

文章编号: 1001-0920(2007) 11-1259-05

权数非独裁性条件下基于竞争视野优化的多属性决策方法

易平涛, 郭亚军

(东北大学 工商管理学院, 沈阳 110004)

摘 要: 在“权数非独裁性条件”和“竞争视野优化准则”假设的基础上, 提出一种体现“自主决策”的多属性决策方法. 该方法将各评价对象平等地视为具有自主性的“智能体”, 并具有“突出自身优势、弱化对手优势”的一致目标. 据此, 构建反映评价对象各自利益的竞争模型, 通过对多个竞争视野下的评价信息进行再集结, 得到评价对象集的一个公平的排序. 最后, 应用算例验证了所提出方法的有效性.

关键词: 权数非独裁性条件; 竞争视野优化; 自主式决策; 多属性决策

中图分类号: C934

文献标识码: A

Multi-attribute decision-making method based on competitive view optimization under condition of weights nondictatorship

YI Ping-tao, GUO Ya-jun

(School of Business Administration, Northeastern University, Shenyang 110004, China. Correspondent: YI Ping-tao, E-mail: yipingtao@163.com)

Abstract: Based on weights nondictatorship and competitive view optimization principle, a multi-attribute decision-making method indicating self-determination is proposed. Every evaluation object is taken as an intelligent agent with self-determination fairly. The method has the consistent goal of focusing on self-advantage and weakening rival's. A competition model indicating respective benefit of evaluation objects is set up. Then, by reaggregating the information of multiple competitive views, a fair order of evaluation objects is obtained. Finally, a numerical example shows the effectiveness of the proposed method.

Key words: Weights nondictatorship condition; Competitive view optimization; Self-determination decision-making; Multi-attribute decision-making

1 引言

有限方案的多属性决策(或多指标综合评价)问题一直是决策分析领域的一个重要分支,迄今为止已取得了大量的研究成果^[1-6]. 但几乎所有方法都将评价对象(或方案)视为被动的“评价客体”,在自上而下的决策过程中评价对象是没有“发言权的”. 本文将具有该特点的决策方法归结为“他主式”决策方法. 从评价对象的角度考察自身与竞争对手状况的方式势必会与“他主式决策方式”有很大的不同:一方面可改变决策中过分依赖专家的情形;另一方面可突出决策的“民主性”特点,更加充分地利用评价对象本身的信息. 因而,本文将评价对象全面参与决策过程的决策方式定义为“自主式决策”. 该方法可

按所针对的评价对象的不同划分为两大类:一是评价对象是有分析能力的个体,能在决策过程中提供除自身客观信息之外的许多主观信息,称之为主观自主式决策方法;二是评价对象是不具有分析能力的客观事物,仅能被当作有思考能力的个体来模拟某类主体的行为,称之为客观自主式决策方法. 本文仅研究后者,并提出一种多属性决策方法.

文献[7]可看成是对客观自主式决策方法的一项类似的研究. 文中考虑了评价对象自身的优势,将评价对象作为主体来参与竞争,提出了一种基于 Nash 均衡约束的竞争性评估方法. 但文献[7]中构建的模型在应用时求解较为复杂,从而增加了决策的难度. 本文从另一个角度给出一种应用更为简便

收稿日期: 2006-10-16; 修回日期: 2007-03-09.

基金项目: 国家自然科学基金项目(70472032).

作者简介: 易平涛(1981—),男,湖南永州人,讲师,博士,从事决策分析、系统评价等研究; 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、企业资源配置与优化等研究.

的自主式决策方法.

2 客观自主式决策方法原理

设由 n 个评价对象(或方案) $o_1, o_2, \dots, o_n$ 和 m 个指标(或属性) $x_1, x_2, \dots, x_m$ 组成多指标评价系统. $x_{ij} = x_j(o_i)$ ($i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, m$) 为评价对象 o_i 在指标 x_j 下的取值. 评价数据矩阵(决策矩阵)可表示为

$$A = [x_{ij}]_{n \times m} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2m} \\ \dots & \dots & \ddots & \dots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nm} \end{bmatrix}.$$

记 $M = \{1, 2, \dots, m\}, N = \{1, 2, \dots, n\}$ (不失一般性,不妨设 $m, n \geq 3$). 设 m 个指标均为极大(效益型)指标, A 中数据为规范化后的数据.

方法构建的基本思路是:建立基于指标权数取值约束的“权数非独裁性条件”及模拟经济人“自利”行为特点的“竞争视野优化准则”,依据这2条假设构建决策模型,并对得到的信息进行集结,最后获取体现“评价对象自主决策”思想的结论.

2.1 权数非独裁性条件及推导

“权数非独裁性条件”用于确定指标权重的取值范围,其规范表述如下:

假设1(权数非独裁性条件) 任一指标对于其余重要性较低的指标全体而言是非主导性的.

不妨设 m 个指标具有优先序, $x_1 > x_2 > \dots > x_m$, 记 x_j ($j \in M$) 的权重为 w_j , 即有 $w_1 \geq w_2 \geq \dots \geq w_m$ 成立. 按照假设1, 会有如下不等式:

$$\begin{cases} w_1 \leq w_2 + w_3 + \dots + w_m, \\ w_2 \leq w_3 + \dots + w_m, \\ \dots \\ w_{m-2} \leq w_{m-1} + w_m, \\ w_{m-1} \leq w_m. \end{cases} \quad (1)$$

定理1 设指标集 $\{x_j | j \in M\}$ 的优先序为 $x_1 > x_2 > \dots > x_m$, x_j 的权重为 w_j , 权重满足归一化条件 $\sum_{j=1}^m w_j = 1$, 若 $\{x_j\}$ 满足假设1条件, 则必有 $w_j \in [0.5^{m-1}, 0.5]$ 及 $w_{m-1} = w_m$ 成立.

证明 由式(1)中的约束条件

$$\begin{aligned} w_1 &\leq w_2 + w_3 + \dots + w_m \Rightarrow \\ 2w_1 &\leq w_1 + w_2 + \dots + w_m = 1 \Rightarrow \\ w_1 &\leq 0.5. \end{aligned}$$

又

$$\begin{aligned} w_1 &\leq w_2 + w_3 + \dots + w_m \Rightarrow \\ w_1 + w_2 + \dots + w_m &\leq \\ 2(w_2 + w_3 + \dots + w_m) &\Rightarrow \\ 0.5 &\leq w_2 + w_3 + \dots + w_m \leq \end{aligned}$$

$$2(w_3 + \dots + w_m) \leq \dots \leq$$

$$2^{m-3}(w_{m-1} + w_m) \leq$$

$$2^{m-2}w_m \Rightarrow 0.5^{m-1} \leq w_m.$$

综上, 由 $w_1 \geq w_2 \geq \dots \geq w_m$ 可知, $w_j \in [0.5^{m-1}, 0.5], j \in M$.

又因 $w_{m-1} \leq w_m$ 及 $w_{m-1} \geq w_m$ 同时成立, 故 $w_{m-1} = w_m, j \in M$. $\square$

定义1 设指标 x_j ($j \in M$) 的权重为 w_j , 且满足 $w_1 \geq w_2 \geq \dots \geq w_m$, 则称 $w_j \in [0.5^{m-1}, 0.5]$ 为弱权数非独裁性条件; 称

$$\begin{cases} w_1 \leq w_2 + w_3 + \dots + w_m, \\ w_2 \leq w_3 + \dots + w_m, \\ \dots \\ w_{m-2} \leq w_{m-1} + w_m, \\ w_1 + w_2 + \dots + w_m = 1, \\ w_{m-1} = w_m, \\ 0.5^{m-1} \leq w_j \leq 0.5, j \in M \end{cases} \quad (2)$$

为强权数非独裁性条件.

显然, 强权数非独裁性条件是假设1的等价条件, 而弱权数非独裁性条件则是假设1的必要条件.

现考虑在“权数非独裁性条件”下评价对象 o_i ($i \in N$) 的综合评价价值 y_i 的取值范围. 选用加性模型^[2] 对多指标信息进行集结, 即有

$$y_i = \sum_{j=1}^m x_{ij} w_j. \quad (3)$$

定义2 评价对象 o_i ($i \in N$) 的指标值为 $x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im}$, 对应的权重向量为 $\underline{w}_i = (w_{i1}, w_{i2}, \dots, w_{im})$. 若按数值从大到小(降序)排列后的指标值为 $\underline{x}_{i1}, \underline{x}_{i2}, \dots, \underline{x}_{im}$, 相应的重排分量后的权重向量为 $\underline{\underline{w}}_i = (\underline{w}_{i1}, \underline{w}_{i2}, \dots, \underline{w}_{im})$, 则称 $\underline{\underline{w}}_i$ 为关于 $x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im}$ 的降序权向量.

由定义2, 式(3)可写成

$$y_k^{(i)} = \sum_{j=1}^m x_{kj} w_{ij} = \sum_{j=1}^m \underline{x}_{kj} \underline{\underline{w}}_{ij}. \quad (4)$$

其中: $\underline{w}_i$ (或 $\underline{\underline{w}}_i$) 为与评价对象 o_i ($i \in N$) 相关的权重向量, $y_k^{(i)}$ 为评价对象 o_k ($k \in N$) 关于 o_i 的综合评价价值.

定理2 对评价对象 o_i ($i \in N$), 在“弱权数非独裁性条件”下, 使综合评价价值 y_i 分别取最大值、最小值的最优降序权向量和最劣降序权向量分别为 $\underline{\underline{w}}_i^u, \underline{\underline{w}}_i^f$, 即

$$\begin{aligned} \underline{\underline{w}}_i^u &= (0.5, 0.5 - (m-2)0.5^{m-1}, \\ &\quad 0.5^{m-1}, \dots, 0.5^{m-1}), \\ \underline{\underline{w}}_i^f &= (0.5^{m-1}, \dots, 0.5^{m-1}, \end{aligned}$$

$0.5 - (m - 2)0.5^{m-1}, 0.5)$.

证明 设某一评价对象中的任意 2 个指标值 a_1 和 a_2 ($a_1 > a_2$), 对应的权重为 w_1', w_2' , 要求 $w_1', w_2' \geq b_1, w_1' + w_2' = b_2$. 由集结模型 (3), 总有

$$\begin{aligned} a_1 w_1' + a_2 w_2' &= \\ a_1 w_1' + a_2 (w_2' - b_1) + a_2 b_1 &\leq \\ a_1 w_1' + a_1 (w_2' - b_1) + a_2 b_1 &= \\ a_1 (b_2 - b_1) + a_2 b_1. \end{aligned}$$

以上说明, 对于任意 2 个指标值, 在约束范围内将权重尽可能分配到最大的指标值上, 能使评价价值达到最大. 对于多个指标值的情形, 总能通过以上方式的两两调整达到最大值.

在“弱权数非独裁性条件”下, $w_j \in [0.5^{m-1}, 0.5] (j = M)$, 欲使 y_i 取最大值, 可令 $w_1 = 0.5$, 将剩余的 0.5 个单位的权重分配给其余指标, 要求尽可能将权重分配到第 2 大的指标值 x_{i2}^* 上, 因而有

$$\begin{aligned} w_2 &= 0.5 - (m - 2)0.5^{m-1}, \\ w_j &= 0.5^{m-1}, j = 3, 4, \dots, m, \end{aligned}$$

故最优降序权向量

$$\begin{aligned} \underline{w}_i^u &= (0.5, 0.5 - (m - 2)0.5^{m-1}, \\ &0.5^{m-1}, \dots, 0.5^{m-1}). \end{aligned}$$

反向推导, 使综合评价价值 y_i 取最小值的最劣降序权向量是最优降序权向量的反序. 故

$$\underline{w}_i^f = (0.5^{m-1}, \dots, 0.5^{m-1},$$
$$0.5 - (m - 2)0.5^{m-1}, 0.5). \quad \square$$

推论 1 在“弱权数非独裁性条件”下, $\alpha_i (i \in N)$ 的综合评价价值 y_i 的取值范围为

$$\begin{aligned} &[0.5x_{im} + [0.5 - (m - 2)0.5^{m-1}]x_{i, m-1} + \\ &\sum_{j=1}^{m-2} 0.5^{m-1}x_{ij}, 0.5x_{i1} + [0.5 - \\ &(m - 2)0.5^{m-1}]x_{i2} + \sum_{j=3}^m 0.5^{m-1}x_{ij}]. \end{aligned}$$

证明 由定理 2 及式 (4) 即可得证. $\square$

定理 3 对于评价对象 $\alpha_i (i \in N)$, 在“强权数非独裁性条件”下, 使综合评价价值 y_i 分别取最大值、最小值的最优降序权和最劣降序权分别为 $\underline{w}_i^u, \underline{w}_i^f$, 即

$$\begin{aligned} \underline{w}_i^u &= (0.5, 0.5^2, \dots, 0.5^{m-2}, \\ &0.5(1 - \sum_{j=1}^{m-2} 0.5^j), 0.5(1 - \sum_{j=1}^{m-2} 0.5^j)), \\ \underline{w}_i^f &= (0.5(1 - \sum_{j=1}^{m-2} 0.5^j), 0.5(1 - \sum_{j=1}^{m-2} 0.5^j), \\ &0.5^{m-2}, \dots, 0.5^2, 0.5). \end{aligned}$$

限于篇幅, 证明略.

推论 2 在“强权数非独裁性条件”下, $\alpha_i (i \in N)$ 的综合评价价值 y_i 的取值范围为

$$\begin{aligned} &[\sum_{j=1}^2 0.5(1 - \sum_{k=1}^{m-2} 0.5^k)x_{ij} + \sum_{j=3}^m 0.5^{m+1-j}x_{ij}, \\ &\sum_{j=1}^{m-2} 0.5^jx_{ij} + \sum_{j=1}^m 0.5(1 - \sum_{k=1}^{m-2} 0.5^k)x_{ij}]. \end{aligned}$$

证明 由定理 3 及式 (4) 即可得证. $\square$

2.2 竞争视野优化准则及推导

多属性综合评价的过程即为评价对象相互竞争并确立各自地位的过程, 下面给出“竞争视野”的定义.

定义 3 对评价对象 $\alpha_i (i \in N)$, 若 C_i 为与 α_i 具有潜在竞争关系的所有评价对象的集合, 则称 C_i 为 α_i 的竞争视野. 若 $\alpha_j \in C_i$, 则称 $\alpha_j (j \in N, j \neq i)$ 为 α_i 的竞争对象; 若 $\alpha_j \notin C_i$, 则称 $\alpha_j (j \in N, j \neq i)$ 为 α_i 的非竞争对象.

$\alpha_j (j \in N, j \neq i)$ 落入 α_i 的竞争视野 (即 $\alpha_j \in C_i$) 需满足以下 2 个条件:

条件 1 (非劣性) 不存在 $x_{ik} \geq x_{jk} (i, j \in N, j \neq i)$, 对 $k \in M$, 且至少对一个 k 严格不等式成立; 也不存在 $x_{ik} \leq x_{jk} (i, j \in N, j \neq i)$, 对 $k \in M$, 且至少对一个 k 严格不等式成立.

条件 2 (相交性) $\tilde{y}_i \cap \tilde{y}_j \neq \emptyset, \tilde{y}_i, \tilde{y}_j$ 分别为评价对象 α_i 和 $\alpha_j (i, j \in N, j \neq i)$ 综合评价价值的取值范围.

假设 2 (竞争视野优化准则) 任一评价对象都具有提升自身优势、降低潜在竞争对手优势的双重目的.

记 $C_i = \{\alpha_i^{(l)}, \alpha_i^{(2)}, \dots, \alpha_i^{(n_i)}\}, N_i = \{1, 2, \dots, n_i\}, i \in N, x_{ij}^{(l)} = x_j(\alpha_i^{(l)}), j \in M, l \in N_i$. 根据假设 2, 对评价对象 $\alpha_i (i \in N)$ 而言, 其期望的权重 w_i^* 为如下多目标规划模型的解:

$$\begin{cases} \max \sum_{j=1}^m x_{ij} w_j^{(l)}, i \in N, j \in M; \\ \min \sum_{l=1}^{n_i} \mu_l^{(i)} \sum_{j=1}^m x_{ij}^{(l)} w_j^{(l)}, l \in N_i; \\ \text{s. t. } \sum_{j=1}^m w_j^{(l)} = 1, w_j^{(l)} \geq 0, w_i \in \Phi. \end{cases} \quad (5)$$

其中: Φ 为满足“权数非独裁性条件”的权重向量 w_i 的约束集; $\mu_l^{(i)}$ 为 α_i 对竞争视野 C_i 中评价对象 $\alpha_i^{(l)}$ 的竞争能力关注系数, 且满足 $\mu_l^{(i)} > 0, \sum_{l=1}^{n_i} \mu_l^{(i)} = 1; \mu^{(i)} = (\mu_1^{(i)}, \mu_2^{(i)}, \dots, \mu_{n_i}^{(i)})$ 为 α_i 的竞争能力关注系数向量.

定义 4 设 α_i 和 $\alpha_l^{(i)} (i \in N, l \in N_i)$ 的综合评价价值取值范围分别为 $\tilde{y}_i = [y_i^L, y_i^U]$ 和 $\tilde{y}_l^{(i)} = [y_{il}^L, y_{il}^U], \tilde{y}_i \cap \tilde{y}_l^{(i)} \neq \emptyset$, 称 $\tilde{c}_{il}$ 为 $\alpha_i, \alpha_l^{(i)}$ 的竞争区间, $\tilde{c}_{il} =$

$\tilde{y}_i \cap \tilde{y}_i^{(i)} = [c_{il}^L, c_{il}^U]$; 称 d_{il} 为 $\alpha_i, \alpha_i^{(i)}$ 的竞争强度, 有

$$d_{il} = e(\tilde{y}_i \cap \tilde{y}_i^{(i)}) / e(\tilde{y}_i - \tilde{y}_i^{(i)}) = (c_{il}^U - c_{il}^L) / [\max(y_i^U, y_{il}^U) - \min(y_i^L, y_{il}^L)],$$

其中 e 为区间宽度的计算函数. 若 $\alpha_i^{(i)}$ 为 α_i 的非竞争对象, 则 $\tilde{c}_{il} = \emptyset, d_{il} = 0$.

$\mu^{(i)} = (\mu_1^{(i)}, \mu_2^{(i)}, \dots, \mu_{n_i}^{(i)})$ 的确定方法如下:

Step1: 求出 α_i 与竞争视野内各方案 $\alpha_i^{(i)}$ 的竞争区间 $\tilde{c}_{il}, i = 1, \dots, N, l = 1, \dots, N_i$;

Step2: 求出 α_i 与竞争视野内各方案 $\alpha_i^{(i)}$ 的竞争强度 $d_{il}, i = 1, \dots, N, l = 1, \dots, N_i$;

Step3: 将 d_{il} 归一化, 求得竞争力关注系数 μ_{il}

$$\mu_{il} = d_{il} / \sum_{l=1}^{n_i} d_{il}, i = 1, \dots, N, l = 1, \dots, N_i.$$

为求解模型 (5), 考虑到多个目标之间是公平竞争的, 故可将模型 (5) 转化为以下线性规划问题:

$$\begin{cases} \max \lambda_1 \sum_{j=1}^m x_{ij} w_j^{(i)} - \lambda_2 \sum_{l=1}^{n_i} \mu_l^{(i)} \sum_{j=1}^m x_{lj}^{(i)} w_j^{(i)}, \\ l = 1, \dots, N_i; \\ \text{s. t. } w_j^{(i)} \geq 0, \sum_{j=1}^m w_j^{(i)} = 1, w_i \in \Phi, \\ i = 1, \dots, N, j = 1, \dots, M. \end{cases} \quad (6)$$

其中: λ_1 为分配于“提升自身优势”目标的权系数, λ_2 为分配于“降低潜在竞争对手优势”目标的权系数, 且满足 $\lambda_1, \lambda_2 > 0, \lambda_1 + \lambda_2 = 1$. 一般, 若对 2 个目标无特殊偏好, 可取 $\lambda_1 = \lambda_2 = 0.5$.

显然, 模型 (6) 中目标函数总可整理成如下形式:

$$\begin{aligned} \lambda_1 \sum_{j=1}^m x_{ij} w_j - \lambda_2 \sum_{l=1}^{n_i} \mu_l^{(i)} \sum_{j=1}^m x_{lj}^{(i)} w_j &= \\ \sum_{j=1}^m [\lambda_1 x_{ij} - \lambda_2 \sum_{l=1}^{n_i} \mu_l^{(i)} x_{lj}^{(i)}] w_j &= \sum_{j=1}^m z_{ij} w_j. \end{aligned} \quad (7)$$

定理 4 设最优解 w_i^* 关于 $z_{i1}, z_{i2}, \dots, z_{im}$ 的降序权向量为 $\underline{w}_i^*$, 由式 (7) 可知

$$z_{ij} = \lambda_1 x_{ij} - \lambda_2 \sum_{l=1}^{n_i} \mu_l^{(i)} x_{lj}^{(i)}, l = 1, \dots, N_i, j = 1, \dots, M,$$

则对模型 (5) 有如下结论成立:

1) 若 Φ 为“弱权数非独裁性条件”的权重向量约束集, 则

$$\underline{w}_i^* = (0.5, 0.5 - (m-2)0.5^{m-1}, 0.5^{m-1}, \dots, 0.5^{m-1});$$

2) 若 Φ 为“强权数非独裁性条件”的权重向量约束集, 则

$$\underline{w}_i^* = (0.5, 0.5^2, \dots, 0.5^{m-2}, 0.5(1 - \sum_{j=2}^{m-2} 0.5^j), 0.5(1 - \sum_{j=2}^{m-2} 0.5^j)).$$

将 $z_{i1}, z_{i2}, \dots, z_{im}$ 看成是对 α_i 变换后的指标值, 由定理 2 和定理 3 很容易得出定理 4 的结论, 证明略.

对于任一评价对象 α_i , 通过模型 (6) 解得一个 α_i 期望的最优 (降序) 权向量 $w_i^* (w_i^*)$, 代入式 (4), 可得评价对象 $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ 关于 α_i 的综合评价值向量 $y^{(i)}, y^{(i)} = (y_1^{(i)}, y_2^{(i)}, \dots, y_n^{(i)})^T$, 记 $y_k^{(i)} = y_{ki} (k, i = 1, \dots, N)$, 因而有评价矩阵

$$Y = (y^{(1)}, y^{(2)}, \dots, y^{(n)}) = [y_{ij}]_{n \times n} = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2n} \\ \dots & \dots & \ddots & \dots \\ y_{n1} & y_{n2} & \dots & y_{nn} \end{bmatrix}.$$

以下讨论如何由评价矩阵 Y 得出综合评价结论 $y^* = (y_1^*, y_2^*, \dots, y_n^*)$. 一般, 对于 n 个综合评价向量 $y^{(i)}$, 可运用组合评价方法^[2,8,9] 得到 y^* .

本文给出另一种由 Y 到 y^* 的集结思路: 寻找与向量 $y^{(1)}, y^{(2)}, \dots, y^{(n)}$ 夹角之和最小的向量作为最终的评价结论 y^* .

易知, y^* 为如下规划问题的最优解:

$$\begin{aligned} \max \sum_{i=1}^n [y^{(i)T} y^{(i)}]^2, \\ \text{s. t. } y^{(i)T} y^{(i)} = 1. \end{aligned} \quad (8)$$

式 (8) 的求解与文献 [10] 中探讨的问题有着共同的数学背景, 这里直接给出已证明的结论.

定理 5^[10] 对于 $\forall y \in R^n$, 有

$$\max_{y^{(i)T} y^{(i)} = 1} \sum_{i=1}^n [y^{(i)T} y^{(i)}]^2 = \sum_{i=1}^n [(y^*)^T y^{(i)}]^2 = \lambda_{\max}.$$

其中: $\lambda_{\max}$ 为实对称矩阵 YY^T 的最大特征根, $Y = (y^{(1)}, y^{(2)}, \dots, y^{(n)})$, y^* 为 $\lambda_{\max}$ 对应于 YY^T 的正特征向量, 且 $y^{(i)T} y^{(i)} = 1$.

2.3 决策步骤

上述决策方法的算法步骤如下:

Step1: 确定决策规则, 对“弱权数非独裁性条件”或“强权数非独裁性条件”二中选一;

Step2: 由推论 1 (或推论 2) 求得 $\alpha_i (i = 1, \dots, N)$ 的综合评价值的取值范围 $\tilde{y}_i$;

Step3: 根据定义 3, 求出 $\alpha_i (i = 1, \dots, N)$ 的竞争视野 C_i ;

Step4: 由定义 4, 求得 α_i 与竞争视野中各评价对象 $\alpha_i^{(i)}$ 的竞争强度 $d_{il}, i = 1, \dots, N, l = 1, \dots, N_i$;

Step5: 求得 α_i 与竞争视野中各评价对象 $\alpha_i^{(i)}$ 的竞争强度 $d_{il}, i = 1, \dots, N, l = 1, \dots, N_i$;

Step6: 求得竞争力关注系数向量 $\mu^{(i)} = (\mu_1^{(i)}, \mu_2^{(i)}, \dots, \mu_{n_i}^{(i)})$, 设定目标权系数 λ_1 和 λ_2 , 构造规划问

题(6)；

Step7: 根据定理 4, 求解规划问题 (6), 得到 w_i^* (或 $\underline{w}_i^*$), $i \in N$, 将评价数据矩阵 A 和 w_i^* (或 $\underline{w}_i^*$) 代入式 (4), 得到 $Y = (y^{(1)}, y^{(2)}, \dots, y^{(n)})$;

Step8: 构造规划问题 (8), 根据定理 5 求解式 (8), 得到最终的评价结论 y^* , 并依据 y^* 对评价对象 $o_1, o_2, \dots, o_6$ 进行排序比较分析.

3 应用算例

选用文献[2]中关于购买战斗机的例子. 对该离散方案决策问题的描述如表 1 所示, 决策的目的是依据最大速度、飞行范围等 6 个指标 (其中“购买费用”为极小型指标) 对 6 种飞机的综合性能进行排序.

表 1 决策原始数据表

属性	最大速度	飞行范围	最大负荷	购买费用	可靠性	灵敏度
o_1	2	1 500	20 000	5.5	5	9
o_2	2.5	2 700	18 000	6.5	3	9
o_3	1.8	2 000	21 000	4.5	7	7
o_4	2.2	1 800	20 000	5	5	5
o_5	2.1	2 100	19 750	5.3	6	6
o_6	2.3	2 300	20 800	5.2	6	8

注：为将情况讨论得更加全面, 表中增加了两种战斗机选择方案 o_5 和 o_6 .

用“极值处理法”对原始数据进行规范化, 可得

$A =$

0.286

0

0.667

0.5

0.5

1

1

1

0

0

0

1

0

0.417

1

1

1

0.5

0.571

0.25

0.667

0.75

0.5

0

0.429

0.5

0.583

0.6

0.75

0.25

0.714

0.667

0.933

0.65

0.75

0.75

按照 2.3 节中给出的决策步骤求解该多属性决策问题. 限于篇幅, 计算过程略.

选定“强权数非独裁性条件”, 并取目标权系数 $\lambda_1 = \lambda_2 = 0.5$, 通过计算, 可求得 $o_1, o_2, \dots, o_6$ 竞争视野下的综合评价矩阵为

$Y = [y_{ij}]_{6 \times 6} =$

0.769 3

0.264 1

0.498 5

0.467 3

0.382 4

0.514 1

0.562 5

0.875 0

0.125 0

0.312 5

0.343 8

0.343 8

0.700 5

0.395 8

0.916 7

0.716 1

0.776 0

0.697 9

0.301 7

0.343 4

0.554 3

0.640 3

0.462 8

0.577 8

0.431 1

0.472 2

0.650 4

0.550 4

0.627 8

0.550 4

0.785 9

0.702 0

0.741 6

0.711 4

0.720 2

0.824 4

其中 y_{ij} 为 o_i 竞争视野下 o_j 的综合评价.

由定理 5, 可得最终评价结论 $y^* = [0.343\ 5, 0.268\ 6, 0.508\ 1, 0.347\ 7, 0.390\ 7, 0.527\ 4]^T$. 因而, 评价对象的排序为 $o_6 > o_3 > o_5 > o_4 > o_1 > o_2$.

为进一步分析, 将综合评价矩阵 Y 中各列的

元素转化为序值, 如表 2 所示.

表 2 多种竞争视野下的排序结果

	竞 争 视 野						综合排序
	o_1	o_2	o_3	o_4	o_5	o_6	
o_1	2 *	6	5	5	5	5	5
o_2	4	1 *	6	6	6	6	6
o_3	3	4	1 *	1	1	2	2
o_4	6	5	4	3 *	4	3	4
o_5	5	3	3	4	3 *	4	3
o_6	1	2	2	2	2	1 *	1

注：带“*”的数据为每行最小值.

分析表 2 中的数据, 可得如下结论：

- 1) 每个评价对象在各自的竞争视野下体现了“增强自身优势”的目的, 达到了各自最高的排名;
- 2) 根据竞争强度的不同, 每个评价对象都不同程度地体现了“弱化对手优势”的目的 (与 o_i 竞争强度最大的前两位评价对象无一例外地排在 o_i 之后, 并且都没超过综合排序中的名次).

同理, 当选取“弱权数非独裁性条件”进行分析时, 也有上述类似的结论.

4 结 论

本文提出了“自主式决策”的新模式, 并着重研究了一种客观的自主式决策方法. 该方法建立于 2 个合乎情理的假设之上, 具有以下几个主要特点：

- 1) 除准则选取外, 几乎不需决策者提供偏好信息, 大大降低了决策的复杂性;
- 2) 模拟“经济人”的行为, 将所有评价对象平等地视为具有“突出自身优势、弱化对手优势”的“智能体”, 易让决策者接受, 并确保了决策过程的公平性;
- 3) 能得到较为丰富的评价信息, 使评价对象更为全面地把握自身在竞争中的位置;
- 4) 计算过程简洁直观, 避免了求解多个目标规划模型的困难.

参考文献(References)

[1] Saaty T L. The analytic hierarchy process[M]. New York: McGraw-Hill, 1980.

[2] Hwang C L, Yoon K. Multiple attribute decision making[M]. Berlin: Springer-Verlag, 1981.

[3] Hwang C L, Lin M J. Group decision making under multiple criteria: Methods and applications[M]. Berlin: Springer, 1987.

[4] 陈珽. 决策分析[M]. 北京: 科学出版社, 1987.
(Chen Ting. Decision analysis [M]. Beijing: Science Press, 1987.)

[5] Gregory A J, Jackson M C. Evaluation methodologies: A system of use[J]. J of Operational Research, 1992, 43(1): 19-28.

(下转第 1268 页)

- Electronics and Communications, 2005, 59 (2) : 111-117.
- [5] 陈国良, 王煦法, 庄镇泉, 等. 遗传算法及其应用[M]. 北京: 人民邮电出版社, 1996.
(Chen Guo-liang, Wang Xu-fa, Zhuang Zhen-quan, et al. Genetic algorithm and applications [M]. Beijing: Post and Telecom Press, 1996.)
- [6] 丁永生, 任立红. 人工免疫系统: 理论与应用[J]. 模式识别与人工智能, 2000, 13(1) : 52-59.
(Ding Yong-sheng, Ren Li-hong. Artificial immune system: Theory and applications [J]. Pattern Recognition and Artificial Intelligence, 2000, 13 (1) : 52-59.)
- [7] De Castro L N, Von Zuben F J, et al. Learning and optimization using the clonal selection principle [J]. IEEE Trans on Evolutionary Computation, Special Issue on Artificial Immune Systems, 2001, 6(3) : 239-251.
- [8] 黄席樾, 张著洪, 胡小兵, 等. 现代智能算法理论及应用[M]. 北京: 科学出版社, 2005.
(Huang Xi-yue, Zhang Zhu-hong, Hu Xiao-bing, et al. Theory and application of modern intelligent algorithm [M]. Beijing: Science Press, 2005.)
- [9] De Castro L N, Timmis J. An artificial immune network for multi-modal function optimization[C]. Proc of the IEEE Congress on Evolutionary Computation. Honolulu, 2002: 699-704.
- [10] Karaboga N, Cetinkaya B. Design of minimum phase digital IIR filters by using genetic algorithm[C]. Proc of the 6th Nordic Signal Processing Symposium. Espoo, 2004: 29-32.

(上接第 1263 页)

- [6] Smith M F. Evaluation: Review of the past, preview of the future[J]. Evaluation Practice, 1994, 15 (2) : 215-227.
- [7] 余雁, 梁樑. 基于 Nash 均衡约束的竞争性评估方法研究[J]. 管理科学学报, 2006, 9(1) : 8-13.
(Yu Yan, Liang Liang. Study of competitive assessment approach based on restriction of Nash equilibrium[J]. J of Management Science in China, 2006, 9(1) : 8-13.)
- [8] 郭亚军, 易平涛. 一种基于整体差异的客观组合评价方法[J]. 中国管理科学, 2006, 14(3) : 60-64.
(Guo Ya-jun, Yi Ping-tao. Whole diversity-based reasoning for objective combined evaluation[J]. Chinese J of Management Science, 2006, 14(3) : 60-64.)
- [9] 易平涛, 郭亚军. 双方冲突特征下多评价结论协商组合方法[J]. 系统工程理论与实践, 2006, 26(11) : 63-72.
(Yi Ping-tao, Guo Ya-jun. A method of multi-evaluation conclusions bargaining combination under the feature of conflict [J]. System Engineering Theory and Practice, 2006, 26(11) : 63-72.)
- [10] 邱苑华. 群组决策特征根法[J]. 应用数学和力学, 1997, 18(11) : 1027-1031.
(Qiu Wan-hua. An eigenvalue method on group decision [J]. Applied Mathematics and Mechanics, 1997, 18(11) : 1027-1031.)

第 19 届中国过程控制会议征文通知

第 19 届中国过程控制会议是中国自动化学会过程控制专业委员会主办、北京化工大学承办、北京自动化学会和控制工程编辑部协办的全国性学术会议. 会议拟定于 2008 年 7 月下旬在北京召开. 大会组委会现向全国同行发出会议通知, 竭诚欢迎各位专家、学者、研究生踊跃投稿.

征文范围及投稿要求请登录会议网站 <http://cpcc2008.buct.edu.cn>