

文章编号:1002-980X(2007)09-0045-04

建设项目多目标评标的决策分析

王建春¹, 魏胜男²

- (1. 中交隧道工程局有限公司 第二工程公司, 西安 710002;
2. 武汉大学 经济与管理学院, 武汉 430072)

摘要:建设项目的招标投标在我国应用已经非常广泛,评标的方法也越来越完善,但评标指标的权重不明确仍然是限制评标过程公平公正、科学合理的关键因素。本文通过研究在评价指标的权重不确定的条件下,提出了先优化每个投标方案的综合属性值,确定评标指标权重,再进行组合赋权并对投标方案进行排序的评标多目标决策方法。该方法避免了获取偏好信息的困难,有利于科学、公平、公正地进行评标,确定中标人,且易于计算机上实现。

关键词:建设项目;评标;权重;多目标决策

中图分类号:TU723.2 **文献标志码:**A

我国建设项目的实施已逐渐与国际接轨,开展公平竞争、低耗高效已成为主流。招投标工作的关键任务是评标,评标方法的科学性直接影响评标质量及建设项目的实施。建设项目的评标范围广,包括技术、经济、社会等多方面,同时投标单位较多,技术水平、管理水平参差不齐,众多的因素使得公平公正、科学合理的确定中标人成为了一项复杂的多目标决策任务。

建设项目评标,旨在为拟建项目选择最优投标人,即对投标文件明确的工程质量、施工工期、投标价格、施工方案、投标人及项目经理业绩等,能否最大限度地满足招标文件中规定的各项要求和评价标准进行评审和比较。有关建设项目评标模型、指标体系及各指标权重的确定已有不少方法,比如模糊综合评判法、灰色多层次综合评判^[1]、方差最大化线性规划^[2]等决策方法,而且取得了比较好的效果。本文在已知评价指标的权重范围的局部信息下,提出了首先建立建设项目评标的指标体系,然后通过优化每个投标方案的综合属性值得到相应的目标权重,再进行组合赋权并对投标方案排序的评标多目标决策方法。该方法避免了获取偏好信息的困难,有利于科学、公平、公正地进行评标,确定中标人,且易于计算机上实现。

1 建设项目评标多属性决策分析

1.1 确定建设项目评标的指标体系

目前建设项目的评标指标体系有很多,但其主要指标包括质量、工期、报价、施工方案、业绩等。质量,是指内在系列特征满足要求的程度,即建设项目所在国现行的法律、法规、规范、规程、技术标准、设计文件及建设项目合同对项目的安全、适用、经济、美观等性能在规定期限内的综合要求。项目质量越高,项目成本越大,劳动消耗量也会增加。一般用优良率、合格率或满意率表示。工期,指建设项目完成的持续时间,它等于总工程量与流水强度之比,一般可用年、月或日表示。相对于正常工期而言,缩短工期(即加快项目进度)会引起直接费用的增加和间接费用的减少,反之,相对于加快的最短工期而言,延长工期(即放慢项目进度)会引起直接费用的减少和间接费用的增加。所以应慎重确定项目工期。报价,指投标书上的投标价格。《招标投标法》第41条规定在满足招标文件的条件下“合理最低价”可以作为中标价,但是对于过分低于标底总价的报价,如果投标人不能合理说明该报价的可行性,那么该报价是不应考虑的。施工方案,包括施工组织设计、重点工程主要施工方法、质量保证措施、安全保证措施和劳、材、机安排计划等。业绩,

收稿日期:2007-04-23

作者简介:王建春(1967—),男,河北张家口人,中交隧道工程局有限公司第二工程公司工程师,从事工程项目管理研究;魏胜男(1984—),女,湖北石首人,武汉大学管理科学与工程硕士研究生,研究方向:房地产经营与物业管理。

一般是指投标人在最近三年到五年内承包的业务量以及完成情况。其他。

1.2 投标人效果矩阵的确定

假设某大型建设项目的评标指标体系由 m 构成,有 n 个投标人。投标人 A_j 在指标 i 下的评价价值称为该投标人的效果值为 a_{ij} ($i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$),从而构成了投标人的效果矩阵 $A = (a_{ij})^{m \times n}$ 。

由于各指标间的不可公度性,需对效果矩阵 $A = (a_{ij})^{m \times n}$ 所有数据进行规格化处理,消除原有各指标的量纲,使各指标之间具有可比性。经规格化处理,其参数为:

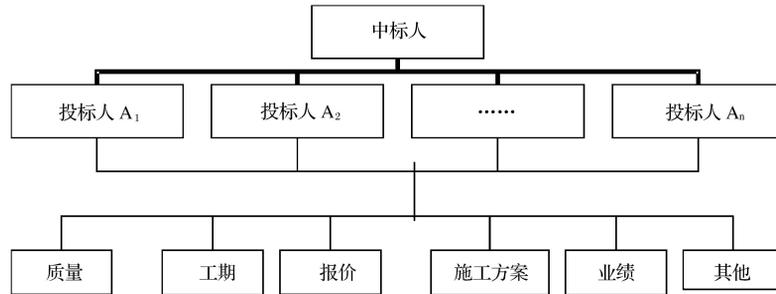


图 1 建立评标指标体系层次图

$$r_{ij} = \frac{a_{ij} - \bar{a}_i}{\sigma_i} \quad (1)$$

其中 $\bar{a}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{ij}$ $\sigma_i = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (a_{ij} - \bar{a}_i)^2}$,

$i = 1, 2, \dots, m$

利用公式将效果矩阵 A 变换为

$$R = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \dots & \dots & \ddots & \dots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{pmatrix}$$

1.3 指标权重的确定

由于在评标的过程中,很难明确指标的目标权重,一般只提供其可能的变化范围。设各指标的权重向量为 $w = (w_1, w_2, \dots, w_m)^T$,其中由专家或者层次分析法提供指标权重变化范围为: $0 \leq a_i \leq w_i \leq b_i, i = 1, 2, \dots, m, \sum_{i=1}^m w_i = 1$ 这里 b_i, a_i 分别是 w_i 的上下界。则投标人 A_j 的综合属性值为:

$$Z_j = \sum_{i=1}^m w_i r_{ij}, j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

有限个方案的多目标决策,实质上是对这些方案综合属性值的排序比较。显然,综合属性 Z_j 值越大,则其所对应的投标人 A_j 就越优。

1) 综合属性值最优的指标权重确定。在评标指标权重不确定的情况下,为使单个投标人 A_j ($j = 1, 2, \dots, n$) 的综合属性值取最优值,求其所对应的各指标权重。为此,建立下列单目标决策模型:

$$\begin{aligned} \max_{i=1}^m & w_i r_{ij} \\ \text{s. t. } & 0 \leq a_i \leq w_i \leq b_i, i = 1, 2, \dots, m, \\ & \sum_{i=1}^m w_i = 1 \end{aligned} \quad (3)$$

解此模型,将得到对应各投标人 A_j ($j = 1, 2, \dots, n$) 的最优目标权重向量 $w^{(j)} = (w_1^{(j)}, w_2^{(j)}, \dots, w_m^{(j)})^T, j = 1, 2, \dots, n$ 。

2) 综合属性值最优的指标权重矩阵。根据规范化矩阵 $R = (r_{ij})^{m \times n}$ 及权重向量 $w^{(j)} (j = 1, 2, \dots, n)$ 建立投标人综合属性值最优的指标权重矩阵即由 (3) 式计算的权重向量 $w^{(j)} (j = 1, 2, \dots, n)$ 组成的矩

$$W = \begin{pmatrix} w_1^{(1)} & w_1^{(2)} & \dots & w_1^{(n)} \\ w_2^{(1)} & w_2^{(2)} & \dots & w_2^{(n)} \\ \dots & \dots & \ddots & \dots \\ w_m^{(1)} & w_m^{(2)} & \dots & w_m^{(n)} \end{pmatrix}$$

则经 n 个权重向量 线性组合得到的组合权重向量为:

$$w = W \quad (4)$$

式中 $w = (w_1, w_2, \dots, w_m)^T$ 为组合权重向量,为待定的 $n \times 1$ 列向量且满足约束条件

$$w^T = 1 \quad (5)$$

令,则 $R = (r_1, r_2, \dots, r_n)$ 。由 (4), (5) 两式可得

$$Z_j = \sum_{i=1}^m w_i r_{ij} = w^T r_j = (W)^T r_j \quad (6)$$

我们应选择权重向量使 $w = (w_1, w_2, \dots, w_m)^T$ 得所有方案的综合属性值都尽可能大。为此,构造如下多目标决策模型:

$$\begin{aligned} \max & (Z_1, Z_2, \dots, Z_n) \\ \text{s. t. } & w^T = 1 \end{aligned}$$

由于对每个投标人的综合属性值事先并不存在任何偏好关系。因而,上述多目标决策模型可转化为等权的单目标决策问题:

$$\begin{aligned} & \max Z^T Z \\ & \text{s. t. } \quad T = 1 \end{aligned}$$

式中 $Z = (Z_1, Z_2, \dots, Z_n)^T$ 。记 $f(\lambda) = Z^T Z - \lambda(T - 1)$, 则由(10)式得

$$f'(\lambda) = Z^T Z - T = -T(R^T W)^T (R^T W) \quad (7)$$

根据矩阵理论法^[3], $f(\lambda)$ 存在最大值, 其最大值是矩阵 $H = (R^T W)^T (R^T W)$ 的最大特征值 λ_{\max} , 是相应的特征向量。由于矩阵 H 是对称非负定的, 则根据非负不可约矩阵的 Perron-Frobenius^[4] 定理可知: λ_{\max} 为单根, 特征向量 $0 < \lambda < 1$ 。因此, 再由(4)

式可求出组合权向量 $w = (w_1, w_2, \dots, w_m)^T$, 并由(2)式得到各投标人综合属性值, 对投标人进行排序。

2 实例应用

某土建工程标底造价 1 854 万元, 计划工期 410 天, 各投标人情况如表 1。投标人集合 $U = \{A_1, A_2, \dots, A_7\}$, 指标集合 $V = \{\text{质量, 工期, 报价, 施工方案, 业绩}\}$ 。

表 1 投标分项指标情况表

投标人	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇
质量/分	7.6	9.3	8.5	6.6	9.8	6.2	7.4
工期/天	410	410	360	390	380	400	400
报价/万元	1 793	1 761	1 724	1 810	1 820	1 788	1 751
施工方案/分	7.8	9.5	8.8	7.2	9.6	6.6	7.6
业绩/分	7.0	6.5	3.0	6.5	9.0	4.5	5.0

注: 其中质量、施工方案由专家打分; 业绩按招标文件计算得分, 满分为 10 分

2.1 效果矩阵的确定

这是一个五指标决策问题, 根据实例所给数据

$$R = \begin{pmatrix} -0.23373 & 1.030536 & 0.435587 & -0.97742 & 1.402379 & -1.27489 & -0.38247 \\ 0.952663 & 0.952663 & -1.82593 & -0.15877 & -0.71449 & 0.396944 & 0.396944 \\ 0.43352 & -0.50022 & -1.57987 & 0.929571 & 1.221367 & 0.287622 & -0.79202 \\ -0.30781 & 1.157382 & 0.554066 & -0.82494 & 1.24357 & -1.34207 & -0.48019 \\ 0.550668 & 0.293689 & -1.50516 & 0.293689 & 1.57858 & -0.73422 & -0.47724 \end{pmatrix}$$

建立效果矩阵 A , 并根据公式(1)将效果矩阵转化为规范化矩阵为:

2.2 指标权重的确定

由专家提供的指标权重范围为:

$$\begin{aligned} & 0.1 \leq w_1 \leq 0.2 \\ & 0.05 \leq w_2 \leq 0.15 \\ & 0.4 \leq w_3 \leq 0.7 \\ & 0.15 \leq w_4 \leq 0.25 \\ & 0.03 \leq w_5 \leq 0.1 \end{aligned}$$

对于投标人 A_1 , 根据公式(3)建立单目标决策模型

$$\begin{aligned} & \max \{-0.23373w_1 + 0.952663w_2 + 0.43352w_3 \\ & - 0.30781w_4 + 0.550668w_5\} \\ & \text{s. t. } \quad 0.1 \leq w_1 \leq 0.2, \\ & \quad 0.05 \leq w_2 \leq 0.15, \\ & \quad 0.4 \leq w_3 \leq 0.7, \\ & \quad 0.15 \leq w_4 \leq 0.25, \\ & \quad 0.03 \leq w_5 \leq 0.1 \\ & \quad w_1 + w_2 + w_3 + w_4 + w_5 = 1 \end{aligned}$$

求得投标人 A_1 的综合属性值最优的指标权重向量为:

$$w^{(1)} = (w_1^{(1)}, w_2^{(1)}, w_3^{(1)}, w_4^{(1)}, w_5^{(1)})^T = (0.1, 0.15, 0.5, 0.15, 0.1)^T$$

类似的, 对于投标人 A_2, A_3, A_4, A_5 分别建立单目标决策模型, 求得相对应的最有目标权重向量 $w^{(2)}, w^{(3)}, w^{(4)}, w^{(5)}, w^{(6)}, w^{(7)}$, 向量 $w^{(j)}$ 组成矩阵

$$W = \begin{pmatrix} 0.1 & 0.2 & 0.2 & 0.1 & 0.2 & 0.1 & 0.2 \\ 0.15 & 0.12 & 0.05 & 0.05 & 0.05 & 0.15 & 0.15 \\ 0.5 & 0.4 & 0.4 & 0.67 & 0.4 & 0.57 & 0.4 \\ 0.15 & 0.25 & 0.25 & 0.15 & 0.25 & 0.15 & 0.15 \\ 0.1 & 0.03 & 0.1 & 0.03 & 0.1 & 0.03 & 0.1 \end{pmatrix}$$

计算矩阵 $H = (R^T W)^T (R^T W)$, 求得其最大特征值 λ_{\max} 及特征向量 分别为

$$\lambda_{\max} = 17.3, \quad w = (0.935, 0.839, 0.913, 1, 0.913, 0.919, 0.887)^T$$

由(4)式 $w = W$ 求出组合权向量并进行归一化处理得:

$w = (0.16, 0.1, 0.48, 0.19, 0.07)^T$, 即得到五指标各自的权重。

2.3 确定中标人

由(2)式得到各投标人的综合属性值

$Z_1 = 0.246022, Z_2 = 0.260507, Z_3 = -0.87133, Z_4 = 0.13755, Z_5 = 1.085967, Z_6 = -0.33262, Z_7 = -0.52636$

按 $Z_j (j = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7)$ 值从大到小的顺序排列, 得到投标人 A_j 的排序为

$A_5 > A_2 > A_1 > A_4 > A_6 > A_7 > A_3$

即得投标人 A_5 为中标人。

3 小结

建设项目的众多评标方法中, 总是不能回避指标权重的确定, 而往往权重的不同很大程度上决定

着最终的中标人。本文提出了在指标权重未事先确定的情况下, 根据指标权重的范围先进行局部优化再组合赋权并对投标人排序的多目标决策方法。该方法不仅避免了获取指标权重的困难, 而且利用了规范化评价的先验信息, 评价结果较为客观可靠, 为建设项目的评标提供了一种新方法, 也为解决不完全信息下多目标决策问题提供了一条新的途径。

参考文献

- [1] 高云莉. 灰色多层次综合评判模型在建设项目监理评标中的应用[J]. 基建优化, 2006, 27(4): 57-59.
- [2] 徐泽水. 多属性决策的两种方差最大化方法[J]. 管理工程学报, 2001, 15(2): 11-13.
- [3] 葛照强. 矩阵理论及其在工程技术中的应用[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1991.
- [4] AUPETIT B, GENEST C. On some useful properties of the perron eigenvalue of a positive reciprocal matrix in the context of the analytic hierarchy process[J]. European Journal of Operational Research, 1993, 70(2): 263-268.

Multi-objective Decision-making based on Appraisal Bid of Construction Project

WANG Jian-chun¹, WEI Sheng-nan²

(1. China Tunnel Second Group co. Ltd., Xian 710000, China; 2. Economic and Management College, Wuhan University, Wuhan 430072, China)

Abstract: With the application of bidding and tendering bid in construction project abroad in china, the means of appraisal bid are prone to be perfect. However, the ambiguous weight of appraisal bids index is still a crucial factor to limit the justice and rationalization in process of appraisal bid. This paper presents a multi-objective decision-making method for appraisal bid with the ambiguous weight of appraisal bids index. The method first optimizes each alternative and gives a complex weight vector, and then ranks all alternatives. This method obviates obtaining partial information and is beneficial for a scientific and just appraisal bid, which is easy to realize on computer.

Key words: construction project; appraisal bid; weight; multi-objective decision-making

(上接第 26 页)

An Empirical Research on the Synergy Effects in the Integration of Industry Chains

—The perspective of circular economy theory

LIU Hui-bo¹, HUANG Zu-hui²

(1. School of Management, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China;

2. China Academy for Rural Development, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China)

Abstract: Under the new condition of technology, the approaches for modern enterprises to win competitive advantages have gone beyond normalized management of single business unit. The competition has gradually spread to the entire industry chain, even to the system of cross-correlated multi-chains of industry. An empirical analysis was performed from the perspective of circular economy theory in this article to analyze the mechanism which induces synergy effects in the integration of industry chains.

Key words: industry chain; cooperative integration; circular economy