

doi: 10.3969/j.issn.1007-855x.2010.04.025

# 群组统一偏好锥 DEA 方法及其在通信设备供应商评价中的应用

王重军<sup>1</sup>, 王科<sup>2</sup>

(1. 云南省专用通信局, 云南 昆明 650051; 2. 北京航空航天大学 经济管理学院, 北京 100083)

**摘要:** 针对通信设备供应商评价问题构建了一个综合评价指标体系, 借鉴 DEA 方法中偏好锥的概念并结合群组决策方法, 给出了群组统一偏好锥的概念及其构造方法, 将该偏好锥和理想 DMU 同时引入 CCWH 模型, 构建了群组统一偏好锥 DEA 模型. 该模型可使评价者在不具备先验信息的条件下获得指标权重的集体偏好用于构造偏好锥, 可以避免对判断矩阵进行一致性检验的问题, 还可以缓解有效 DMU 过多而使评价实效的问题. 将该模型应用于通信设备供应商评价排序和择优问题, 给出了评价案例.

**关键词:** 通信设备; 供应商; 数据包络分析; 评价模型

中图分类号: N94 C931 文献标识码: A 文章编号: 1007-855X(2010)04-0119-06

## Group Decision Based Unification Preference Cone DEA Method and Its Application in Communication Equipment Supplier Evaluation

WANG Zhong-jun<sup>1</sup>, WANG Ke<sup>2</sup>

(1. Special Communication Bureau of Yunnan Province, Kunming 650051, China)

(2. School of Economics &amp; Management, Beihang University, Beijing 100083, China)

**Abstract** A comprehensive evaluation index system for communication equipment supplier is proposed in this paper. Combined with the concepts of preference constrain cone in DEA and group decision method, a new concept of unification preference cone based on group decision is constructed. With the introduction of the concept into the CCWH model, the unification preference cone DEA model is then built. This model could give the group preference of weights, which could be used to construct the preference constrain cone, without the prior preference from the decision maker. It could also avoid consistency test for the judgment matrix and solve the problem that the appearance of too many efficient DMUs may decrease the effectiveness. This model is finally applied to a communication equipment supplier evaluation, ranking and selection problem. An example is given thereafter.

**Key words** communication equipment; supplier; DEA; evaluation model

### 0 引言

近年来我国通信行业发展迅速, 随着三大通信运营商重组完成后 3G 业务的全面开展, 以及通信设备制造和供应方式的变迁, 通信设备供应商评价选择问题被不断赋予新的内容, 受到企业界和学术界持续的关注. 通信运营商需要从设备的质量、价格、维修服务, 以及设备供应商的技术条件、生产能力、经营状况等多方面对候选供应商进行综合评价, 选择出少数优秀的供应商与之建立起长期战略合作伙伴关系, 从而简化采购计划和调配程序, 提升服务质量, 减少库存, 降低成本, 最终增强自身的核心竞争力. 因此研究构建科学的供应商评价模型, 选择合适的供应商评价方法, 直接关系到运营商的生存与发展, 具有重要的理论

收稿日期: 2009-07-09

作者简介: 王重军(1955-), 男, 高级工程师, 主要研究方向: 通信工程, 项目管理. E-mail: zhongjun1955@126.com

价值和实际意义.

目前常见的供应商评价模型大致可以分为粗略的主观经验分析和精细的客观定量分析 2 类. 主观经验分析如简单打分法、加权评分法等, 方法直观且使用简单, 但评价过程主观性强, 评价结论受评价者偏好和经验影响大, 较为粗略且可能不够准确. 客观定量分析如模糊综合评价、数据包络分析 DEA 等, 建立在数学模型构建和严格计算的基础上, 评价过程客观公平且透明, 评价结论较为精确. 数据包络分析<sup>[1]</sup>作为一种非参数客观评价方法, 在诸多领域得到了成功运用和快速发展, 经典的 CCR 模型<sup>[2]</sup>在评价具有多输入多输出决策单元 DMU 的相对有效性时最常使用, 但其不足是经常出现有效 DMU 过多而使评价方法失效的现象<sup>[3]</sup>. 锥比率 CCWH 模型<sup>[4]</sup>的提出可以较好的缓解有效 DMU 过多现象的发生, 而且偏好锥的选取可以体现评价偏好. 构造偏好锥较常见的方法是 AHP<sup>[5-6]</sup>, 它根据评价者的主观偏好来构造指标权重的两两比较判断矩阵, 进而形成多面闭凸锥作为 CCWH 模型中对权重的约束锥. 该方法完全依据主观偏好来构造判断矩阵, 过于依赖评价者的主观判断, 特别是当评价者为单一个体时, 严重影响了 DEA 评价结果的客观性. 另外, AHP 判断矩阵的构造是以评价者掌握各项指标的相对重要程度这一先验信息, 以及判断矩阵满足一致性要求为前提的, 在评价者不具有先验信息, 或由于指标体系较为复杂而使得一致性难以满足的情况下, 采用 AHP 构造偏好锥就比较困难了. 采用群组决策 DEA 模型<sup>[7]</sup>可以使评价者在不具备先验信息的条件下得出指标权重的集体偏好用于构造偏好锥, 且避免了使用 AHP 构造判断矩阵时一致性检验问题. 但该模型对 DMU 的输入和输出变量分别构建偏好锥, 不满足供应商评价这一本质上属于多属性决策问题对所有评价指标统一综合考虑的要求, 另外该模型无法解决可能同时出现多个有效 DMU 的问题.

针对上述问题, 文中扩展群组决策 DEA 偏好锥的概念, 提出一种通信设备供应商评价的群组统一偏好锥 DEA 方法, 并通过引入虚拟理想供应商即理想 DMU 概念对模型进行改进. 利用该 DEA 模型, 结合通信设备供应商评价的指标体系, 进行了案例分析.

## 1 通信设备供应商评价指标体系

探讨供应商评价指标体系构建的相关文献很多, 一般都从多种角度多个层次构建包含多项指标的全面评价体系, 但目前针对通信设备供应商评价指标体系构建的文章还较少. 文献 [8] 在对诸多供应商评价选择文献进行比较综述后识别出 183 个用于评价待选供应商的指标, 并将其归为 8 类: 财务、人力资源管理、企业特征、知识技术获取和管理、市场、组织竞争力、产品研发生产和物流管理、关系构建和合作. 文献 [9] 则提出了一个供应商评价的 3 层次指标体系, 第 1 层从收益、机会、成本、风险 4 个角度考虑供应商的能力, 第 2 层则将能力划分为质量、柔性、配送、技术、共同成长、关系构建、产品成本、关系成本、供应能力限制、供需限制及供应商概况等 11 个考察方面, 第 3 层更将这些方面细化为 38 个指标以对供应商进行全面评价. 文献 [10] 在参考 Dickson 提出的供应商选择的 23 条准则的基础上, 建立了一个包含 22 项评价指标的供应商评价指标体系. 文献 [11] 则直接从投入产出角度考察供应商评价指标的构建, 提出了包含 5 项投入和 9 项产出的供应商评价指标体系. 文献 [12] 指出通信企业为提升自身竞争力, 在选择供应商时主要应考虑供应商提供产品的价格是否有利于通信企业提供更经济的服务, 供应商提供的维修服务是否有利于通信企业更好的满足客户的需求, 为此提出了 6 项评价指标: 产品价格、产品质量、相关服务、配货时间、企业制度、履约时间. 文献 [13] 结合通信设备制造业特点提出了 1 个包括企业规模、研发能力、销售能力、盈利能力等 4 个一级指标, 总资产、研发经费强度、研发人员素质、销售增长率、资产收益率等 13 个 2 级指标在内的通信设备制造业评价指标体系. 综合现有研究成果, 考虑通信行业特点, 提出如图 1 所示的通信设备供应商评价指标体系, 从产品供应能力和企业竞争力 2 个方面对供应商进行评价.

该指标体系中定量指标包括越小越优的成本型指标: 产品平均价格  $x_1$ 、平均交货期  $x_2$ 、采购费用和产品价值比率  $x_3$ 、运输费用和产品价值比率  $x_4$ 、单位重量距离运费  $x_5$ 、实际生产能力与设计能力比率  $x_6$ 、客户投诉率  $x_7$ , 以及越大越优的效益型指标: 产品合格率  $y_1$ 、按期交货比率  $y_2$ 、紧急供货能力  $y_3$ 、扩大供货能力  $y_4$ 、运力利用能力  $y_5$ 、货物运输正点率  $y_6$ 、市场占有情况  $y_9$ 、总资产利润率  $y_{10}$ 、资金周转率  $y_{11}$ 、运营网络覆盖率  $y_{12}$  等 17 项, 而定性指标包括生产技术水平  $y_7$ 、研发能力  $y_8$ 、管理规范程度  $y_{13}$ 、同行信誉度  $y_{14}$ 、客户

关系管理能力  $y_{15}$ 等 5 项. 定量指标中的成本型指标用  $x$  表示, 效益型指标用  $y$  表示, 而定性指标按照评语集采取打分的方式度量, 分数越高越优, 因此也用  $y$  表示.

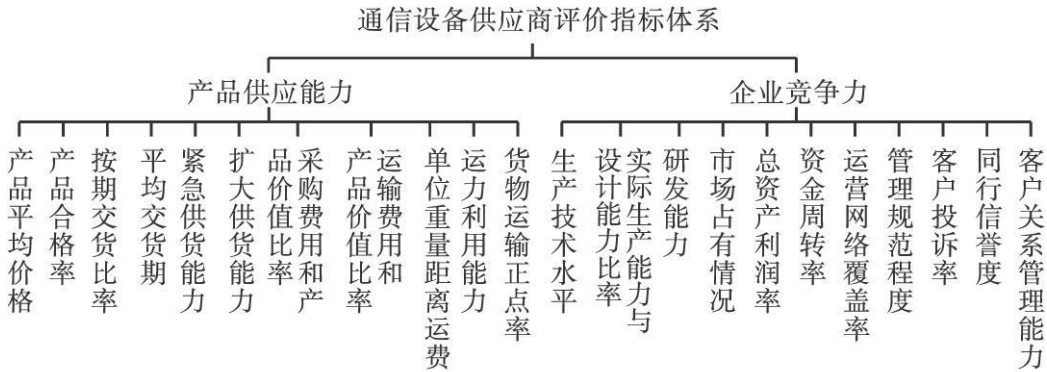


图1 通信设备供应商评价指标体系  
Fig.1 Evaluation index system for communication equipment supplier

## 2 群组统一偏好锥 DEA 模型

### 2.1 群组统一偏好信息的获取集结与偏好锥的构造

构建带有偏好锥的 DEA 模型之前需要首先获取偏好信息, 然后利用群组决策方法将信息集结以构造对指标权重进行限制的约束锥. 偏好信息获取和集结的思路如下:

第 1 步, 利用 CCR 模型求解每个 DMU 的相对效率及对应的权重向量, 输入指标 (指标值越小越优)  $X$  的权重向量用  $V = (v_1, \dots, v_m)$  表示, 输出指标 (指标值越大越优)  $Y$  的权重向量用  $U = (u_1, \dots, u_s)$  表示, 此时各 DMU 都从最大化自身效率值出发选取各自的权重向量.

第 2 步, 分别对每个 DMU 的输入输出对应的权重系数进行两两比较, 构成权重系数比较矩阵, 设有  $n$  个 DMU, 则可构成  $n$  个比较矩阵, 其中第  $k$  个 DMU 的比较矩阵为  $A_k$ . 不失一般性, 可设第  $i$  个输入或输出即第  $i$  个指标对应的权重用  $w_i$  表示, 所有指标对应的权重向量用  $W = (w_1, \dots, w_m, w_{m+1}, \dots, w_s)$  表示, 第  $k$  个 DMU 的第  $i$  个和第  $j$  个指标比较的相对重要程度比值为  $a_{ijk} = w_i / w_j, i = 1, \dots, m + s, j = 1, \dots, m + s, k = 1, \dots, n$ .

此时有定义 1: 若  $a_{ijk} = 1$  则称 DMU<sub>k</sub> 的指标  $i$  和指标  $j$  同等重要; 定义 2 若  $a_{ijk} > 1$  则称 DMU<sub>k</sub> 的指标  $i$  较指标  $j$  重要; 定义 3 若  $a_{ijk} = 1/a_{jik}$ , 则称判断矩阵  $A_k$  具有对称性, 定义 4 若  $a_{ijk} = a_{ikl} \times a_{ljk}$ , 则称判断矩阵  $A_k$  具有一致性. 由于对于每个 DMU 利用 CCR 模型一次计算所得的权重向量  $V$  和  $U$  是确定的, 所以判断矩阵  $A_k$  同时满足对称性和一致性.

第 3 步, 运用几何平均方法, 将各 DMU 的权重系数比较值进行集结形成综合判断矩阵  $A = [a_{ij}]_{(m+s) \times (m+s)}$ , 其中  $a_{ij} = \prod_{k=1}^n a_{ijk}^{1/n}$ .

$$\text{此时由于 } a_{ji} = \prod_{k=1}^n a_{jik}^{1/n} = \prod_{k=1}^n \left( \frac{1}{a_{ijk}} \right)^{1/n} = \left[ \prod_{k=1}^n (a_{ijk})^{1/n} \right]^{-1} = \frac{1}{a_{ij}}, \text{ 以及 } \frac{a_{ij}}{a_{il}} = \frac{\prod_{k=1}^n a_{ijk}^{1/n}}{\prod_{k=1}^n a_{ilk}^{1/n}} =$$

$$\prod_{k=1}^n \left( \frac{a_{ijk}}{a_{ilk}} \right)^{1/n} = \prod_{k=1}^n a_{ikl}^{1/n} = a_{il}, \text{ 因此综合判断矩阵 } A \text{ 也同时满足对称性和一致性.}$$

第 4 步, 求解综合判断矩阵  $A$  的最大特征值  $\lambda$  并令  $C = A - \lambda E$ , 其中  $E$  为  $m + s$  阶单位矩阵, 构造如式 (1) 所示的多面闭凸锥  $B$ , 称之为群组统一偏好锥

$$B = \left\{ W \mid CW \geq 0, W = (w_1, \dots, w_{m+s})^T \geq 0 \right\} \quad (1)$$

## 2.2 带有偏好锥的改进 DEA 模型

将群组统一偏好锥引入 CCWH 模型, 对指标权重加以一定限制, 形成带有偏好锥的 DEA 模型如规划 (2) 所示.

$$\begin{aligned} \max \theta_{j_0} &= U^T Y_{j_0} \\ \text{s.t. } V^T X_j - U^T Y_j &\geq 0 \quad j = 1, \dots, n \\ V^T X_{j_0} &= 1 \\ V &\in B, U \in B \end{aligned} \quad (2)$$

若该模型最优解  $V^*$  和  $U^*$  满足式 (3), 则称当前被评价 DMU 为弱 DEA 有效, 否则称为 DEA 无效; 若该模型最优解  $V^*$  和  $U^*$  在满足式 (3) 的同时还满足式 (4), 则称当前被评价 DMU 为 DEA 有效.

$$\theta_{j_0} = U^{*T} Y_{j_0} = 1 \quad (3)$$

$$V^* \in \text{in}B, U^* \in \text{in}B \quad (4)$$

利用上述模型求解 DMU 相对效率值时, 若评价指标数目较多而 DMU 个数相对较少, 一般即  $n < 2(m + s)$  时, 可能出现有效 DMU 数量过多而使评价失效的现象. 为避免该问题的出现, 可以在模型中引入一个理想 DMU, 即一个虚拟理想供应商. 设对于每一个输入  $i, i = 1, \dots, m$ , 所有 DMU 的输入的最小值为  $x_{\min i}$ , 这些最小输入构成了理想 DMU 的输入向量  $X_{\min} = (x_{\min 1}, \dots, x_{\min m})$ , 同理, 对于每一个输出  $j, j = 1, \dots, s$  所有 DMU 的输出的最大值为  $y_{\max j}$ , 这些最大输出构成了理想 DMU 的输出向量  $Y_{\max} = (y_{\max 1}, \dots, y_{\max s})$ , 由此可得理想 DMU 的评价指标为  $(X_{\min}, Y_{\max})$ . 该理想 DMU 因为选取了所有 DMU 的最小输入和最大输出, 其相对效率是一个理想状态, 效率指数设为  $\theta' = U^T Y_{\max} / V^T X_{\min}$ , 以该效率指数最大化为目标构造带有偏好锥的改进 DEA 模型如规划 (5) 所示.

$$\begin{aligned} \max \theta' &= U^T Y_{\max} \\ \text{s.t. } V^T X_j - U^T Y_j &\geq 0 \quad j = 1, \dots, n \\ V^T X_{\min} - U^T Y_{\max} &\geq 0 \\ V^T X_{\min} &= 1 \\ V &\in B, U \in B \end{aligned} \quad (5)$$

该模型求解的理想 DMU 必定是有效的, 其相对效率值为 1. 求解该模型所得最优解  $V^*$  和  $U^*$  是使理想 DMU 达到有效意义下确定的, 在这个意义下计算出的权重对于所有 DMU 是合理适用的, 因此可将其作为计算其他 DMU 相对效率值的公共权重. 定义第  $j$  个 DMU 的相对效率指数为  $\theta_j = U^{*T} Y_j / V^{*T} X_j, j = 1, \dots, n$ . 按照该效率指数即可对全部供应商进行评价排序和择优.

## 3 案例分析

采用第 2 节提出的评价指标体系, 对 10 个通信设备供应商进行评价排序和择优, 指标体系中 17 项定性指标的数据通过历史数据统计获得, 5 项定性指标则由专家按照如下评语集和量化分值对应关系给出: 评语集 = {很好, 较好, 一般, 较差, 很差}, 对应分值分别为 0.9, 0.7, 0.5, 0.3, 0.1. 处于相邻 2 种评语之间的定性评价则用该 2 种评语对应分值之间的分值表示. 为计算和表示方便, 对定量指标下的数据进行归一化处理使之属于 0~1 范围. 成本型指标下的数据作为群组统一偏好锥 DEA 模型的输入, 效益型指标下的数据则作为模型的输出. 10 个供应商的评价数据如表 2 所示.

根据第 3 节提出的方法, 首先利用 CCR 模型对 10 个供应商的效率值和指标权重进行计算; 其次分别对每个供应商的指标权重进行两两比较得到 10 个判断矩阵; 然后将 10 个判断矩阵集结成为综合判断矩阵  $A$  并对其进行处理得到矩阵  $C$ ; 再次根据矩阵  $C$  构造偏好锥  $B$ , 利用带偏好锥且包含理想 DMU 的改进 DEA 模型计算各供应商的效率值和指标权重; 最后利用效率值为 1 的理想供应商的指标权重, 对 10 个供应商的效率值重新进行计算, 获得每个供应商的效率值以作为评价排序和择优的依据, 10 个供应商和虚拟理想供应商的效率值及其排序情况如表 3 所示. 由表 3 可以看出, 利用论文提出的模型, 可以获得在统一标准

(即公共权重)下的所有供应商的效率分值及完全排序.

表 1 供应商评价数据  
Tab 1 Evaluation data for supplier

供应商	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
输入	$x_1$	0.76	0.71	0.78	0.75	0.82	0.92	0.72	0.69	0.87	0.55
	$x_2$	0.89	0.58	0.46	0.69	0.50	0.89	0.49	0.70	0.87	0.88
	$x_3$	0.99	0.65	0.72	0.74	0.61	0.61	0.79	0.91	0.62	0.60
	$x_4$	0.98	0.96	0.68	0.74	0.72	0.93	0.57	0.61	0.66	0.71
	$x_5$	0.86	0.75	0.93	0.96	0.71	0.99	0.95	0.90	0.77	0.68
	$x_6$	0.29	0.47	0.99	0.34	0.26	0.59	0.93	0.76	0.54	0.28
	$x_7$	0.89	0.94	0.77	0.98	0.75	0.78	0.93	0.77	0.76	0.70
输出	$y_1$	0.98	0.41	0.76	0.41	0.72	0.71	0.82	0.51	0.72	0.41
	$y_2$	0.77	0.94	0.89	0.97	0.97	0.99	0.88	0.80	0.76	0.79
	$y_3$	0.25	0.52	0.53	0.25	0.61	0.32	0.69	0.60	0.32	0.19
	$y_4$	0.75	0.50	0.68	0.49	0.37	1.00	0.95	0.90	0.57	0.75
	$y_5$	0.87	0.89	0.87	0.93	0.86	0.88	0.88	0.84	0.81	0.80
	$y_6$	0.58	0.89	0.75	0.76	0.58	0.95	0.95	0.49	0.88	0.94
	$y_7$	0.70	0.80	0.90	0.80	0.90	0.80	0.90	0.70	0.80	0.90
	$y_8$	0.90	0.80	0.80	0.50	0.60	0.80	0.60	0.90	0.70	0.60
	$y_9$	0.74	0.12	0.65	0.57	0.13	0.33	0.46	0.90	0.53	0.37
	$y_{10}$	0.92	1.00	0.80	0.93	0.65	0.91	0.93	0.86	0.81	0.88
	$y_{11}$	0.76	0.94	0.95	0.79	0.99	0.96	0.89	0.88	0.98	0.83
	$y_{12}$	0.60	0.71	0.96	0.94	0.96	0.63	0.88	0.83	0.62	0.99
	$y_{13}$	0.80	0.70	0.70	0.80	0.90	0.80	0.70	0.90	0.90	0.80
	$y_{14}$	0.80	0.70	0.60	0.80	0.70	0.80	0.90	0.80	0.90	0.90
	$y_{15}$	0.80	0.60	0.30	0.50	0.70	0.50	0.90	0.70	0.60	0.40

表 2 各供应商的效率值及排序情况  
Tab 2 Efficiency scores and rankings for each supplier

供应商	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	理想供应商
效率值	0.674	0.412	0.233	0.518	0.708	0.359	0.273	0.314	0.378	0.625	1.000
排序	2	5	10	4	1	7	9	8	6	3	-

## 4 结 论

构建合理的评价指标体系并采用科学的综合评价方法,对通信设备供应商进行评价排序和择优,对于通信企业的发展具有重要的实际意义,对于评价方法的发展也具有重要的理论价值.论文主要进行了以下工作:

1)借鉴 CCWH 模型偏好锥的概念,结合群组决策方法,提出了群组统一偏好锥的概念,给出其构造方法;

2)将该偏好锥和理想 DMU 概念引入 DEA 模型中,构建了群组统一偏好锥 DEA 模型,该模型的特点在于,使评价者在不具备先验信息的条件下获得指标权重的集体偏好用于构造偏好锥,可以避免对判断矩阵进行一致性检验,还可以缓解有效 DMU 过多而使评价失效的问题.

3)将该模型应用于通信设备供应商的评价排序和择优问题,通过案例计算和分析,说明该方法在通

信设备供应商评价领域具有可行性和实用性.

### 参考文献:

- [1] Chames A, Cooper W W, Rhodes E. Measuring the Efficiency of Decision Making units[J]. European Journal of Operational Research, 1978, 2(6): 429-444
- [2] Wei Q L. The Data Envelopment Analysis (DEA) [M]. Science Publishers Beijing, 2004: 26-35.
- [3] Wang K, Wei F J. DEA Based Multiple Criteria Evaluation and the Cross Efficiency Method for Units Ranking[A]. 2008 International Conference on Management Science and Engineering 15th Annual Conference Proceedings[C] // Piscataway: Institute of Electrical and Electronics Engineers Computer Society, 2008: 161-166
- [4] Chames A, Cooper W W, Wei Q L, et al. Cone Ratio Data Envelopment Analysis and Multi-Objective Programming[J]. International Journal of Systems Science, 1989, 20(7): 1099-1118
- [5] Wu Y H, Zeng X Y, Song J W. A DEA Model with AHP Restraint Cone[J]. Journal of Systems Engineering, 1999, 14(4): 330-333.
- [6] Ma Z X, Lv X M. Study on Sample Data Envelopment Analysis Method with Restraint Cone[J]. Systems Engineering and Electronics, 2007, 29(8): 1275-1281.
- [7] Wang Y, Feng Y J, Zhuang S Y. Research on the Cone Ratio DEA Model Based on Group Decision[J]. China Soft Science, 2004(10): 140-142, 155.
- [8] Lin C R, Chen H S. A Fuzzy Strategic Alliance Selection Framework for Supply Chain Partnering Under Limited Evaluation Resources[J]. Computers in Industry, 2005, 55(2): 159-179.
- [9] Lee A I. A fuzzy Supplier selection model with the consideration of benefits, opportunities, costs and risks[J]. Expert Systems with Applications, 2009, 36(2): 2879-2893.
- [10] He H T, Hu D W, Cui Y L. Vendor Evaluation Method Based on DEA/AHP[A]. Proceedings of the 6th International Conference of Transportation Professionals[C] // Dalian: Dalian University of Technology Press, 2006: 788-793.
- [11] Zou X M, Li C D. Vendor Evaluation Based on Effective Rank in DEA Model[J]. Journal of Jinan University (Natural Science), 2008, 29(1): 54-58.
- [12] Sanlı O, Selin S K, Elif I. Long Term Supplier Selection Using a Combined Fuzzy MCDM Approach: A Case Study for a Telecommunication Company[J]. Expert Systems with Applications, 2009, 36(2): 3887-3895.
- [13] Chen S Z, Wang Z J. Grey Correlation Model of Competitiveness of Communication Equipment Manufacturing and Its Application[D]. Wuhan: Huazhong University of Science & Technology, 2006: 12-16.