

基于 AHP 和 VIKOR 算法的评标方法研究

刘鸿雁¹, 阎涛², 王光远³

(1. 华北电力大学 经济管理系, 河北 保定 071003; 2. 华电国际十里泉发电厂, 山东 枣庄 277000;

3. 巨鹿县供电公司, 河北 巨鹿, 050023)

摘要:多目标决策模型可用来解决竞争环境下的工程评标问题。为解决相互冲突和不同量纲属性间的工程评标问题, 本文用 VIKOR 算法评选出中标单位, 以 AHP 方法确定指标体系的权重。VIKOR 算法最大化了群体效益并最小化了负面影响, 所以其妥协解可被决策者接受。最后, 以一个实例说明了该算法在工程评标中的应用, 结果显示该方法是有效的, 可较精确地展现投标单位的技术和经济实力。

关键词:层次分析法; VIKOR; 多属性决策; 工程评标

中图分类号: F293.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-980X(2009)05-0032-03

评标工作是工程招投标的重要环节, 其任务是在综合评议投标单位的报价、工期、施工组织设计、以往的综合业绩(近 3~5 年的经营情况和近年业绩)、质量目标等主要指标的基础上, 评选出最佳投标单位。上述评标指标中既有定量指标, 又有定性指标, 难以将其统一起来进行评价, 这是招投标工作中的难点^[1]。

目前, 我国用于工程评标的方法很多, 如模糊综合评价方法^[2]、层次分析法(AHP)^[3-4]、主成分分析方法^[5]、TOPSIS 法^[6]、数据包络分析方法(DEA)、神经网络方法等。但是, 这些方法有的过于简单, 有的过于复杂, 其解决问题的思路要么只考虑各指标的总体满意程度(即最大群体效益), 要么只考虑选择错误方案带来的后悔程度(最小化个体遗憾), 所以这些方法不宜使用。而 VIKOR 算法采用线性规范化方法, 并考虑了决策者的效用偏好, 其最大特色就是折中考虑了最大化群体效益和最小化反对意见的个别遗憾, 属于多属性决策中最优化妥协解方法。虽然 VIKOR 算法与 TOPSIS 法有相似之处, 但它在数据的标准化等方面做了改进。本文通过采用 VIKOR 算法, 对投标单位进行评选, 并采用 AHP 方法计算指标权重, 最后以一个实例来验证这种方法在工程评标中的有效性。

1 基于 AHP 和 VIKOR 算法的评标方法

1.1 VIKOR 算法原理

收稿日期: 2009-02-10

基金项目: 河北省教育厅项目(DZ080240)

作者简介: 刘鸿雁(1971—), 女, 河北保定人, 华北电力大学经济管理系副教授, 硕士生导师, 博士, 研究方向: 工程管理、公司治理; 阎涛(1985—), 男, 山东济宁人, 硕士, 研究方向: 工程管理; 王光远(1981—), 男, 河北巨鹿人, 巨鹿县供电公司信息中心主任, 工程师, 研究方向: 工程管理及信息技术。

VIKOR 是 Opricovic 提出的一种多属性决策方法^[7], 属于一种多属性决策中最佳化妥协解方法, 也是一种基于理想点法的决策方法。VIKOR 的基本观念在于首先界定理想解(positive - ideal solution)与负理想解(negative - ideal solution)。理想解是指各备选方案在各评估准则中的最佳值; 负理想解就是各方案在各评估准则中的最差者。然后根据各备选方案的评估值与理想方案的接近程度来排列方案之间的优先顺序。VIKOR 采用了由 L_p -metric 发展而来的聚合函数, 如式(1)所示。

$$L_{pj} = \left\{ \sum_{i=1}^n [w_i (f_i^* - f_{ij}) / (f_i^* - f_i^-)]^p \right\}^{1/p} \quad (1)$$

式(1)中: j 为投标单位编号, i 为评估准则编号, f_{ij} 表示为第 j 个投标单位的第 i 个评价值, f_i^* 和 f_i^- 分别表示为正理想解和负理想解, p 为聚合函数的距离参数(一般为 1、2 或 ∞ , 本文取 1), n 为准则个数, w_i 为评估准则 i 的权重, 测度 L_{pj} 代表方案 a_j 到理想解的距离。 f_i^* 和 f_i^- 的计算方法如式(2)和式(3)所示。

$$f_i^* = [(\max_j f_{ij} | i \in I_1), (\min_j f_{ij} | i \in I_2)] \quad \forall i; \quad (2)$$

$$f_i^- = [(\min_j f_{ij} | i \in I_1), (\max_j f_{ij} | i \in I_2)] \quad \forall i. \quad (3)$$

式(2)和式(3)中: I_1 表示效益型准则集合; I_2 表示成本型准则集合; $1 \leq p \leq \infty$; $j = 1, 2, \dots, J$ 。由于 VIKOR 采用的是这种规划法, 因此, 其最大特色就是最大化群体效益和最小化负面影响, 其妥协解易于被决策者接受。

以一个两属性的评判准则为例说明 VIKOR 的妥协解,如图 1 所示。

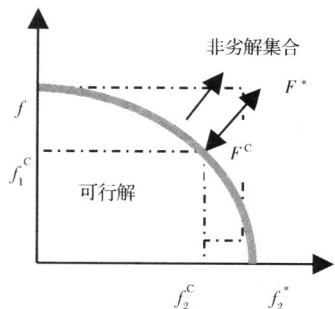


图 1 VIKOR 的妥协解示意图

图 1 中, f_1^* 和 f_2^* 分别表示第一项准则和第二项准则的理想解,妥协解 F^c 是所有解中最接近最优解 F^* 的解,它是两准则相互妥协的结果,相应的妥协量分别为 $f_1^* - f_1^c$ 和 $f_2^* - f_2^c$ 。

1.2 VIKOR 算法步骤

1) 根据式(2)和式(3),计算各指标的正理想解和负理想解。

2) 计算各投标单位的群体效益 (S_j) 值和个别遗憾 (R_j) 值。 S_j 和 R_j 分别由式(4)、式(5)计算得出。

$$S_j = \sum_{i=1}^n w_i (f_i^* - f_{ij}) / (f_i^* - f_i^-) \quad \forall j; \quad (4)$$

$$R_j = \max_i [w_i (f_i^* - f_{ij}) / (f_i^* - f_i^-)] \quad \forall j. \quad (5)$$

式(4)、式(5)中: w_i 表示第 i 个指标的权重,可由 AHP 计算得到; S_j 代表备选方案的群体效益, S_j 值越小,群体效益越大; R_j 值代表个别遗憾, R_j 值越小,个别遗憾越小。

3) 计算各方案产生的利益比率 Q 。 Q 可由式(6)计算得到。

$$Q_j = v(S_j - S^*) / (S^- - S^*) + (1 - v)(R_j - R^*) / (R^- - R^*) \quad \forall j. \quad (6)$$

式(6)中: $S^* = \min_j S_j$; $S^- = \max_j S_j$; $R^* = \min_j R_j$; $R^- = \max_j R_j$; v 表示决策机制系数,若 v 大于 0.5,则表示根据最大化群体效益占比较大的方式来制定决策;若 v 近似 0.5,则表示根据均衡折中的方式来制定决策;若 v 小于 0.5,则表示根据最小化个别遗憾占比较大的方式来制定决策。在 VIKOR 中,我们设定 v 为 0.5,即均衡折中以使群体效用最大化和负面影响最小化。

4) 根据 Q_j 、 S_j 和 R_j ,分别对投标单位排序。

5) 当以下两个条件满足时,可依据 Q_j 的大小进行排序, Q_j 最小的为中标单位。

条件 1:可接受的利益门槛条件为 $Q'' - Q' \geq 1/(J - 1)$ 。

这里 Q'' 为根据 Q 值排序出第二个方案的 Q 值, Q' 为根据 Q 值排序第一的方案的 Q 值, J 为投标单位的数目。门槛条件表示排序只差一位的两个方案之间的利益比率 (Q_j) 之差必须超过 $1/(J - 1)$ 的门槛值时,才能确定排序第一的方案的确显著地优于排序第二的方案。当有多个方案时,可依次比较排序第一、第二、第三等方案之间是否符合条件 1。

条件 2:可接受的决策可靠度。

根据 Q 值排序后,排序第一的方案 S 值必须比排序第二的 S 值表现好,或其 R 值必须比排序第二的 R 值好。当有多个方案时,依次比较排序第一、二、三等方案之间是否符合条件 2。

评判准则:若排序第一的方案和排序第二的方案彼此之间的关系同时符合条件 1 和条件 2,则认为排序第一的方案为最优方案。若排序第一的方案和排序第二的方案彼此之间的关系只符合条件 2,则认为这两个方案为最优方案。若排序第一的方案同时和其他方案之间均不符合条件 1,而只符合条件 2,则认为这些不符合条件 1 的方案都为最优方案。

1.3 采用层次分析法(AHP)确定权系数

层次分析法(AHP)是一种实用的、将定性问题定量化的决策方法,基本步骤如下:

1) 确定指标体系,分析各因素关系,建立递阶层次结构,判断尺度如表 1 所示。

2) 确立每层各要素的重要程度,将其重要程度两两比较,得出该层序列的判断矩阵。设判断矩阵为 A ,则有如式(7)所示的关系。

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \dots & & \dots \\ a_{n1} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{a_1}{a_1} & \dots & \frac{a_1}{a_n} \\ a_1 & \dots & a_n \\ \dots & & \dots \\ \frac{a_n}{a_1} & \dots & \frac{a_n}{a_n} \end{pmatrix}. \quad (7)$$

将判断矩阵 A 的两边同时乘以特征向量 W^T , 其中 $W = (w_1, w_2, \dots, w_n)$, 则有 $A(W)^T = \lambda_{\max} B(W)$, 得到关系式 $|A - \lambda_{\max} I| = 0$, 再计算判断矩阵 A 的特征向量和最大特征根,便可求得同层间的单权重系数。

表 1 因素 i 与因素 j 相对重要程度的判断尺度

重要性程度	定义
1	因素 i 与因素 j 同等重要
3	因素 i 比因素 j 略重要
5	因素 i 比因素 j 重要
7	因素 i 比因素 j 重要得多
9	因素 i 比因素 j 绝对重要
2,4,6,8	介于以上两种判断之间状态的标度

3) 一致性检验。AHP 需要使用公式 $CR = CI/RI$ 进行一致性检验,以避免过大的误差。其中, CI 为判断矩阵 A 的一般一致性检验指标, $CI = (\lambda_{\max} - n)/(n - 1)$, $\lambda_{\max}$ 为最大特征根; n 为判断矩阵阶; RI 可由表 2 查得。

表 2 判断矩阵 A 的随机一致性指标

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RI	0	0	0.58	0.96	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

若 $CR < 0.1$,便可认为该判断矩阵 A 令人满意;否则,再对 A 进行调整,直到 $CR < 0.1$ 为止。

4) 采用上述方法,可求得各层因素权重向量的值。

2 应用实例

某工程有 4 家施工企业 B_1 、 B_2 、 B_3 、 B_4 竞标,工程评标的指标层次结构如图 2 所示,4 家企业的各项指标评价价值如表 3 所示。通过两两比较,得到工程评标指标的判断矩阵,确定各指标值的权系数,如表 4 所示。

表 3 4 家施工企业的各项指标评价价值

施工企业	投标报价 (万元)	施工设计 (得分)	综合业绩 (得分)	质量因素 (得分)	工期 (月)
B_1	750	90	75.8	50	10
B_2	930	86	79.8	64	7
B_3	980	84	88.1	50	8
B_4	790	88	87.3	70	10

表 4 $Q-A$ 总评价矩阵的计算结果

$Q-A$	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	权重
A_1	1	6	3	8	8	0.512
A_2	1/6	1	1/5	4	3	0.104
A_3	1/3	5	1	7	6	0.292
A_4	1/8	1/4	1/7	1	1/3	0.035
A_5	1/8	1/3	1/6	3	1	0.057
$\lambda_{\max} = 5.3689$; $CI = 0.0922$; $CR = 0.082 < 0.1$,满足一致性检验						

由于原始数据相互之间具有不同量纲与不同的数量级,因此有必要对原始指标值进行无量纲化处理。VIKOR 算法采用线性规范化的方法消除指标间的无量纲化,如式(8)、式(9)所示。

对于效益型指标,即越大越好的指标,

$y_{ij} = x_{ij}/\max_i(x_{ij})$; (8)

对于成本型指标,即越小越好的指标,

$y_{ij} = \min_i(x_{ij})/x_{ij}$ 。 (9)

由式(8)、式(9)可得到规范化决策矩阵,如下:

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 0.86 & 0.71 & 0.7 \\ 0.81 & 0.96 & 0.91 & 0.91 & 1 \\ 0.77 & 0.93 & 1 & 0.71 & 0.88 \\ 0.95 & 0.98 & 0.99 & 1 & 0.7 \end{pmatrix}^{\circ}$$

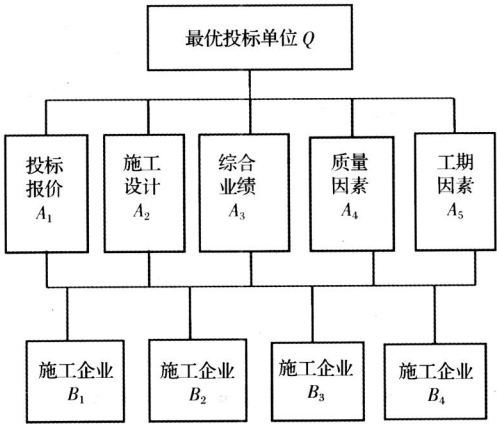


图 2 工程评标的指标层次结构

计算结果包括:1) 正理想解向量 $f^+ = (1, 1, 1, 1, 1)$, 负理想解 $f^- = (0.77, 0.93, 0.86, 0.71, 0.7)$; 2) 由 AHP 得出各指标权重向量 $w = (0.512, 0.104, 0.292, 0.035, 0.057)$; 3) 根据 VIKOR 算法,可求出 4 家施工企业的 S 、 R 、 Q 值,如表 5 所示;4) 分别按 S 、 R 、 Q 值对 4 家施工企业排序,如表 6 所示。

表 5 4 家施工企业的 S 、 R 、 Q 值

	B_1	B_2	B_3	B_4
S	0.384	0.681	0.674	0.219
R	0.292	0.423	0.512	0.111
Q	0.4042	0.8889	0.9923	0

表 6 4 家施工企业的 VIKOR 排序

	B_1	B_2	B_3	B_4
S	2	4	3	1
R	2	3	4	1
Q	2	3	4	1

5) 由 VIKOR 的条件 1,即可接受的门槛条件 $Q'' - Q' \geq 1/(J - 1) = 0.333$,除施工企业 B_2 与施工企业 B_3 之间不满足条件外, B_1 与 B_2 、 B_3 、 B_4 之间, B_2 与 B_4 之间, B_3 与 B_4 之间都满足条件 1,且 4 家施工企业间都满足条件 2,所以可判定 B_4 为中标单位、 B_1 为次优单位、 B_3 与 B_4 相差不多。但考虑到 S 值,排序结果为 $B_4 > B_1 > B_3 > B_2$ 。这一结果在实际工程评标中是可以接受的,由此证明了它的有效性。

3 结论

VIKOR 算法以最大化群体效益和最小化个体损失的思想对方案进行排序,可以得出让决策者接
(下转第 122 页)

- [6] 郭琼,杨德礼,迟国泰. 基于期权的供应链契约协调模型[J]. 系统工程,2005,23(10):1-6.

[7] 胡本勇,彭其渊,狄卫民. 基于期权的销售量担保模型[J]. 管理工程学报,2008,22(2):112-116.
- [8] 佟斌,郭琼,潘新. 基于需求预测的供应链期权式契约协调[J]. 系统工程,2006,24(11):13-18.

Study on Supply Chain Model Based on Two-stage Real Option

Ji Xiaohui,Liu Yang

(School of Economics and Management,Wuhan University,Wuhan 430072,China)

Abstract : When suppliers and venders together develop and invest in a new product ,there are two cases in single period and two-stage supply chain-trading with or without options .In this paper ,the overall objective of this study is to analyze the two situations. When considering options ,waiting-to-invest options and sales volume surety-options are introduced into both investment stage and sale stage separately. Through the analysis and the calculation of the model ,it is concluded that venders 'purchase of options cause the risk transferring to suppliers. Because more risks are undertaken when they achieve the risk compensation ,suppliers will invest in a more prudent pattern. Therefore ,trading with options between suppliers and venders is an effective way to control the overall risk of supply chain and to realize the effective allocation of funds

Key words : supply chain ;waiting-to-invest option ;sale volume surety-option ;binary tree model

(上接第 34 页)

受的妥协解。与 TOPSIS 相比,传统的 TOPSIS 考虑的是最接近的方案应该离理想解最近而离负理想解最远,然而它却没有考虑这两个理想点之间的相关性,VIKOR 算法却不需要考虑这一点,可直接对方案进行排序。本文将 VIKOR 算法与 AHP 方法相结合,并通过实例证明了其在工程评标中的有效性,这也为其他领域的评标提供了一种新方法。

参考文献

- [1] 胡国祥,肖桃李. 基于模糊优选理论的工程评标办法[J]. 建筑技术开发,2004,31(5):115-116.

[2] 李志勇,王顺洪. 基于模糊综合评判的工程评标办法[J]. 重庆建筑大学学报,2003,25(4):108-113.
- [3] 谢立,魏汝祥,张怀强. 基于 AHP 和熵的舰船维修招标项目评标方法[J]. 统计与决策,2005(12):151-153.

[4] 赵发堂,罗福周. 基于 AHP 和模糊综合评价的监理评标方法的研究[J]. 建筑技术开发,2005,32(3):112-114.

[5] 雷蕾,谭跃进. 招标评标方法的适用性研究[J]. 空军工程大学学报,2003,4(3):87-91.

[6] 苏春,董劲,张先起. 基于信息熵的 TOPSIS 模型在水利工程评标中的应用[J]. 东北水利水电,2006(1):67-69.

[7] OPRICOVIC S,TZEN G W. Gwo-Hshiung Compromise solution by MCDM methods: a comparative analysis of VIKOR and TOPSIS[J]. European Journal of Operational Research,2004,156(2):445-455.

Study on Bidding Evaluation Method Based on AHP and VIKOR Algorithm

Liu Hongyan¹,Yan Tao²,Wang Guangyuan³

(1. School of Business and Administration,North China Electric Power University,Baoding Hebei 071003,China;

2. China Electric Power Company Limited,Zaozhuang Shandong 277000,China;3. Hebei Julu Power Company,Julu Hebei 050023,China)

Abstract : Bidding evaluation and decision are important and determinant parts in construction of project bidding .In this paper ,the VIKOR algorithm is developed to solve MCDM problems with conflicting and different units criteria. Assuming that compromising is accepted for conflict resolution,VIKOR algorithm is applied to do the best selection, and the weights are given to the index system by adopting AHP method .Finally ,an example is presented to prove the validation of this algorithm in project bidding evaluation.

Key words : analytic hierarchy process ;VIKOR ;multi-criteria decision-making ;bidding evaluation