分类号: O223, E911 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2007) 09-1757-05

An Algorithm of Multiple Criteria Decision Making Based on Similarity to Ideal Grey Relational Projection

KE Hong fa^{1,2}, CHEN Yong guang^{1,2}, XIA Bin²

(1. College of Electronic Science and Engineering, National University of Defense Technology, Changsha, Hunan 410073, China; 2. Unit 63880, Luoyang, Henan 471003, China)

Abstract: We have investigated the problems about multiple criteria decision making. Using the grey system theory, technique for order preference by similarity to ideal solution, and the vector projection synthetically, a new algorithm of multiple criteria decision making based on similarity to ideal grey relational projection was put forward. The principle of the algorithm and some basic concepts were introduced. The decision making model in which the adjacency degree both between the plan and the positive ideal plan and between the plan and the negative ideal plan is taken into account synchronously was set up. And the general steps of decision making using the algorithm were summarized. Then the method for decision making sensitivity analysis which bases on the distinguishing degree of the plans was presented. At last, the feasibility and effectiveness of the proposed decision making algorithm and the sensitivity analysis method were proved by an example. The algorithm which has the high sensitivity level offers a new thought way and more reliable basis for multiple criteria decision making.

Key words: multiple criteria decision making; ideal solution; grey relational projection; algorithm; sensitivity analysis

1 引言

多目标决策, 也叫多标准评估或多属性决策, 就是在不同的标准下从众多方案中选择一个方案. 多目标决策技术已成功应用于经济管理、工程技术和军事等很多领域. 有关多目标决策的理论与方法, 目前已经取得了许多的研究成果^[1-5,7-10], 归纳起来常用的多目标决策方法有五种^[4]: 简单的加权分析法、层次的加权分析法、TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)、ELECTRE 和模糊理论与灰色系统方法, 有关多目标决策方法的研究还有待于进一步的探索.

工程技术和军事系统等领域中的多目标决策问题, 既有已被了解的白色信息, 又有尚未被发现的黑色信息, 而更多的是一般定性了解的灰色信息, 决策方案中各指标之间并不相互独立, 它们之间存在着不明确的灰

色关系. 本文综合灰色系统理论^[6]、TOPSIS^[5]和矢量投影方法^[10], 提出了一种新的逼近于理想灰关联投影的多目标决策算法和基于方案区分度的决策灵敏度分析方法, 成功地应用于经济效益的综合评价, 取得了比较满意的决策结果.

2 逼近于理想灰关联投影算法原理

2.1 多目标决策问题描述

多目标决策问题就是决策者面对多个可供选择方案, 利用两个或两个以上的标准对方案进行评价, 从而决定方案的优先次序并从中选择满意方案. 综合多目标决策过程, 其决策模型^[1,2]包含以下要素: 待决策评估的候选方案集合 $A = (\text{方案 } 1, \text{方案 } 2, \dots, \text{方案 } m) = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$; 每个候选方案的评估指标集合 $V = \{V_1, V_2, \dots, V_n\}$, 其中有 p 个定性指标和 q 个定量指

标, $p + q = n$; 各个候选方案的各个指标值域集 $Y = \{y_{ij} | (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m)\}$; 各个指标的权重集 $W = \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n\}$, 以反映决策者的偏好程度. 矩阵 $Y = \{y_{ij} | (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m)\}$ 称为原始决策矩阵, 它提供了决策所需的基本信息.

2.2 定性信息的白化

对于多目标决策问题, 部分决策指标值在很多情况下不能定量给出具体的数值, 一般是用“高、中、低”、“优秀、优良、中等、...”等定性信息或灰色数值区间信息来描述, 首先通过白化权函数来对这些灰色信息进行量化估计.

定义1 设有 n 个定性等级灰量 $x(1), x(2), \dots, x(n)$ 对应于“优秀、良好、中等、...”等 n 个类似的定性信息, 并设 f 为映射, $f: x(k) \rightarrow \mu_k$, 有

$$\begin{cases} f[x(k)] = k/n = \mu_k \\ f[x(n)] = 1 \end{cases} \quad (1)$$

则称 $f[x(n)]$ 为定性灰量的线性白化权函数.

定义2 设有区间灰量 $x \in [a, b]$, 并设 f 为映射, 有

$$f: x \rightarrow a + (b - a) \cdot \alpha \quad (2)$$

式中 $0 \leq \alpha \leq 1$ 称为决策权重系数, 可以根据决策者的偏好而确定. 则称 $f(x)$ 为区间 $[a, b]$ 中灰量 x 的线性白化权函数.

取 $\alpha = 0.5$ 时有白化算式

$$f(x) = 0.5 \cdot (a + b) \quad (3)$$

对原始决策矩阵中定性指标进行量化后, 设方案 A_i 中决策指标 V_j 的白化特征值为 x_{ij} , 则得到方案的决策矩阵为

$$X = (x_{ij})_{m \times n} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (4)$$

2.3 正、负理想决策矩阵的构造

所谓的正理想决策方案和负理想决策方案都是假定的最好方案和最坏方案, 正理想决策方案就是所有待决策方案中各个指标值能达到的最好值, 负理想决策方案就是所有待决策方案中各个指标值能达到的最坏值. 在多目标决策过程中, 其决策指标通常可以分为“效益型”指标、“成本型”指标和“适中型”指标.

定义3 设正理想决策方案 A_0 的指标为 $(x_{0j} | j = 1, 2, \dots, n)$, 并满足:

当 V_j 为效益型指标时有

$$x_{0j} = x_j^+ = \max\{x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj}\};$$

当 V_j 为成本型指标时有

$$x_{0j} = x_j^- = \min\{x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj}\};$$

当 V_j 为适中型指标时有 $x_{0j} = x_j^+ = x_j^-$, 其中 x_j^+ 是指标 V_j 的适中属性值. 则称矩阵 $X^+ = (x_{ij}^+)_{(m+1) \times n} (i = 0, 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n)$ 为方案集 A 对指标集 V 的正理想原始决策矩阵.

定义4 设负理想决策方案 A_0 的指标为 $(x_{0j} | j = 1, 2, \dots, n)$, 并满足:

当 V_j 为效益型指标时有

$$x_{0j} = x_j^- = \min\{x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj}\};$$

当 V_j 为成本型指标时有 $x_{0j} = x_j^+ = \max\{x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj}\};$

当 V_j 为适中型指标时有 $x_{0j} = x_j^- = \max\{|x_{1j} - x_j^+|, |x_{2j} - x_j^+|, \dots, |x_{mj} - x_j^+|\}$, 其中 x_j^+ 是指标 V_j 的适中属性值. 则称矩阵 $X^- = (x_{ij}^-)_{(m+1) \times n} (i = 0, 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n)$ 为方案集 A 对指标集 V 的负理想原始决策矩阵.

为了消除量纲和量纲单位不同所带来的不可公度性, 决策之前需要对决策指标进行无量纲化处理.

定义5 对于正理想原始决策矩阵中效益型指标和负理想原始决策矩阵成本型指标样本数列 $X_j = \{x_{ij} | i = 1, 2, \dots, m\}$, 设 f 为映射, 有

$$f: x_{ij} \rightarrow x_{ij}/x_{1j} \quad (5)$$

则称 f 为该类型数列的初值化处理函数.

定义6 对于正理想原始决策矩阵中成本型指标和负理想原始决策矩阵效益型指标样本数列 $X_j = \{x_{ij} | i = 1, 2, \dots, m\}$, 设 f 为映射, 有

$$f: x_{ij} \rightarrow x_{1j}/x_{ij} \quad (6)$$

则称 f 为该类型数列的初值化处理函数.

定义7 对于适中型指标样本数列 $X_j = \{x_{ij} | i = 1, 2, \dots, m\}$, x_j^+ 是指标的适中属性值, 设 f 为映射, 有

$$f: x_{ij} \rightarrow \min(x_{ij}, x_j^+) / \max(x_{ij}, x_j^+) \quad (7)$$

则称 f 为该类型数列的初值化处理函数.

定义8 正理想原始决策矩阵 X^+ 和负理想原始决策矩阵 X^- 经过初值化处理后得到的矩阵称为正理想决策矩阵 Y^+ 和负理想决策矩阵 Y^- .

2.4 正、负理想(加权)灰色关联决策矩阵

定义9^[6] 假设数据列 x_0 为参考数据列, x_1, x_2, \dots, x_m 为比较数据列, 则由算式

$$\gamma_k(x_i, x_0) = \frac{\Delta_{\min} + \xi \cdot \Delta_{\max}}{\Delta_{0k}(k) + \xi \cdot \Delta_{\max}} \quad (8)$$

所计算的 $\gamma_k(x_i, x_0)$ 定义为数据列 x_0 和 x_i 在 k 点的灰关联系数. 式中 ξ 称为分辨系数, 通常取 $\xi = 0.5$; $\Delta_{\min} = \min_j \min_k |x_0(k) - x_i(k)|$ 和 $\Delta_{\max} = \max_j \max_k |x_0(k) - x_i(k)|$.

定义10 对正理想决策矩阵 Y^+ 和负理想决策矩阵 Y^- 的所有行向量分别相对于正、负理想决策方案指标数据列通过式(8)求取灰关联系数, 求得的 $(m+1) \cdot n$

个灰关联系数组成的矩阵分别称为正理想灰关联决策矩阵 G^+ 和负理想灰关联决策矩阵 G^- . 矩阵 G^+ 和 G^- 满足,

$$G^+ = \begin{bmatrix} g_{01}^+ & g_{02}^+ & \dots & g_{0n}^+ \\ g_{11}^+ & g_{12}^+ & \dots & g_{1n}^+ \\ g_{21}^+ & g_{22}^+ & \dots & g_{2n}^+ \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ g_{m1}^+ & g_{m2}^+ & \dots & g_{mn}^+ \end{bmatrix}, G^- = \begin{bmatrix} g_{01}^- & g_{02}^- & \dots & g_{0n}^- \\ g_{11}^- & g_{12}^- & \dots & g_{1n}^- \\ g_{21}^- & g_{22}^- & \dots & g_{2n}^- \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ g_{m1}^- & g_{m2}^- & \dots & g_{mn}^- \end{bmatrix} \quad (9)$$

式中 $g_{01}^+ = g_{02}^+ = \dots = g_{0n}^+ = g_{01}^- = g_{02}^- = \dots = g_{0n}^- = 1$.

在实际的决策活动中, 常用权系数表示指标之间的相对重要性程度, 权系数通常使用层次分析法来确定.

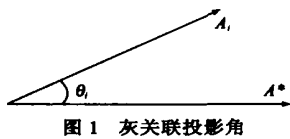
定义 11 正理想灰关联决策矩阵 G^+ 和负理想灰关联决策矩阵 G^- 在权向量 W 的作用下构造得到的矩阵称为正理想加权灰关联决策矩阵 W^+ 和负理想加权灰关联决策矩阵 W^- . 矩阵 W^+ 和 W^- 满足

$$W^+ = \begin{bmatrix} \omega_1 & \omega_2 & \dots & \omega_n \\ \omega_1 g_{11}^+ & \omega_2 g_{12}^+ & \dots & \omega_n g_{1n}^+ \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \omega_1 g_{m1}^+ & \omega_2 g_{m2}^+ & \dots & \omega_n g_{mn}^+ \end{bmatrix} \quad (10)$$

$$W^- = \begin{bmatrix} \omega_1 & \omega_2 & \dots & \omega_n \\ \omega_1 g_{11}^- & \omega_2 g_{12}^- & \dots & \omega_n g_{1n}^- \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \omega_1 g_{m1}^- & \omega_2 g_{m2}^- & \dots & \omega_n g_{mn}^- \end{bmatrix}$$

2.5 灰关联投影原理^[8,9]

定义 12 将每一个决策方案看成是一个行向量(矢量), 则称每个决策方案 A_i 与理想方案 A^* 之间的夹角 θ_i 为灰关联投影角, 如图 1 所示.



则每个方案 A_i 与理想方案 A^* 之间夹角的余弦值为

$$\gamma_i = \cos \theta_i = \frac{A_i A^*}{\|A_i\| \cdot \|A^*\|} = \frac{\sum_{j=1}^n \omega_j \cdot g_{ij}^+ \cdot \omega_j}{\sqrt{\sum_{j=1}^n (\omega_j \cdot g_{ij}^+)^2} \cdot \sqrt{\sum_{j=1}^n (\omega_j)^2}} \quad (11)$$

式中 $i = 1, 2, \dots, m, 0 < \gamma_i \leq 1$. 很显然, 灰关联投影角 θ_i 越小, 其余弦值 γ_i 越大, 表示决策方案 A_i 越接近于理想方案 A^* .

定义 13 称决策方案 A_i 的模数为 d_i ,

$$d_i = \sqrt{\sum_{j=1}^n (\omega_j \cdot g_{ij}^+)^2} \quad (12)$$

将模数的大小和投影角余弦值结合起来, 统一考虑各决策方案与理想方案之间的接近程度.

定义 14 称决策方案 A_i 在理想方案 A^* 上的投影值为灰关联投影值 D_i ,

$$D_i = d_i \cdot \gamma_i = \sqrt{\sum_{j=1}^n (\omega_j \cdot g_{ij}^+)^2} \cdot \frac{\sum_{j=1}^n \omega_j \cdot g_{ij}^+ \cdot \omega_j}{\sqrt{\sum_{j=1}^n (\omega_j \cdot g_{ij}^+)^2} \cdot \sqrt{\sum_{j=1}^n (\omega_j)^2}} = \sum_{j=1}^n g_{ij}^+ \cdot \left((\omega_j)^2 \right) \sqrt{\sum_{j=1}^n (\omega_j)^2} \quad (13)$$

定义 15 记 $W = \{\bar{\omega}_1, \bar{\omega}_2, \dots, \bar{\omega}_n\}$ 为一组新的指标权向量, 其中 $\bar{\omega}_j$ 满足

$$\bar{\omega}_j = (\omega_j)^2 \sqrt{\sum_{j=1}^n (\omega_j)^2} \quad (14)$$

则称 W 为灰关联投影权值向量.

根据式(13)和(14)得到

$$D_i^{+(-)} = \sum_{j=1}^n g_{ij}^{+(-)} \cdot \bar{\omega}_j, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (15)$$

根据上述步骤, 就可以得到各决策方案 A_j 对于正理想方案的灰关联投影值 D_i^+ 和对于负理想方案的灰关联投影值 D_i^- . D_i^+ 越大, 表示决策方案 A_i 与正理想方案越接近; D_i^- 越大, 表示决策方案 A_i 与负理想方案越接近. 很显然, 对于决策方案 A_i 来说, D_i^+ 越大越好, 而 D_i^- 越小越好.

2.6 灰关联投影系数

由上述原理分析可以看出, 在对决策方案 A_i 进行

排序时, 我们希望得到的最佳方案最靠近正理想方案, 同时又最远离负理想方案. 但在实际的决策活动中, 往往会出现如图 2 所示的情况, 图 2 描述了具有两个目标的决策问题⁽⁵⁾, A^+

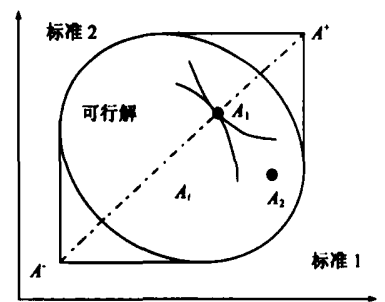


图 2 正理想方案和负理想方案

和 A^- 分别表示正、负理想方案, 图中 A_1 距离理想方案 A^+ 最近, 但并非距离负理想方案 A^- 最远, 图中 A_2 更远离负理想方案.

定义灰关联投影系数 E_i 综合衡量方案 A_i 靠近正理想方案和远离负理想方案的程度, 方案 A_i 以灰关联投影系数 E_i 趋近于正理想方案, 则同时以灰关联投影系数 $1 - E_i$ 趋近于负理想方案.

定理 1 对于决策方案 A_i , 假设其对正、负理想方案的灰关联投影值为 D_i^+ 和 D_i^- , 则其灰关联投影系数 E_i 为

$$E_i = \frac{D_i^{+2}}{D_i^{+2} + D_i^{-2}} \quad (16)$$

证明 以灰关联投影系数对决策方案 A_i 进行评价时, 方案 A_i 以 $E_i \cdot D_i^+$ 的灰关联投影值逼近其正理想方案的灰关联投影值 D_i^+ , 以 $(1 - E_i) \cdot D_i^-$ 的灰关联投影值逼近其负理想方案的灰关联投影值 D_i^- . 根据最小平方和准则, 建立下列目标函数:

$$\min\{F(E_i)\} = [E_i \cdot D_i^+ - D_i^+]^2 + [(1 - E_i) \cdot D_i^- - D_i^-]^2 \quad (17)$$

由 $\partial F(E_i) / \partial E_i = 0$ 就可以推得

$$E_i = \frac{D_i^{+2}}{D_i^{+2} + D_i^{-2}}, \text{ 其中 } 0 < E_i < 1$$

按照灰关联投影系数 E_i 的值从大到小进行排序, 就代表了待决策方案的优劣次序关系, E_i 值最大对应的待决策方案最好.

3 逼近于理想灰关联投影的多目标决策步骤

综上所述, 逼近于理想的灰关联投影多目标决策步骤可以归纳和概括为:

步骤 1 根据已知的方案集 A 和指标集 V , 构造原始决策矩阵 Y ; 对定性指标进行量化, 构造方案的决策矩阵.

步骤 2 分别构造正理想原始决策矩阵 X^+ 和负理想原始决策矩阵 X^- .

步骤 3 对正、负理想原始决策矩阵 X^+ 和 X^- 进行初值化处理, 分别得到正、负理想决策矩阵 Y^+ 和 Y^- .

步骤 4 分别计算方案的指标数据列对正、负理想决策方案数据列的灰关联系数, 从而构造正、负理想灰关联决策矩阵 G^+ 和 G^- .

步骤 5 利用层次分析法和式(14)计算灰关联投影权值向量 $W = \{\bar{w}_1, \bar{w}_2, \dots, \bar{w}_n\}$.

步骤 6 计算各决策方案 A_i 对于正、负理想方案的灰关联投影值 D_i^+ 和 D_i^- .

步骤 7 计算各决策方案 A_i 的灰关联投影系数 E_i .

步骤 8 按照灰关联投影系数 E_i 的值从大到小进行排序, 对每个决策方案做出全面客观的评价.

4 应用实例及灵敏度分析

4.1 应用实例

以文献[8]中三个地理位置的优选数据为例. 三个位置

的评价指标值如表 1 所示, 其中指标 3、指标 5 和指标 8 属于效益型指标, 其余 6 个指标均属于成本型指标

表 1 三个位置的评价指标值

	指标 1	指标 2	指标 3	指标 4	指标 5	指标 6	指标 7	指标 8	指标 9
位置 I	1236	432	427.3	12.2	352	21.0	6.75	0.352	3.879
位置 II	1244	405	287.3	7.7	200	21.6	5.25	0.34	4.6898
位置 III	1132	482	337.0	6.6	388	20.7	6.75	0.412	3.697

(1) 根据表 2 的数据和指标的性质, 得到正理想原始决策矩阵 X^+ 和负理想原始决策矩阵 X^- 为

$$X^+ = \begin{bmatrix} 1132 & 405 & 427.3 & 6.6 & 388 & 20.7 & 5.25 & 0.412 & 3.697 \\ 1236 & 432 & 427.3 & 12.2 & 352 & 21.0 & 6.75 & 0.352 & 3.879 \\ 1244 & 405 & 287.3 & 7.7 & 200 & 21.6 & 5.25 & 0.34 & 4.6898 \end{bmatrix}$$

$$X^- = \begin{bmatrix} 1132 & 482 & 337.0 & 6.6 & 388 & 20.7 & 6.75 & 0.412 & 3.697 \\ 1244 & 482 & 287.3 & 12.2 & 200 & 21.6 & 6.75 & 0.34 & 4.6898 \\ 1236 & 432 & 427.3 & 12.2 & 352 & 21.0 & 6.75 & 0.352 & 3.879 \\ 1244 & 405 & 287.3 & 7.7 & 200 & 21.6 & 5.25 & 0.34 & 4.6898 \\ 1132 & 482 & 337.0 & 6.6 & 388 & 20.7 & 6.75 & 0.412 & 3.697 \end{bmatrix}$$

(2) 对 X^+ 和 X^- 进行初值化处理, 分别得到正理想决策矩阵 Y^+ 和负理想决策矩阵 Y^- ;

(3) 计算得到正理想灰关联决策矩阵 G^+ 和负理想灰关联决策矩阵 G^- ;

(4) 取文献中[8]中权重向量 $W = \{0.150, 0.150, 0.043, 0.202, 0.050, 0.077, 0.097, 0.202, 0.029\}$, 从而得到灰关联投影权值向量 $W = \{0.059, 0.059, 0.005, 0.106, 0.007, 0.016, 0.025, 0.106, 0.002\}$.

(5) 计算得到 $D_i^+ = \{0.2321, 0.2732, 0.3463\}$ 和 $D_i^- = \{0.3419, 0.2843, 0.2440\}$.

(6) 根据定理 1 计算得到各决策方案的灰关联投影系数 $E_i = \{0.3155, 0.4801, 0.6682\}$.

(7) 根据灰关联投影系数 E_i 的值对各决策方案进行排序, 可以得到三个位置的次序由高到低依次为: 位置 III、位置 II、位置 I.

决策结果与文献[8]的评价结果一致, 可见本文的决策模型和算法是可行的.

4.2 灵敏度分析

因为评价指标之间没有统一的量纲和相互之间的矛盾性, 多目标决策问题一般并不存在所谓的“最优解”, 只能求出决策者对于所有目标值都认为满意的满意解. 决策者通过各种决策模型和算法对所有决策方案进行评价和判断, 从中找出满意方案, 这就要求决策模型和算法具有足够的灵敏度, 以便于对决策方案进行区分和排序.

定义 16 最终用来对各决策方案进行评价和排序的指标称为决策系数.

定义 17(方案区分度) 假设某决策模型和算法以决策系数 α 对决策方案进行评价, 方案 A_i 的决策系数为 α_i , 方案 A_j 的决策系数为 α_j , 并有 $\alpha_i > \alpha_j$, 这时称该决

策模型和算法对于方案 A_i 和方案 A_j 的方案区分度为

$$Q_{ij} = \frac{\alpha_i - \alpha_j}{\alpha_i} \times 100\% \quad (18)$$

很显然,方案区分度 Q_{ij} 越大,决策模型和算法对于方案 A_i 和方案 A_j 的决策效果越好。

表 2 算法的方案区分度比较

区分度	位置 II 与 I	位置 III 与 II	位置 III 与 I
本文算法	34.28%	28.15%	52.78%
文献[8]算法	15.11%	21.1%	32.97%

本文算法和文献[8]算法对于各决策方案之间的方案区分度如表 2 所示,可见本文算法的灵敏度明显高得多,得到了更为可靠的决策结果。其根本原因是本文算法没有单独地以决策方案与正理想方案的接近程度作为评价决策方案的依据,而是综合了决策方案与正、负理想方案之间的相互关系,从而避免了单方向的偏差,能全面而准确地反映出各决策方案之间的差异,使决策结果更加真实可信。

5 结束语

在经济管理、军事等领域中,多目标决策由于信息的不完全以及指标之间关系的不确定性,在本质上往往是一个灰色多目标决策问题。本文综合灰色系统理论、TOPSIS 和矢量投影方法,提出了一种新的逼近于理想灰关联投影的多目标决策模型;另外提出了一种基于方案区分度的决策灵敏度分析方法。实际算例表明,本文提出的多目标决策模型为多目标决策提供了一种新的思路,能成功地应用于经济效益的综合评价,决策灵敏度高,能为方案的决策提供更为可靠的科学依据,具有一定的推广和实用价值。

参考文献:

- [1] K J Radford, K W Hipel, Liping Fang. Resolution of complex decision making situations[A]. Humans, Information and Technology, Proceedings of the 1994 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, San Antonio, Texas [C]. USA: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1994.
- [2] K W Hipel, K J Radford, Liping Fang. Multiple participant multiple criteria decision making[J]. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, July/August 1993, 23(4): 1184-1189.
- [3] Qu Changwen, He You. A method of threat assessment using multiple attribute decision making[A]. 2002 6th International Conference on Signal Processing Proceedings [C]. Beijing: Posts & Telecom Press, 26-30 Aug. 2002.
- [4] J Y Wong, Y F Juang, C B Chen, et al. A comparative study of multiple attribute decision making method[J]. The Journal of Grey System, 2003(4): 307-316.

- [5] 杨剑波. 多目标决策方法与应用[M]. 长沙: 湖南出版社, 1996.
Yang Jianbo. Multiple Criteria Decision Making Methods and Applications[M]. Changsha: Hunan Publishing House, 1996. (in Chinese)
- [6] 邓聚龙. 灰色系统基本方法[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2005.
Deng Julong. The Primary Methods of Grey System Theory [M], Wuhan: Huazhong University of Science and Technology Press, 2005. (in Chinese)
- [7] 柯宏发, 陈永光, 刘波. 电子装备试验方案的灰色优选模型及算法[J]. 电子学报, 2005, 33(6): 995-998.
Ke Hongfa, Chen Yongguang, Liu Bo. Grey model and algorithm for the selection of electronic equipment test project[J]. Acta Electronica Sinica, 2005, 33(6): 995-998. (in Chinese)
- [8] 门宝辉, 赵燮京, 梁川. 多目标决策灰色关联投影法在水利工程开发中的应用[J]. 武汉大学学报(工学版), 2003, 36(4): 36-39.
Men Baohui, Zhao Xiejing, Liang Chuan. Application of multi-criteria decision grey relation projection method to hydro engineering development plan decision making [J]. Engineering Journal of Wuhan University, Aug. 2003, 36(4): 36-39. (in Chinese)
- [9] 王应明. 多指标决策与评价的新方法—投影法[J]. 系统工程与电子技术, 1999, 21(3): 1-4.
Wang Yingming. A new method for multiindices decision and evaluation a projection method [J]. Systems Engineering and Electronics, 1999, 21(3): 1-4.

作者简介:



柯宏发 男, 1969 年 3 月出生于江苏泰兴, 博士研究生, 高级工程师。1998 年 3 月毕业于国防科技大学机械制造专业, 获工学硕士学位。发表学术论文近 40 篇, 其中 10 余篇被 EI, SA/INSPEC 等检索收录。获部委级科技进步二等奖 1 项、三等奖 3 项。研究方向为电子战系统试验理论与技术。E-mail: kehongfa2004@163.com



陈永光 男, 1962 年 2 月出生于安徽合肥, 总工程师、研究员、博士生导师。1995 年 11 月毕业于国防科技大学通信与电子系统专业, 获工学博士学位。1997 年 11 月从该校计算机科学与技术博士后科研流动站期满出站。2000 年 8 月至 2002 年 2 月在美国作高级访问学者兼客座研究科学家。出版专(译)著三部, 发表学术论文逾百篇, 其中 40 多篇次被 SCI, EI, ISIP, SA 和 IAA 收录。获全军军事科学优秀成果一等奖 1 项, 部委级科技进步一等奖 1 项、二等奖 3 项、三等奖 2 项。研究方向为电子战系统试验理论与技术。