

文章编号: 1001-0920(2011)01-0017-05

供应商能力有约束的混合型多属性决策方法

双海军, 孟卫东

(重庆大学 经济与工商管理学院, 重庆 400044)

摘要: 研究了一种混合型多属性决策方法, 用于多资源模型的供应商选择问题, 并将供应商选择过程分为 2 个阶段. 首先用熵系数模型确定评价指标的客观权重, 利用逼近理想解排序法模型排定方案优劣次序; 然后建立多目标规划模型确定采购数量在入选供应商之间的分配; 最后给出了一个算例, 算例结果表明该方法可行且有效.

关键词: 混合型多属性决策; 多目标规划; 熵; 逼近理想解排序法

中图分类号: F715; O159

文献标识码: A

Hybrid multi-attribute decision-making research based on vendors' capacity constraint

SHUANG Hai-jun, MENG Wei-dong

(School of Economics and Business Administration, Chongqing University, Chongqing 400044, China. Correspondent: SHUANG Hai-jun, E-mail: shjemail@21cn.com)

Abstract: A hybrid multi-attribute decision-making method is studied, which is applied to the supplier selection problem of more resources for a single product, and the supplier selection process is divided into two stages. Firstly, evaluation indexes weight are identified with entropy coefficient model, and the suppliers' order is obtained according to the technique for preference by similarity to ideal solution model. Then a multi-objective planning model is constructed to identify the allocation of the procurement number between selected suppliers. Finally, experiment results show that the decision-making method proposed is effective and feasible.

Key words: hybrid multi-attribute decision-making; multi-objective programming; entropy; technique for preference by similarity to ideal solution

1 引言

供应商选择问题一直受到理论界和实际管理工作者的高度重视. 在全球采购、非核心能力业务外包、因特网和电子商务的环境下, 供应商的选择决策问题正变得越来越重要和复杂. 选择合适的供应商对于企业降低成本、提高市场竞争力具有重要意义, 因此, 专家认为选择合适的供应商是采购部门最重要的活动.

供应商选择过程一般首先确定评价指标; 然后对于指标赋权, 根据指标值和指标权重利用评价方法得到供应商的综合评价值; 最后对综合评价值进行排序来选择最佳供应商. 对于评价指标选取问题, 文献[1]调查了 170 个采购代理和采购管理者的采购实践, 总结出 23 条供应商选择指标, 并根据重要性原则进行排序, 得出前 8 位分别是产品质量、交货期、历史表现、保证条款、生产设备与产能、产品价格、技术能

力、财务状况. [2] 对评价指标选取的相关研究进行了综述, 并对 Dickson 的 23 项指标按引用频率重新进行排序, 前 8 位依次是产品价格、产品质量、交货期、生产设备与产能、技术能力、财务状况、地理位置、历史表现. 同时, 指出企业的战略管理决策也会影响评价指标的选择. 其他众多学者也进行了相应研究, 并发现时间、质量、成本、服务等均是供应商选择的关键指标^[3-5]. 在评价指标赋值领域, 国内外学者也进行了深入研究, [6] 利用区间数对属性作出评价, 并给出了一种逼近于理想点的分析方法. [7] 研究了一类各指标权重未知, 指标评价值为精确数、区间数和三角模糊数的混合型多指标决策问题. 在供应商评价方法上, 较为常见的有成本法、线性规划、模糊规划等^[8-10]. 如[11]用模糊理论处理供应商选择中的模糊目标问题, 并以日本发电厂煤炭采购为实例建立了模

收稿日期: 2009-10-24; 修回日期: 2009-12-30.

基金项目: 国家社会科学基金重点项目(08AJY028).

作者简介: 双海军(1972—), 男, 博士生, 从事委托代理、装备采购激励机制等研究; 孟卫东(1964—), 男, 教授, 博士生导师, 从事战略管理、金融工程等研究.

模糊目标模型,用遗传算法求解模型.[12]利用三角模糊数构造了集结决策者权威性与意见一致性的组合一致性指标,并在此基础上提出了一种模糊多属性决策算法.[13]用多目标整数规划确定了待选供应商及采购量分配.

供应商的选择模型有单资源模型和多资源模型 2 种,单资源模型指每个供应商的资源均能满足客户订单需求,采购管理者只需决策最佳供应商;多资源模型指由于供应商供应能力的限制或客户采购策略的要求,需要从多个供应商那里采购某一产品^[10].文献[14-16]研究了购买单一产品(服务)选择单一供应商的问题,即单资源模型,而大多实际情况却是:单一供应商的供应能力不能满足采购方的需求,或者采购方出于供应商安全,需要就一种产品选择多个供应商.为了解决这个问题,在上述文献研究的基础上,本文提出了一种多资源的 2 阶段混合型多属性决策模型.第 1 阶段利用熵系数模型确定指标客观权重,利用逼近理想解排序法(TOPSIS)模型排定方案优劣次序;第 2 阶段根据已确定入选的供应商,建立多目标规划模型,确定采购量在待选供应商中的分配.

2 混合型多属性决策矩阵建立及规范化

设备选方案集为 $S = \{s_1, s_2, \dots, s_m\} (m \geq 2)$, 指标属性集为 $I = \{I_1, I_2, \dots, I_n\}$, 指标属性的权重向量 $W = \{w_1, w_2, \dots, w_n\}$ 未知, $w_1 + w_2 + \dots + w_n = 1$; 方案 s_i 对于第 j 个指标属性 I_j 的评价值记为 $x_{ij} (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n)$, 则 m 个备选方案关于 n 个指标属性的评价值构成决策矩阵 $X = (x_{ij})_{m \times n}$. 其中: 方案 s_i 对于指标属性 I_j 的评价值 $x_{ij} (j = 1, 2, \dots, g_1)$ 为精确实数, 方案 s_i 对于指标属性 I_j 的评价值 $x_{ij} (j = g_1 + 1, g_1 + 2, \dots, g_2)$ 为区间数, 方案 s_i 对于指标属性 I_j 的评价值 $x_{ij} (j = g_2 + 1, g_2 + 2, \dots, n)$ 为三角模糊数^[17].

由区间数和三角模糊数构成的决策矩阵难以规范化,故介绍如下基础理论以便于将区间数和三角模糊数转化成精确实数.

定义 1 记 $\hat{a} = [a^L, a^U] = \{x | a^L \leq x \leq a^U\}$, $a^L, a^U \in R$, 称 \hat{a} 为闭区间数. 当 $a^L = a^U$ 时, \hat{a} 退化为一个实数.

定义 2 设 $\hat{a} = [a^L, a^U]$ 为闭区间数, $\rho: [0, 1] \rightarrow [0, 1]$ 是具下列性质的函数:

- 1) $\rho(0) = 0, \rho(1) = 1$;
- 2) 若 $x \geq \gamma$, 则 $\rho(x) \geq \rho(\gamma)$, 且

$$f_\gamma([a^L, a^U]) = \int_0^1 \frac{d\rho(\gamma)}{d\gamma} (a^U - \gamma(a^U - a^L)) d\gamma,$$

称 f 为连续区间数据 OWA 算子, 简称 C-OWA 算子.

令 $\rho(\gamma) = \gamma$, 运用 C-OWA 算子, 得到

$$f_\gamma([a^L, a^U]) = (a^L + a^U)/2, \quad (1)$$

即区间数转化为精确数.

定义 3 记 $F(R)$ 为 R 上的全体模糊集, 设 $\tilde{a} = (a^L, a^M, a^U) \in F(R)$, 如果 \tilde{a} 的隶属度函数 $\mu_{\tilde{a}}, R \rightarrow [0, 1]$ 表示为

$$\mu_{\tilde{a}} = \begin{cases} 0, & x < a_1, x > a_3; \\ (a_3 - x)/(a_3 - a_2), & a_2 \leq x \leq a_3; \\ (x - a_1)/(a_2 - a_1), & a_1 \leq x \leq a_2. \end{cases}$$

其中 $a^L \leq a^M \leq a^U$, a^L 和 a^U 分别为 \tilde{a} 所支撑的下界和上界, a^M 为 \tilde{a} 的中值. 则称 \tilde{a} 为三角模糊数.

定义 4 记三角模糊数的模糊最大集合是模糊子集 $S_{\max} = \{(x, \mu_{\max}) | x \in R\}$, 模糊最小集合是模糊子集 $S_{\min} = \{(x, \mu_{\min}) | x \in R\}$, 其隶属度函数分别为^[18-19]

$$\mu_{\max}(x) = \begin{cases} x, & x \in [0, 1]; \\ 0, & x \notin [0, 1]. \end{cases}$$

$$\mu_{\min}(x) = \begin{cases} 1 - x, & x \in [0, 1]; \\ 0, & x \notin [0, 1]. \end{cases}$$

这样就可以将三角模糊数 \tilde{a} 转化为精确数 a , 即

$$a = [\mu_R(\tilde{a}) + 1 - \mu_L(\tilde{a})]/2. \quad (2)$$

其中

$$\mu_R(\tilde{a}) = \sup x \left[\mu_{\tilde{a}}(x) \bigwedge \mu_{\max}(x) \right],$$

$$\mu_L(\tilde{a}) = \sup x \left[\mu_{\tilde{a}}(x) \bigwedge \mu_{\min}(x) \right].$$

通过式(1)和(2)将包含精确数、区间数、三角模糊数的混合决策矩阵 $X = (x_{ij})_{m \times n}$ 转变为精确数矩阵 $Y = (y_{ij})_{m \times n}$. 由于决策矩阵中各指标量纲不同, 无法直接进行比较, 可利用下列公式进行规范化处理, 最后得到规范化的决策矩阵 $R = (r_{ij})_{m \times n}$. 由此可得到成本性指标为

$$r_{ij} = \frac{y_j^{\max} - y_{ij}}{y_j^{\max} - y_j^{\min}},$$

$$i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n. \quad (3)$$

效益型指标为

$$r_{ij} = \frac{y_{ij} - y_j^{\min}}{y_j^{\max} - y_j^{\min}},$$

$$i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n. \quad (4)$$

3 混合型多属性决策模型

3.1 客观权重的熵系数模型^[20]

熵是信息论中标度系统状态不确定性的量, 系统某种状态携带和传输的信息越多, 不确定性就越小, 熵值也越小, 进而该状态对于决策的作用就越大. 假设系统可能处于 n 种状态, 处于每种状态的概率为 p_j

($j = 1, 2, \dots, n$), 则系统的熵为

$$E = - \sum_{j=1}^n p_j \ln p_j, \quad \sum_{j=1}^n p_j = 1, \quad 0 \leq p_j \leq 1.$$

熵具有极值性, 当系统状态为等概率, 即 $p_j = 1/n$ 时, 熵取得最大值 $E(p_1, p_2, \dots, p_n) = \ln n$.

本文利用熵的概念来衡量各备选方案指标属性的客观权重^[7], 对于规范化的决策矩阵 $R = (r_{ij})_{m \times n}$, 定义第 j 个指标属性的熵值为 $h_j = \rho - E_j$. 其中

$$E_j = - \left(\sum_{i=1}^m r_{ij} \ln r_{ij} \right) / \ln n, \quad i = 1, 2, \dots, m,$$

ρ 为系统参数且 $\rho \geq \max(E_1, E_2, \dots, E_n)$. 则确定客观权重的熵系数模型为

$$\begin{aligned} \min Z &= W^T K W; \\ \text{s.t. } e^T W &= 1, \quad W \geq 1. \end{aligned} \quad (5)$$

其中: K 是 $n \times n$ 对角矩阵, 主对角线元素为 $k_{jj} = \rho - E_j, k_{jj} > 0, j = 1, 2, \dots, n$, 其余元素为 0; $e = (1, 1, \dots, 1)^T$.

由式(5)构造拉格朗日函数, 对 W 与 λ 求一阶偏微分, 可得

$$W = (w_1, w_2, \dots, w_n) = K^{-1} e / e^T K^{-1} e. \quad (6)$$

该模型的优点是: 决策矩阵的变化与指标属性权重的变化比较一致, 通过改变 ρ 值使权重具有柔性, 更加合理.

3.2 方案排序的 TOPSIS 模型

运用 TOPSIS 模型求解多属性决策问题是一种非常有效的方法. 它对方案进行排序时需要在目标空间定义一个测度, 以度量某个解靠近理想解和远离负理想解的程度. 其中心思想是先选定一个正理想解和一个负理想解; 然后找出与正理想解距离最近且与负理想解距离最远的方案作为最优方案. 此模型中的距离指(加权)欧氏距离; 正理想解是由各指标属性的最优值组成的集合; 负理想解是由各指标属性的最劣值组成的集合.

在熵系数模型确定各指标属性客观权重的基础上, 运用 TOPSIS 模型进行方案排序的算法步骤如下:

Step 1: 计算加权规范化决策矩阵

$$\bar{R} = (\bar{r}_{ij})_{m \times n} = (w_j r_{ij})_{m \times n}.$$

Step 2: 确定正理想解与负理想解. 对于效益型指标属性, 正理想解取其最大值, 负理想解取其最小值; 对于成本型指标属性, 理想解取其最小值, 负理想解取其最大值. 计算公式如下: 正理想解为

$$\begin{aligned} \bar{R}^+ &= \left\{ \left(\max_{1 \leq i \leq m} \bar{r}_{ij} | j \in J^+ \right), \left(\min_{1 \leq i \leq m} \bar{r}_{ij} | j \in J^- \right) \right\} = \\ &\quad \{ \bar{r}_1^+, \bar{r}_2^+, \dots, \bar{r}_n^+ \}. \end{aligned}$$

负理想解为

$$\begin{aligned} \bar{R}^- &= \left\{ \left(\min_{1 \leq i \leq m} \bar{r}_{ij} | j \in J^+ \right), \left(\max_{1 \leq i \leq m} \bar{r}_{ij} | j \in J^- \right) \right\} = \\ &\quad \{ \bar{r}_1^-, \bar{r}_2^-, \dots, \bar{r}_n^- \}. \end{aligned}$$

Step 3: 计算 \bar{r}_{ij} 到正理想解和负理想解的距离.

至正理想解的距离为 $S_i^+ = \left[\sum_{j=1}^n (\bar{r}_{ij} - r_j^+)^2 \right]^{0.5}$, 至负理想解的距离为 $S_i^- = \left[\sum_{j=1}^n (\bar{r}_{ij} - r_j^-)^2 \right]^{0.5}$.

Step 4: 计算各方案的相对贴近度为

$$C_i = S_i^- / (S_i^- + S_i^+).$$

Step 5: 根据相对贴近度的大小对各方案排定优劣次序.

3.3 供应商选择的多目标规划模型

对供应商(方案)进行综合评价排序后, 如果一个供应商的供应能力不能满足采购方的需求, 则采购方应根据自身情况确定要选择几个供应商. 对选中的供应商建立多目标规划模型, 确定采购数量在选中的供应商之间的分配, 以期达到采购价值最大、成本最低的目的.

设 x_i 为第 i 个供应商分配到的订购数量; p_i 为第 i 个供应商提供的产品价格; k_i 为第 i 个供应商提供的运输费率; d_i 为第 i 个供应商的产品运输距离; σ_i 为第 i 个供应商的产品合格率; q_i 为第 i 个供应商在采购方规定交货期内供应能力的上限; Q 为采购企业的产品需求量; C 为采购企业的成本预算上限, 即包含产品运输费用和产品本身的采购费用; E 为所采购产品总的质量合格率下限. 建立如下多目标规划模型:

$$\min z_1, \quad \min(-z_2), \quad \min z_3, \quad (7)$$

$$z_1 = \sum_{i=1}^k p_i x_i, \quad (8)$$

$$z_2 = \sum_{i=1}^k \sigma_i x_i, \quad (9)$$

$$z_3 = \sum_{i=1}^k k_i d_i x_i, \quad k \leq m; \quad (10)$$

$$\text{s.t. } \sum_{i=1}^k x_i = Q, \quad (11)$$

$$x_i \leq q_i, \quad (12)$$

$$\sum_{i=1}^k p_i x_i + \sum_{i=1}^k k_i d_i x_i \leq C, \quad (13)$$

$$\sum_{i=1}^k x_i \sigma_i / \sum_{i=1}^k x_i \geq E, \quad (14)$$

$$x_i > 0. \quad (15)$$

其中: k 是所选中的供应商, 目标 z_1 应最小化产品购买支付成本, 目标 z_2 应最小化产品缺陷, 目标 z_3 应最小化产品运输成本, 式 (11) 表示采购量应满足采购企业的需求, 式 (12) 表示每个供应商在规定时间内供应量不超过其最大供应能力, 式 (13) 表示采购支出不超出预算采购成本上限, 式 (14) 表示采购产品总的质量合格率应不低于采购企业规定的下限值, 式 (15) 表示采购数量的非负约束.

4 供应商选择算例

以重庆某大型组装企业为其新产品选择零部件供应商为例, 对本文提出的供应商选择方法进行验证说明.

该企业需要为新产品的一种零部件选择长期供应商, 经过详细的市场调查后, 决定从 S_1, S_2, S_3, S_4 和 S_5 等 5 家行业内较好的供应商中进行选择. 企业根据自身实际情况, 选择了产品质量合格率 (I_1), 交货提前期 (I_2), 产品价格 (I_3), 信誉 (I_4), 技术先进性 (I_5), 运输距离 (I_6) 等 6 项最重要的评价指标对供应商进行评价选择. 为了科学地选择好供应商, 企业向这几家供应商各试订了一小批货, 并到各供应商处进行了现场实地考察. 通过对各供应商交货时间统计、企业信誉度调查、生产技术方法比较、产品质量抽样、运输距离测算和供应商索要价格分析等方法, 得出了 5 家供应商各项指标属性的评价价值, 如表 1 所示. 其中: 产品质量合格率、交货提前期、运输距离为精确数指标, 产品价格为区间数指标, 信誉、技术先进性为三角模糊数指标.

表 1 供应商的指标属性值

	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5
$I_1/\%$	79	91	86	97	99
I_2	19	20	22	24	21
I_3	[94,114]	[84,104]	[100,120]	[90,110]	[105,125]
I_4	一般(0.4, 0.5,0.6)	低(0.2, 0.3,0.4)	很高(0.8, 0.9,1.0)	一般(0.4, 0.5,0.6)	高(0.6, 0.7,0.8)
I_5	高(0.6, 0.7,0.8)	低(0.2, 0.3,0.4)	一般(0.4, 0.5,0.6)	很高(0.8, 0.9,1.0)	一般(0.4, 0.5,0.6)
I_6	150	370	220	260	240

应用式 (1)~(4) 将表 1 的混合决策矩阵 X 标准化, 得到规范化决策矩阵为

$$R = \begin{bmatrix} 0.0000 & 1.0000 & 0.5238 \\ 0.6000 & 0.8000 & 1.0000 \\ 0.3500 & 0.4000 & 0.2381 \rightarrow \\ 0.9000 & 0.0000 & 0.7143 \\ 1.0000 & 0.6000 & 0.0000 \end{bmatrix}$$

$$\left. \begin{bmatrix} 0.2343 & 0.6081 & 1.0000 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 \\ 1.0000 & 0.2343 & 0.6818 \\ 0.2343 & 1.0000 & 0.5000 \\ 0.6081 & 0.2343 & 0.5909 \end{bmatrix} \right\}$$

取系统参数 $\rho = 1$, 运用熵系数模型求解出各项指标属性的客观权重为

$$W =$$

$$(0.1436, 0.1563, 0.1687, 0.1816, 0.1816, 0.1683).$$

将 W 代入 R , 计算得到加权规范化决策矩阵为

$$\bar{R} = \begin{bmatrix} 0.0000 & 0.1563 & 0.0884 \\ 0.0862 & 0.1250 & 0.1687 \\ 0.0503 & 0.0625 & 0.0402 \rightarrow \\ 0.1292 & 0.0000 & 0.1205 \\ 0.1436 & 0.0938 & 0.0000 \\ 0.0425 & 0.1104 & 0.1683 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 \\ 0.1816 & 0.0425 & 0.1147 \\ 0.0425 & 0.1816 & 0.0842 \\ 0.1104 & 0.0425 & 0.0994 \end{bmatrix}$$

其理想解为

$$\bar{R}^+ =$$

$$(0.1436, 0.1563, 0.1687, 0.1816, 0.1816, 0.1683),$$

其负理想解为

$$\bar{R}^- =$$

$$(0.0000, 0.0000, 0.0000, 0.0000, 0.0000, 0.0000),$$

各方案到理想解的距离为

$$S^+ = (0.2269, 0.3139, 0.2371, 0.2310, 0.2481),$$

各方案到负理想解的距离为

$$S^- = (0.2731, 0.2270, 0.2366, 0.2703, 0.2309),$$

各方案的相对贴近度为

$$C = (0.5462, 0.4197, 0.4995, 0.5392, 0.4820),$$

因此各方案的优劣次序为 $s_1 \succ s_4 \succ s_3 \succ s_5 \succ s_2$.

该企业基于供应商安全和供应商供应能力的考虑, 决定选择 2 个供应商进行合作, 根据上面的排序结果, 选中 S_1 和 S_4 . 现在采购企业要从选中的供应商中采购单一产品, 已知购买者对产品的总需求为 1500 件, 在制造企业规定的时间内供应商 S_1 的最大供应能力 q_1 为 900 件, 供应商 S_4 的最大供应能力 q_4 为 800 件, 供应商提供的产品合格率和运输距离见表 1. 购买者预算上限 C 为 200000 元, 所要求购买的产品总的合格率 E 至少为 85%. 根据式 (2) 可知, S_1 和 S_4 的产品价格转化成精确数分别为 104 元, 100 元.

为了计算方便, 各供应商到汽车制造商的运输费率 k_i 均视为相等且为 0.1 元·件/km, 运输距离单位为 km.

将以上数据代入多目标规划模型得到

$$\begin{aligned} & \min z_1, \min(-z_2), \min z_3, \\ & z_1 = 104x_1 + 100x_4, \\ & z_2 = 79\%x_1 + 97\%x_4, \\ & z_3 = 0.1 \times 150x_1 + 0.1 \times 260x_4; \\ & \text{s.t. } x_1 + x_4 = 1500, x_1 \leq 900, x_4 \leq 800, \\ & (104x_1 + 100x_4) + \\ & 0.1 \times (150x_1 + 260x_4) \leq 200000, \\ & (79\%x_1 + 97\%x_4) \div (x_1 + x_4) \geq 85\%, \\ & x_1 > 0, x_4 > 0. \end{aligned}$$

采用 Matlab 7.0 求解, 得到近似解为

$$\begin{aligned} [x_1, x_4] &= [700, 800], \\ [z_1, z_2, z_3] &= [152800, 1329, 31300]. \end{aligned}$$

5 结 论

本文提出的多资源模型两阶段供应商选择模型, 可以解决实施供应链制造企业因供应商供应能力无法满足采购需求, 或者出于供应商安全需要就一种产品选择多个供应商的优选问题. 第1阶段用熵系数模型确定评价指标的客观权重, 利用 TOPSIS 模型排定各供应商优劣次序; 第2阶段建立多目标规划模型确定采购数量在入选供应商之间的分配. 研究表明, 该模型可以有效地帮助企业选择产品质量、交货期、技术水平等符合要求的供应商, 同时能有效降低企业的采购成本, 模型对实施供应链的企业有一定的参考意义. 限于篇幅, 本文对供应商进行评价时只选取了6个关键指标, 而供应商评价指标远不止6个, 因此, 本文算例仅作为企业选择供应商参考, 应用中各企业要结合自身实际而定, 如何完善供应商评价指标, 将是下一步工作的方向.

参考文献(References)

- [1] Diekson G W. An analysis of vender selection system and decisions[J]. J of Purchasing, 1966, 2(1): 5-17.
- [2] Weber C A, Current J R, Benton W C. Vendor selection criteria and methods[J]. European J of Operational Research, 1991, 50(1): 2-18.
- [3] 仲维清, 侯强. 供应商评价指标体系与评价模型研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2003, 20(3): 93-97. (Zhong W Q, Hou Q. A study on evaluation indicator system and evaluation odel of suppliers[J]. The J of Quantitative and Technical Economics, 2003, 20(3): 93-97.)
- [4] 姜红刚, 杨西龙, 王进. 基于供应链环境下的供应商评价指标体系的研究[J]. 物流技术, 2006, 26(7): 180-182. (Jiang H G, Yang X L, Wang J. Study on evaluation index system of supplier selection based on SCM[J]. Logistics Technology, 2006, 26(7): 180-182.)
- [5] 王瑛, 孙林岩, 赵沂蒙. 基于欧氏范数的供应商评价方法[J]. 系统工程, 2002, 20(1): 46-50. (Wang Y, Shun L Y, Zhao Q M. Systems engineering vendor evaluating methods based on euclid norm[J]. Systems Engineering, 2002, 20(1): 46-50.)
- [6] 尤天慧, 樊治平. 区间数多指标决策的一种 TOPSIS 方法[J]. 东北大学学报: 自然科学版, 2002, 23(9): 840-843. (You T H, Fang Z P. TOPSIS method for multiple attribute decision making with intervals[J]. J of Northeastern University: Natural Science, 2002, 23(9): 840-843.)
- [7] 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, et al. 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.)
- [8] Willis H T, Huston R C, Pohlkamp F. Evaluation measures of just in time supplier performance[J]. Prod Invent Manage, 1993, 34(2): 1-5.
- [9] Ghodsypour S H, Huston R C, Pohlkamp F. A decision support system for supplier selection using an integrated analytic hierarchy process and linear programming[J]. Int J Production Economics, 1998, 56-57(1): 199-212.
- [10] 刘晓, 李海越, 王成恩, 等. 供应商选择模型与方法综述[J]. 中国管理科学, 2004, 12(1): 139-148. (Liu X, Li H Y, Wang C E. A survey of supplier selection models and approaches[J]. Chinese J of Management Science, 2004, 12(1): 139-148.)
- [11] Shiromaru I. A fuzzy satisfying method for electric power plan coal purchase using genetic algorithms[J]. Operational Research, 2000, 126(1): 218-230.
- [12] 陈晓红, 阳熹. 一种基于三角模糊数的多属性群决策方法[J]. 系统工程与电子技术, 2008, 30(2): 278-282. (Cheng X H, Yang X. Multiple attributive group decision making method based on triangular fuzzy numbers[J]. Systems Engineering and Electronics, 2008, 30(2): 278-282.)

(下转第26页)