

DOI: 10.13476/j.cnki.nsbdtqk.2014.04.041

熵权模糊综合评判法在不平衡报价 分析中的应用

汪伦焰, 安晓伟, 李慧敏, 郭磊, 董光华

(华北水利水电大学 水利学院, 郑州 450045)

摘要: 不平衡报价是一种公认的不正当投标报价手段, 随着我国工程建设市场的竞争日益激烈, 为实现中标盈利, 不平衡报价现象时常发生, 甚至已成为企业投标报价的重要手段。不平衡报价对业主影响很大, 招投标过程, 采用不平衡报价的投标者一旦中标, 必然会使业主遭受额外的损失。从投标单价出发, 选取合适的评价基点, 给出基于熵权和模糊综合评判的不平衡报价识别方法, 并据此分析评价投标报价的不平衡性, 通过案例分析表明, 该方法能够较为客观准确地分析出各投标人投标报价的不平衡性, 可以为业主评标决策提供依据。

关键词: 熵权; 模糊综合评判; 不平衡报价; 不平衡性

中图分类号: TU 723.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-1683(2014)04-0185-04

Application of Entropy Fuzzy Comprehensive Evaluation Method in the Analysis of Unbalanced Bids

WANG Lunnan, AN Xiaowei, LI Huimin, GUO Lei, DONG Guanghua

(College of Water Conservancy, North China University of Water Resources and Electric Power, Zhengzhou 450045, China)

Abstract: Unbalanced bid is a recognized improper way in bids. With the increasing competition of construction market in our country, unbalanced bid often happens for the realization of the bid profitability, which has become an important means of bids for the enterprise. Unbalanced bid has a great influence on the owners. During the process of bidding, the bidder who takes advantage of the unbalanced bid once wins the bidding, which can cause the owners to suffer additional losses. In this paper, according to the unit bidding price and the appropriate evaluation basis, the recognition method of unbalanced bid based on entropy weight and fuzzy comprehensive evaluation was proposed and used to analyze the imbalance of bidding. Application of the method to the case studies suggested that the method is more objective and accurate to analyze the imbalance of biddings of each bidder, which can provide basis for the owners to make decisions.

Key words: entropy weight; fuzzy comprehensive evaluation; unbalanced bids; imbalance

不平衡报价是指投标人在保持投标总报价不变的前提下, 为实现实际收益最大化, 人为地提高或降低某些分项工程单价的投标方法^[1-2]。其主要表现形式可简单概括为“早收钱”、“多收钱”和“分期收钱”。关于此, Tong 和 Lu (1992年)^[3]在《Unbalanced bidding on contracts with variation trends in client provided quantities》一文中, 有较为全面详细的分析。不平衡报价是一种公认的不正当投标报价手段, 但随着我国工程建设市场的竞争日益激烈, 为实现中标盈利, 不平衡报价现象时常发生, 甚至已成为施工企业投标报价的重要手段^[4-5]。招投标过程, 采用不平衡报价的投标者一旦

中标, 必然会使业主遭受额外的损失。关于不平衡报价的分析识别, 张英, 沈蕊文^[6]建立了收益最大化的不平衡报价数学模型, 但其边界条件过多, 实际工程很难完全满足, 应用价值不高。本文基于熵权和模糊综合评判数学模型, 从投标单价出发, 选取合适评价基点, 提出不平衡报价的识别方法, 分析评价投标报价的不平衡性, 为业主评标决策提供依据。

1 模糊综合评判

常用的评判模型有许多, 模糊综合评判法是一种十分有效的多因素决策方法, 其能够对受多种模糊因素影响的事物

收稿日期: 2014-03-22 修回日期: 2014-05-25 网络出版时间: 2014-06-13

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/doi/10.13476/j.cnki.nsbdtqk.2014.04.001.html>

基金项目: 国家自然科学基金项目(71302191)

作者简介: 汪伦焰(1968), 男, 安徽六安人, 副教授, 博士研究生, 主要从事水利水电工程建设与管理方面的工作。E-mail: wanylunyan@ncwu.edu.cn

通讯作者: 郭磊(1980), 男, 副教授, 博士, 主要从事水工结构与水利工程管理方向工作。E-mail: glboss@126.com

做出较为全面客观的评价。根据文献[7 11], 模糊综合评判的步骤为:

- (1) 确定评判因素集 $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$, 其中 u_i 为评判对象的第 i 个评判因素;
- (2) 确定评价集(或决断集) $V = \{v_1, v_2, \dots, v_m\}$, 其中 v_j 为评判对象的第 j 个评判等级;
- (3) 建立单因素评判矩阵。因素与方案之间的关系可通过建立隶属度函数确立, 常用模糊关系矩阵 $R = (r_{ij})_{n \times m}$ 表示:

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nm} \end{bmatrix} \quad i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m \quad (1)$$

式中: r_{ij} 表示评判因素 u_i 隶属于评判等级 v_j 的程度;

- (4) 确定权重集 $W = \{w_1, w_2, \dots, w_n\}$, 且有 $\sum_{i=1}^n w_i = 1$, 其中 w_i 表示第 i 个评判因素的权重;
- (5) 合成运算。选取合适的合成算子, 将权重集向量与矩阵合成, 可得到模糊综合评价结果向量。如: (\wedge, \vee) 合成运算, $B = W \circ R$;
- (6) 识别。选取相应识别原则(如: 最大隶属度原则), 对评判结果向量进行分析识别。

2 熵权模型

指标权重的确定方法有很多, 但在指标权重确定时, 人们往往多采用 AHP 法、德尔菲法、头脑风暴法等主观确定权重的方法, 因而常常会由于人的主观因素影响而使评价结果形成偏差。信息论中, 熵反映信息无序化的程度, 可用来评价所获取系统信息的效用, 即由熵权来确定指标权重。熵权确定权重的方法能尽量消除权重确定时的人为干扰, 从而使评价结果更真实可信。根据文献^[12-15], 熵权计算步骤如下:

- (1) 构建 m 个事物的 n 个评价指标的综合判断矩阵。
 $R = (x_{ij})_{m \times n} (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n)$
- (2) 将判断矩阵归一化处理, 得归一化判断矩阵 B

$$b_{ij} = \frac{x_{ij} - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (2)$$

式中: x_{\max} 、 x_{\min} 分别为不同方案中同一指标中最满意者或最不满意者。

- (3) 根据熵的定义, m 个评价事物的 n 个评价指标, 可以确定评价指标的熵值为:

$$H_i = - \frac{1}{\ln m} \left[\sum_{j=1}^m f_{ij} \ln f_{ij} \right] \quad i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m \quad (3)$$

$$f_{ij} = \frac{b_{ij}}{\sum_{j=1}^m b_{ij}} \quad (4)$$

为使 $\ln f_{ij}$ 有意义, 当 $f_{ij} = 0$ 时, 根据评价的实际意义, 可以理解 $\ln f_{ij}$ 为一较大的数值, 与 f_{ij} 相乘趋于 0, 故可认为 $f_{ij} \ln f_{ij} = 0$ 。但当 $f_{ij} = 1, f_{ij} \ln f_{ij}$ 也等于 0, 这显然与熵所反映的信息无序化程度相悖, 不切合实际, 故需对 f_{ij} 加以修正, 将其定义为:

$$f_{ij} = \frac{1 + b_{ij}}{\sum_{j=1}^m (b_{ij} + 1)} \quad (5)$$

(4) 计算评价指标熵权 W

$$W = (\omega_i)_{1 \times n}$$

$$\omega_i = \frac{1 - H_i}{n - \sum_{i=1}^n H_i}, \text{ 且满足 } \sum_{i=1}^n \omega_i = 1 \quad (6)$$

3 案例分析

现有一倒虹吸项目面向社会公开招标, 土建施工主要工程量清单见表 1。现有 6 家满足相应资质要求的施工企业投标, 各企业投标报价情况见表 2。由表 2 数据可以看出, 6 家企业投标总价相差不大, 但其个别投标单价却相差甚远, 个别

表 1 土建施工主要工程量清单

Table 1 Main engineering quantity list of civil construction

序号	名称	单位	工程量
1	土方工程		
1.1	土方开挖	m ³	89 724
1.2	土方填筑	m ³	65 463
2	砌石工程		
2.1	M7.5 浆砌石护坡	m ³	1 643
3	混凝土工程		
3.3	C30W6F150 混凝土涵洞	m ³	3 870
3.4	C10 混凝土垫层	m ³	234.7
3.5	钢筋制作安装	t	367.91
4	止排水工程		
4.2	聚乙烯闭孔泡沫板	m ³	23.13
4.3	橡胶止水带	m	843.2
5	其他工程		
5.1	土工格栅	m ²	4 356.65

表 2 企业投标报价情况

Table 2 Bidding price of enterprises

项目编号	企业 1	企业 2	企业 3	企业 4	企业 5	企业 6	评价基点
1.1	16.07	14.42	14.08	13.15	14.21	11.96	13.83
1.2	13.09	9.78	15.86	10.08	14.44	12.38	12.77
2.1	205.86	186.79	160.05	205.86	174.88	195.93	183.42
3.1	438.59	473.62	460.52	454.61	526.22	494.89	489.5
3.2	347.1	360.89	323.86	296.46	389.23	333.91	332.78
3.3	5 816.43	6 354.42	5 950.74	6 513.31	5 676.34	6 111.16	5 927.76
4.1	3 368.89	3 457.43	3 234.66	3 591.86	3 243.56	3 267.83	3 290.43
4.2	123.76	134.92	122.65	143.87	118.43	107.42	129.54
5.1	16.35	19.76	10.85	16.24	15.75	17.54	16.47
合计/万元	680.92	677.62	683.76	667.83	696.73	669.00	

注: 投标单价单位均为元。

企业存在明显的不平衡报价现象。

3.1 评价对象及评价基点的确定

投标单价是投标报价的重要组成部分,是投标报价的基础,本文以投标综合单价为研究对象。文中所谓评价基点可理解为完成工程实际所需最优成本,其可选为所有投标单位同一项目所报单价的平均值,也可请具有相应资质的单位测算出各单价项目合理单价,亦或取两者均值。本例旨在说明本方法计算过程,为计算方便,评价基点选为所有投标单位同一项目所报单价的平均值。实际评价中推荐请具有相应资质单位测算各项目合理单价,然后取投标均价及测算单价的平均值。

3.2 单因素隶属度函数的建立

工程建设存在众多不确定性,项目过程中完成工程所需实际成本受原材料价格、项目施工工艺、施工方法等影响较大。投标企业所选施工方法、施工机械等可能不同,不同投标企业同一项目投标单价也不尽相同。一般情况下我们认为投标单价在评价基点±10%范围内浮动是合理的,单价高于或低于基点10%~30%属于报价较不平衡,单价浮动范围超过30%属于不平衡报价。由此我们确定5个评价等级 v_1, v_2, v_3, v_4, v_5 以及评标系统的单因素隶属度函数:

$$C(x) = \begin{cases} 0, & \frac{x_{ij}}{x_{j0}} \leq 0.7 \\ \frac{x_{ij}/x_{j0} - 0.7}{0.9 - 0.7}, & 0.7 < \frac{x_{ij}}{x_{j0}} < 0.9 \\ 1, & 0.9 \leq \frac{x_{ij}}{x_{j0}} \leq 1.1 \\ \frac{1.3 - x_{ij}/x_{j0}}{1.3 - 1.1}, & 1.1 < \frac{x_{ij}}{x_{j0}} < 1.3 \\ 0, & 1.3 \leq \frac{x_{ij}}{x_{j0}} \end{cases} \quad (7)$$

式中: x_{ij} 为第*i*家企业*j*项工程项目的投标单价,即对应表2中第*i*家企业所列的第*j*项工程项目的投标单价, x_{j0} 为第*j*项工程项目投标单价的评价基点,为计算方便,本例采用所有企业在第*j*项工程项目的投标单价的均值,即表2中最后一列的数值, $i=1, 2, \dots, 6, j=1, 2, \dots, 9$ 。

3.3 模糊关系矩阵

由表2数据及式(7)可求得模糊关系矩阵 R :

$$R = \begin{bmatrix} 0.691 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0.824 \\ 1 & 0.329 & 0.290 & 0.447 & 0.846 & 1 \\ 0.888 & 1 & 0.863 & 0.888 & 1 & 1 \\ 0.980 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0.954 & 0.652 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0.947 & 1 & 0.646 \\ 1 & 0.501 & 0 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

3.4 熵权确定

由表2数据及式(2)~(6)可求得权重集 $W = \{0.113, 0.110, 0.108, 0.113, 0.112, 0.111, 0.110, 0.112, 0.111\}$ 。

3.5 综合评判

采用 $M(\cdot, +)$ 模型进行评判,由权重集 A 和模糊关系

矩阵 R 可求得:

$$B = AR = (0.951, 0.871, 0.796, 0.916, 0.944, 0.940)$$

3.6 识别

$$B = (b_1, b_2, \dots, b_6) = (0.951, 0.871, 0.796, 0.916, 0.944, 0.940)$$

式中, B 各分项代表企业投标报价的平衡程度,其值越大说明该企业投标报价越接近完成工程所需实际费用,投标报价越合理;反之,其值越小说明其投标报价越不平衡。式中, $b_1 > b_5 > b_6 > b_4 > b_2 > b_3$,说明企业1报价不平衡度最小,最接近完成工程所需实际费用,次之为企业5、企业6;最小值为 $b_3 = 0.796$,说明企业3投标报价最不平衡,存在不平衡报价可能性最大。

3.7 结论分析

上述案例,从投标报价信息可以看出各企业投标总价相差不大,单从投标总价分析,很难看出哪家企业报价最为合理。通过模型分析,企业1所报单价最接近完成工程实际所需费用,不平衡度最小,企业5次之。企业3报价不平衡度最大。业主可据分析评价结果来选择合适的中标单位,避免在工程建设过程中遭受不必要的损失。

4 结束语

单价合同招标投标过程中经常发生不均衡报价的情况,采用不均衡报价的承包人一旦中标,必然会使业主遭受额外损失。因此,评标时应尽量避免不均衡报价的发生。文中基于熵权和模糊综合评价的不平衡报价模型,能够全面科学的分析评价出投标报价的不平衡性。另外,本模型并不复杂,借助excel可在短时间内完成投标报价不平衡度的分析评价,为业主评标决策提供依据。

参考文献(References):

- [1] 乌云娜,郝月明.不平衡报价的量化分析及研究[J].建筑经济,2007(7):62-64.(WU Yunya,HAO Yueming.Quantitative analysis and research of unbalanced bidding[J].Construction Economy,2007(7):62-64.(in Chinese))
- [2] 汤美安,王兆瑞.不平衡报价的不平衡度分析[J].山东建筑大学学报,2008,23(3):263-265.(TANG Meian,WANG Zhaorui.Analysis of degree of unbalance in unbalanced bids[J].JOURNAL OF SHANDONG JIAN ZHU UNIVERSITY,2008,23(3):263-265.(in Chinese))
- [3] Tong YZ,Lu YJ.Unbalanced bidding on contracts with variation trends in client provided quantities[J].Journal of Construction Management and Economics,1992(10):69-80.
- [4] 苏鹏.浅析投标报价策略与技巧[J].煤炭工程,2003(7):55-57.(SU Peng.Bidding strategies and skills analyses[J].Coal Engineering,2003(7):55-57.(in Chinese))
- [5] 江青艳.浅议水电工程投标报价策略及编制技巧[J].人民长江,2009,40(10):77-78.(JIANG Qingyan.Bidding strategy and preparation techniques of hydropower projects discussion[J].Yangtze River,2009,40(10):77-78.(in Chinese))
- [6] 张英,沈蕊文.清单计价模式下不平衡报价模型的建立及应用[J].武汉理工大学学报,2008,30(5):112-116.(ZHANG Ying,SHEN Biwen.Establish and Application on Unbalanced

- Bid Model Under the Figure Pattern of the Bill of Quantities [J]. Journal of Wuhan University of Technology, 2008, 30(5): 112-116. (in Chinese)
- [7] 谢季坚. 模糊数学方法及其应用(第3版)[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2006: 148-150. (XIE Jijian. The method of fuzzy mathematics and Its Applications (Third Edition) [M]. Wu Han: Huazhong University of Science & Technology press, 2006: 148-150. (in Chinese))
- [8] 贾秀芹. 模糊数学模型在电力上市公司业绩评价中的应用[J]. 青海大学学报(自然科学版), 2006, 24(3): 73-74, 80. (JIA Xiupin. Application of fuzzy mathematics model in the evaluation of the performance of electric power listing Corporation [J]. Journal of Qinghai University (Nature Science), 2006, 24(3): 73-74, 80. (in Chinese))
- [9] 臧秀平, 李萍, 张建, 丁声铎. 改进的模糊综合评判法在评标中的应用[J]. 江苏科技大学学报(自然科学版), 2007, 21(6): 9-12. (ZANG Xiuping, LI Ping, ZHANG Jian, DING Shengduo. Application of Improved Fuzzy Integrating Assessment in Evaluation [J]. Journal of Jiangsu University of Science and Technology (Natural Science Edition), 2007, 21(6): 9-12. (in Chinese))
- [10] 杨开云, 王亮, 朱峰, 冯卫. 改进的熵权模糊评价模型在水利工程中的应用[J]. 节水灌溉, 2007(8): 60-62. (YANG Kaiyun, Wang Liang, ZHU Feng, FENG Wei. The application of improved entropy weight fuzzy evaluation model in the water conservancy project [J]. Water Saving Irrigation, 2007(8): 60-62. (in Chinese))
- [11] 张亚平, 胡章立, 刘苏. 高速公路路段通行能力模糊综合评判[J]. 公路交通技术, 2007(3): 156-158. (ZHANG Yaping, HU Zhangli, LIU Su. Fuzzy and Comprehensive Evaluation for Traffic Capacity of Expressway Sections [J]. Technology of Highway and Transport, 2007(3): 156-158. (in Chinese))
- [12] 李国良, 付强, 孙勇, 冯艳. 基于熵权的灰色关联分析模型及其应用[J]. 水资源与水工程学报, 2006, 17(6): 15-18. (LI Guoliang, FU Qiang, SUN Yong, FENG Yan. Grey relational analysis model based on weighted entropy and its Application [J]. Journal of Water Resources & Water Engineering, 2006, 17(6): 15-18. (in Chinese))
- [13] 张先起, 梁川. 基于熵权的模糊物元模型在水质综合评价中的应用[J]. 水利学报, 2005, 36(9): 1057-1061. (ZHANG Xianqi, LIANG Chuan. Application of fuzzy matter element model based on coefficients of entropy in comprehensive evaluation of water quality [J]. SHUILI XUEBAO, 2005, 36(9): 1057-1061. (in Chinese))
- [14] 唐恒, 杜发兴. 基于熵权的模糊物元水资源承载力评价模型[J]. 中国农村水利水电, 2006(12): 36-39. (TANG Heng, DU Faxing. Application of Fuzzy Matter Element Model Based on Entropy in Comprehensive Evaluation of Water Resources Bearing Capacity [J]. China Rural Water and Hydropower, 2006(12): 36-39. (in Chinese))
- [15] 杜发兴, 徐刚. 都江堰灌区水资源开发利用程度综合评价[J]. 河南农业科学, 2008(11): 67-71. (DU Faxing, XU Gang. Comprehensive Evaluation of Water Resources Development Degree in Dujiangyan [J]. Editorial Board of Journal of Henan Agricultural Sciences, 2008(11): 67-71. (in Chinese))

《南水北调与水利科技》编辑部郑重声明

《南水北调与水利科技》自创刊以来,从未委托任何中介机构、网站及个人征稿,请广大读者、作者提高警惕,不要通过他人投稿,更不要向他人或不明机构缴纳任何费用。

编辑部投稿邮箱: nsbdqk@263.net, 电话: 0311-85020507, 85020512, 85020535。

《南水北调与水利科技》编辑部