

一种工程项目报价决策的新定量模型研究*

彭军龙^{1,2}, 张起森^{1,2}

(1.中南大学 土木建筑学院,长沙 410075;2.长沙理工大学 公路学院,长沙 410076)

摘要:通过运用模糊集合理论和模糊关系运算理论建立了工程项目报价决策新的定量模型。该模型具有考虑投标的多目标性、承包商的主观判断以及启发式逻辑相结合性以及过去的工程项目和竞争者数据的低度依赖性等特征。最后用一个实例说明了整个思路和过程。提出的新模型为承包商从事工程承包时的报价决策提供了新的理论依据。

关键词:投标;工程;定量;决策;模型

中图分类号:F284 **文献标识码:**A **文章编号:**1006-7329(2006)01-0123-04

A New Quantitative Model for Quoted Price and Decision - Making on Project

PENG Jun-long^{1,2}, ZHANG Qi-sen^{1,2}

(1. Department of Civil Engineering, Center South University, Changsha 410075, P. R. China; 2. Department of Highway Engineering, Changsha University of Science & Technology, Changsha 410076, P. R. China)

Abstract: In this paper, a new quantitative model for quoted price and decision - making on project has been built by means of Operations of Fuzzy Relations and a fuzzy set theory. The established model has many characters, such as multi - objective for bidding, combined subjective opinion with enlightened logic as well as low leanness on data on past project and competitor. There is a case at the end of this paper showing the whole idea and process of the model. This paper provided a new theory base for the contractors in China.

Keywords: bidding; project; quantitative analysis; decision - making; model

按照建设项目的实施惯例,业主一般是通过招投标的形式来选择承包商。在激烈的竞争中,为了投标的成功,承包商需要客观地进行报价决策。目前标价中的预算额部分通常是比较确定的,它根据设计图纸规定的工程量和技术要求,以及承包商的施工水平计算得到。但是标价中的标高金部分,相对来说具有一定的可变性和主观性。标高金定得高,中标的可能性就小,但一旦中标,收益就大,反之,标高金定得低,中标的机会就大,然而中标后获得的收益较小。因此,如何确定合理的标高金是承包商在报价决策时主要考虑的问题之一。

1 报价决策的定量模型综述

自20世纪50年代Friedman提出了竞争性报价决策模型以来^[1],许多研究者对报价决策进行了研究。主要有如下几个方向。

1.1 概率统计为基础的最大期望利润报价决策模型

以概率统计为基础的最大期望利润报价决策模型,其中以Friedman和Gates^[2]提出的模型为代表。典型特征是:假设最低价中标,以盈利或中标作为决策的唯一目标,以能获得对手或类似工程的统计资料为前提,是以单因素(利润)为目标建立的决策模型。这种模型应用于工程投标中主要存在以下问题:(1)没有考虑工程的个体性差异。(2)对竞争对手的历史资料依赖程度高。(3)模型对对手的情况仅考虑了过去的记录,也没有考虑业主要求。

1.2 效用理论为基础的期望效用最大化报价决策模型

Willenbrock于1972年提出了基于承包商的期望效用值最大化的模型^[3],Dozzi等人提出了基于效用理论的标高金决策模型^[4],这些模型都考虑了人的偏好和主观效用。故这种方法比利润最大化的报价决策模型有了较大改进,但其共性是效用函数的确定是一

* 收稿日期:2005-09-18

基金项目:鄂交科教[2004]343号2004-13-3项目资助

作者简介:彭军龙(1976-),男,湖南岳阳市人,博士生,主要从事工程管理研究。

个难点,研究表明标高金的不同部分具有不同的效用函数^[5]。

1.3 多风险因素的投标报价决策模型

对于考虑多风险因素的投标报价的决策理论目前主要有层次分析法^[6]、人工神经网络方法^[7,13]、专家系统^[8]、案例推理^[9]等方法来处理多风险因素的投标报价决策。但这些方法也存在不足,专家系统是一个基于规则的系统,然而报价决策是动态变化的,具有高度的不确定性。如要用清晰的规则集来定义,那么问题将很复杂且不一定能适应新的情况。神经网络模型通过对投标样本进行训练来学习,在这种意义上说,类似于案例推理,然而,神经网络模型的推理过程对于决策者来说是隐蔽的,类似于黑箱操作,决策者不能回溯推理过程,同时训练样本收集的数量也很难达到保证输出结果的精度所要求的数量。

1.4 以博弈论为手段研究投标报价

为了弥补 Friedman 模型以竞争对方过去的投标报价行为作为研究对象的不足,有的学者运用博弈论的一些方法来分析竞争性投标活动^[10]。但是用博弈论求最优报价的过程中,对成本分布函数的分布同样做了种种假设,在实际中要想获取竞争对手的成本分布函数确是太难。

2 建立报价决策新模型

通过分析,这个新的模型必须应该具备以下特征:

- (1)除了利润最大化外,必须考虑投标的多目标性;
- (2)定量方法和承包商的主观判断和启发式逻辑相结合,而不是通常的概率统计技术;
- (3)对过去的工程项目和竞争者数据的使用的低度依赖性。

承包商在某次投标中是一种多目标决策,同时投标目标与影响标高金的因素之间,影响标高金的因素与标高率的高低都存在相互关联的关系,在实际中,由于标高金的确定具有很大的主观性,所以这种关联关系也就具有某种模糊度。文献[11]提出了一种基于模糊集合理论的竞争性报价决策,但其模型太复杂,本文借鉴该方法,建立了一个满足承包商目标的工程投标报价决策模型,图1是模型的示意图,论文先阐述模型中的有关参数。

2.1 模型的组成部分

2.1.1 投标的目标(O) 投标商的投标目标受投标商内部因素(如投标商需要工程以及渴望开拓新市场)、外部因素(如竞争的激烈程度、当前的经济条件)以及工程特点(如工程规模)的影响,因此标价中的标高金部分在一定程度上受投标商的投标目标影响。一般来说,目标有以下三种。

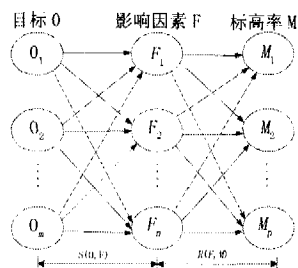


图1 标高率决策模型示意图

1) 中标(O_1):投标商迫切希望得到该工程,为增加中标机会,此时投标商的投标决策为投低标,其他可能导致投标商以最低标投标的目标有:a)利用投标商的闲置资源或完成投标商预计的工作量;b)显示投标商的竞争力或在业主及客户面前树立形象;c)为了进入新的市场。

2) 试探性投标(O_2):这种情况下投标商一般都着眼于未来的项目,为了确认自己的竞争地位,试探新地区的市场情况或给投标商的估价人员提供新的估价经验,此时承包商会适中报价。

3) 利润最大化(O_3):投标商可能手头有很多项目,如再做其它项目,就要拿出额外资金来补偿为完成项目所付出的额外资源,所以采取投高标的决策。另外,当投标商在投标市场有明显的竞争优势,投标的目标在于保持与市场的接触以维持竞争地位时,投标商的报价也会相对较高。

2.1.2 影响标高金的因素(F) 工程牵涉面广,风险大,许多因素影响工程的标高金,很难列出全部的影响因素,可以用投标商在投标中考虑的影响标高金的主要因素来分析。

2.1.3 标高率(M)的变动范围 标高率的变动范围是最佳标高率所在的范围。投标商通常以高于最低标高率(>0)的价格报价,最大标高率通常基于对当前市场条件、可投标的工程以及竞争者的分析,由市场条件所能承受的限度决定。最佳标高率是投标商经多方面考虑后介于最高与最低标高率之间的某一数值,它应该能反映项目风险与项目机会,同时标高率的选取也应能随投标商的市场战略而变化。令最低标高率为 M_l ,最高标高率为 M_u ,可以把标高率分解成多个层次,第 k 层次的标高率为:

$$M_k = [M_l + (k - 1)(M_u - M_l)/p] \quad k = 1, 2, \dots, p \quad (1)$$

2.2 模型中的权重系数

1) 用 $W_i (i = 1, 2, \dots, m)$ 表示在当前形势下目标 $O_i (i = 1, 2, \dots, m)$ 被期望实现的程度,这个权重的值域从0(不考虑)到1(非常期望)。

2) 用 A_j 表示每个因素 $F_j (j = 1, 2, \dots, n)$ 在当前

模型的水平下适应投标形势的程度,这个权重系数由承包商根据实际情况给出, A_j 的值域从 0(不适用)到 1(适用)。

3) $R_{ij,k}$ 表示在单独目标 O_i 与单独因素 F_j 影响下,各标高率 $M_k(k=1,2,\dots,p)$ 被采纳的程度,也就是其对 $\{O_i, F_j\}$ 的隶属度,隶属函数的确定可以借鉴文献[11]中的方法。

2.3 模糊二元关系运算

如前所述,由于投标目标和影响标高金的因素,影响标高金的因素和标高率之间的关联关系具有某种模糊度。模糊二元关系可以近似地描述两个数据集合的关系,而且这种二元关系可以用矩阵来表达^[12]。目标集合 O 和因素集合 F 的关系用 $S(O, F)$ 表示, $S(O, F)$ 是一个模糊二元关系,它的每一元素与目标 O_i 和因素 F_j 之间的连接程度对应。

$$S(O_i, F_j) = S_{ij} = W_i \cdot A_j \quad (2)$$

$S(O_i, F_j)$ 表示在考虑了目标 O_i 的权重 W_i 和因素 F_j 的适用度 A_j 后,为达到投标目标 O_i ,因素 F_j 在多大程度上影响标高率。

因素集 F 和标高率集 M 之间的关系用 $R(F, M)$ 表示,此时 $R(F, M)$ 是一模糊二元关系。 $R(F, M)$ 的每一元素代表在目标 O_i 下,因素 F_j 和标高率 M_k 的连接强度,并用 $R(F_j, M_k)$ 表示。可见, $R(F_j, M_k)$ 对应于 $R_{ij,k}$,即 $R(F_j, M_k) = R_{ij,k}$

通过投标目标集合 O 和标高率集 M 各自与影响标高率的因素集 F 的关系,把两个模糊二元关系 $S(O, F)$ 和 $R(F, M)$ 进行合成运算,就可以决定 O 与 M 的关系,这两个关系的合成运算记为

$$Q(O, M) = S(O, F) \circ R(F, M) = SoR(O, M) \quad (3)$$

其中,模糊关系合成的算子为 (\wedge, \vee) ,用 $\max - \min$ 表示, $Q(O, M)$ 中的每一个元素对应于目标 O_i 和标高率 M_k 之间的连接程度,并表示为 $Q(O_i, M_k)$ 。

$$\begin{aligned} Q(O_i, M_k) &= S(O_i, F_j) \circ R(F_j, M_k) \\ &= \max - \min \{ S(O_i, F_j), R(F_j, M_k) \} \\ &= \max - \min \{ S_{ij}, R_{ij,k} \} \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (4) \end{aligned}$$

对任一已知的标高率 M_k ,它被建议的总程度可用 Q

$$(O, M_k) = \frac{\sum_{i=1}^n Q(O_i, M_k)}{\sum_{i=1}^n W_i}$$

最适合的标高率为

$$M^* = \frac{\sum_{k=1}^p M_k Q(O, M_k)}{\sum_{k=1}^p Q(O, M_k)} \quad (5)$$

假设工程的估计成本为 c ,那么可以得到模型推荐的

报价 $b = c(1 + M^*)$ 。

3 实例

承包商通过对招标文件分析和估价,估计该项目的直接成本大约为 1 070.3 万美元,现用投标报价决策新模型帮助承包商进行标高金计算。经过投标分析,确定该工程最小标高率为 2%,最大标高金率 12%。针对投标的三个目标中标 O_1 、测试新的地理区域 O_2 和利润最大化 O_3 ,公司的目标是非常想中标 ($W_1 = 1$),不想测试新的地理区域 ($W_2 = 0$),不是十分想从该工程中获得最大化利润 ($W_3 = 0.2$)。因此,公司投标的决策定位在为微利中标上。

经过对投标形势分析发现主要有 5 个因素影响本次投标的标高金:项目的风险 F_1 ,竞争形势 F_2 ,类似工程的经验 F_3 ,索赔的机会 F_4 ,承包商与业主的关系 F_5 ,因素集 F 中各元素的适用度如表 1 所示。

表 1 因素集 F 各元素的适用度

影响因素的种类	影响因素的实际情况
1 项目的风险 F_1	项目的风险较大 ($A_1 = 0.8$)
2 竞争形势 F_2	竞争很激烈 ($A_2 = 1$)
3 以前类似工程的经验 F_3	经验较丰富 ($A_3 = 0.8$)
4 索赔的机会 F_4	预计索赔的机会很多 ($A_4 = 0.8$)
5 投标商与业主的关系 F_5	投标商与业主的关系一般 ($A_5 = 0.65$)

最小标高率 $M_l = 2\%$,最高标高率 $M_u = 12\%$,代入式(1)中,得 $M_1 = 2\%$; $M_2 = 4\%$; $M_3 = 6\%$; $M_4 = 8\%$; $M_5 = 10\%$; $M_6 = 12\%$;

隶属函数的确定采用文中介绍的方法,计算结果如表 2 所示。

表 2 关系矩阵 $R(F, M)$

R		$M_1 = 2\%$	$M_2 = 4\%$	$M_3 = 6\%$	$M_4 = 8\%$	$M_5 = 10\%$	$M_6 = 12\%$
目标 O	因素 F						
O_1	F_1	0.6	0.8	1.0	0.8	0.6	0.4
O_1	F_2	1.0	0.8	0.6	0.4	0.2	0
O_1	F_3	0.6	0.8	1.0	0.8	0.6	0.4
O_1	F_4	0.8	1.0	0.8	0.6	0.4	0
O_1	F_5	0.8	1.0	0.6	0.4	0.2	0
O_2	F_1	0.4	0.6	0.8	1.0	0.8	0.6
O_2	F_2	0.8	1.0	0.8	0.6	0.4	0.2
O_2	F_3	0.6	0.8	1.0	0.8	0.6	0.4
O_2	F_4	0.6	0.8	1.0	0.8	0.6	0.4
O_2	F_5	0.4	0.6	0.8	1.0	0.8	0.6
O_3	F_1	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
O_3	F_2	0.4	0.6	0.8	1.0	0.8	0.6
O_3	F_3	0.4	0.6	0.8	1.0	0.8	0.6
O_3	F_4	0.4	0.6	0.8	1.0	0.8	0.6
O_3	F_5	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	0.8

采用公式(2),计算目标集 O 与因素集 F 之间的关系矩阵 $S(O, F)$

$$S(O, F) = W \cdot A = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0.2 \end{bmatrix} \cdot [0.8 \ 1 \ 0.8 \ 0.8 \ 0.65]$$

$$= \begin{bmatrix} 0.8 & 1 & 0.8 & 0.8 & 0.65 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.16 & 0.2 & 0.16 & 0.16 & 0.13 \end{bmatrix}$$

应用公式(3),计算目标集 O 与标高率集 M 的关系矩阵 $Q(O, M)$

$$Q(O_1, M_1) = \max\text{-min}[(0.8, 0.6), (1, 1), (0.8, 0.6), (0.8, 0.8), (0.65, 0.8)] \\ = \max[0.6, 1, 0.6, 0.8, 0.65] = 1$$

类似地,可以计算出 $Q(O_2, M_1) = 0, Q(O_3, M_1) = 0.2$ 。所以,我们可以计算出 $Q(O, M)$

$$Q(O, M) = \begin{bmatrix} 1.0 & 0.8 & 0.8 & 0.8 & 0.6 & 0.4 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.2 & 0.2 & 0.2 & 0.2 & 0.2 & 0.2 \end{bmatrix}$$

应用公式(4),得

$$Q(O, M_k) = [1 \quad 0.83 \quad 0.83 \quad 0.83 \quad 0.67 \quad 0.5] \\ k = 1, 2, \dots, 6$$

应用公式(5),得出综合考虑后的最适合的标高率 M^* 为

$$M^* = [(2\% \times 1) + (0.83 \times 4\%) + (0.83 \times 6\%) + (0.83 \times 8\%) + (0.67 \times 10\%) + (0.5 \times 12\%)] / (1 + 0.83 + 0.83 + 0.83 + 0.67 + 0.5) \\ = 6.4\%$$

对于该项目,模型建议的标高率最佳值为 6.4%,项目的估计成本为 1 056.3 美元,则标价可确定为 $1\ 070.3 \times (1 + 0.064) = 1\ 138.80$ 万美元左右。

4 结束语

工程投标往往是一种竞争性的投标活动,其报价决策非常复杂。本文对竞争性投标决策模型进行了回顾和分析,指出了模型中存在的一些问题,在此基础上,运用模糊集合理论和模糊关系运算建立了一个适用于我国承包商从事工程承包的报价决策模型,该模型对原始数据要求少,能够较好地结合承包商的经验和

和主观判断等,是一种适合我国现阶段报价决策的新模型。

参考文献:

- [1] Friedman, L. A competitive bidding strategy[J]. Operation research, 1956, 32(4): 541 - 550.
- [2] Gates, M. Bidding strategies and probabilities[J]. Journal of the Construction Division, ASCE, 1967, 93(1): 871 - 882.
- [3] Willenbrock, J. Utility function determination for bidding models[J]. Journal of Construction Division, ASCE, 1973, 99(1): 1 032 - 1 045.
- [4] Dozzi, S. P., AbouRizk, S. M., Schroeder, S. L. Utility - theory model for bid markup decision[J]. Journal of Construction Engineering and Management. ASCE, 1996, 122(2): 119 - 134.
- [5] Ahmad, I., Minkarah, I. A. Optimum markup for bidding; A preference uncertainty tradeoff approach[J]. Civil Engineering System, 1998, 74(4): 690 - 709.
- [6] Seydel John, Olson David L. Bids considering multiple criteria[J]. Journal of Construction Engineering and Management. ASCE, 1990, (4): 609 - 622.
- [7] Moselhi, O. m., Hegazy, T., Fazio, P. DBID: analogy - based DSS for bidding in construction[J]. Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, 1993, 119(3): 876 - 889.
- [8] 王守清. 计算机在建筑工程成本测算中的应用[M]. 北京:清华大学出版社, 1996.
- [9] 杨兰蓉. 基于事例推理的报高率确定决策模型及其支持系统的研究[D]. 华中理工大学, 2000.
- [10] 郝丽萍, 郑远挺, 谭庆美. 建筑工程投标报价的博弈模型研究[J]. 哈尔滨建筑大学学报, 2002, 35(2): 109 - 112.
- [11] Fayek, A. Competitive bidding strategy model and software system for bid preparation[J]. Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, 1998, 124(1): 1 143 - 1 157.
- [12] 考夫曼. 模糊子集引论[M]. 南昌:江西教育出版社, 1989.
- [13] 张攀, 王波, 卿晓霞. 基于神经网络与专家系统的智能评估系统[J]. 重庆建筑大学学报, 2004, 26(1): 129 - 132.