

文章编号:1006-7329(2003)04-0108-06

## 基于模糊综合评判的工程评标方法

李志勇, 王顺洪

(西南交通大学 经济管理学院, 四川成都 610031)

**摘要:**从分析我国现行的各种评标方法入手,指出了由于评标过程中存在大量的定性和模糊因素,评标专家很难在比较短的时间里作出比较准确的评判,以致我国现行的评标方法不能准确的选定中标人,为此将模糊集合论的思想和方法引入评标过程,建立投标企业模糊评价模型,将那些定性的和模糊的因素进行量化,这样能够快速有效的、比较准确的选定中标人,最后给出具体实例予以检验。

**关键词:**工程评标;模糊综合评判;指标体系;投标企业

中图分类号:TU723.2

文献标识码:A

## Tender Appreciation Method Based on Fuzzy Synthetic Evaluation

LI Zhi - yong, WANG Shun - hong

(College of Economics and Management, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, P.R.China)

**Abstract:** In this paper, the tender appreciation methods in China are analyzed. Then, it indicates, that there are many uncertainties and fuzzy factors in the course of appreciating tender, so the appreciation specialists can't make correct decision in a short time, resulting in the failure of selecting the object accurately. In this paper, the thoughts and methods of fuzzy set theory are introduced into the appreciation of tender and a fuzzy appreciation model for bidder is found. This model can select the object quickly and correctly through quantifying those uncertainties and fuzzy factors. At last, an example is given as illustration.

**Keywords:** engineering appreciation of tender; fuzzy synthetic evaluation; index system; bidder

在工程招标投标过程中,评标是一个很重要的环节,各个国家都制定了非常严格的法规来规范评标程序、方法,以使评标过程尽可能达到公开、公平、公正。我国也在1999年制定了《招投标法》并于2000年1月1日起实施。各个国家和地区的评标原则不大相同,现在香港等地方实行的是最低报价中标原则,这一原则与世界银行、亚洲开发银行等金融机构贷款项目中标原则是一致的,投标商主要在价位上展开竞争,当然香港能实行这样的原则与他有着规范的市场环境、严格的合同管理制度和担保、保险制度是分不开的。现在我国国内在评标时的中标原则有两种:综合评价最优中标原则和最低报价中标原则,目前国内第一种原则是主流做法,按照这一原则,价格不是需要竞争的主要因素。在我国建筑市场还不是很规范的情况下,采取综合评价最优中标原则是正确的。

在采用综合评价最优中标原则时,采用的评标方法主要有综合评分法和百分法,他们都要综合考虑投标单位的报价、技术设备、施工能力、管理水平、保证措施、投标单位的经济效益和社会信誉等因素,应该说比较全面。但是在这两种方法的第一种方法中定性成分比较多而定量的比较少,而采用百分法时所考虑的因素如企业信誉、管理水平等是一些比较模糊的概念。在评标中,要作出准

• 收稿日期:2003-04-16

作者简介:李志勇(1978-),男,湖南安化人,硕士生,主要从事国际工程管理研究。



确的判断很难,这既有客观原因(有些评价指标本身就不好判断),又有评标专家、业主各参与主体自身的主观原因(性格、偏好、甚至存在的腐败等),许多专家在某些指标上只能凭主观印象打分,这就使他们在评标的过程中很难做到真正的择优录取。将模糊集合论的思想和方法用于打分法,建立相应的模糊决策方法,识别和评判系统中的各因素,进行定量分析和综合比较,将会使决策结果更加科学、更可靠。这会有比较大的理论意义和实际意义,可以引导招投标工作进一步纳入“公开、公平、公正”的轨道,有利于防止腐败的发生。

### 1 投标企业评价指标体系的建立

投标企业评价指标问题涉及的因素众多,既有定性的也有定量的,有的因素还很模糊,而且各指标的权重不一样,因此有必要建立一套通用的、可扩充的指标体系,它应该具有完备和简洁性、客观和可比性、可重构和可扩充性。通过综合分析国内外现状并结合我国实际情况,本文对参与投标的企业建立了如图1的评价指标体系。

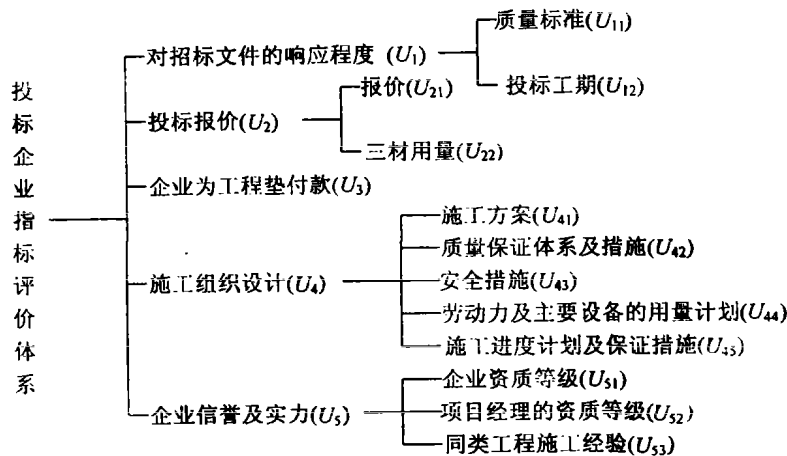


图1 投标企业评价指标体系

### 2 投标企业模糊综合评价模型

模糊综合评价主要涉及四大要素:对象集  $A$ , 因素集  $U$ , 多因素评价矩阵  $\tilde{R}$ , 权重向量  $\tilde{W}$ 。首先建立模糊综合评判模型(一),步骤如下:

1) 建立被评判对象的对象集  $A = (A_1, A_2, \dots, A_m)$ , 因素集  $U = (u_1, u_2, \dots, u_n)$ , 满足  $\bigcup_i u_i = U$ ,  $u_i \cap u_j = \Phi, i \neq j$ 。

2) 构造各因素以对象集为论域的模糊集。

3) 用各因素的模糊集构造多因素评价矩阵  $\tilde{R} = (r_{ij})_{n \times m}$ , 此步骤即对每一个因素  $u_i$  作出多因素评判模糊集:

$$R_i = (r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{im})$$

然后并列构成矩阵  $\tilde{R}$ 。

4) 确定指标权重,即权重向量,采用层次分析法和专家打分法确定各因素的权重并作归一化处理,即  $\tilde{W} = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ , 其中  $w_i \in [0, 1] (i = 1, 2, \dots, n)$  且满足条件:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

5) 评判结果是对象集  $A$  上的模糊集:  $\tilde{B} = \tilde{W} \circ \tilde{R} = (b_1, b_2, \dots, b_m)$ , “ $\circ$ ”为某种合成运算,在招

投标中,为了综合考虑各个因素的影响,尤其是不要忽略小权重因素的影响,取“ $\oplus - \cdot$ ”,即  $b_q = \sum_{i=1}^n w_i r_{iq} (q=1,2,\dots,m)$ ,其隶属度是对各对象综合评判的结果,由隶属度最大原则得结果。在实际的评标过程中,考虑的因素比较多并且各因素之间还有层次,因此应该在原来模型(一)的基础上再建立模型(二)。

以二层关系为例:在对  $U$  进行划分的基础上再对  $u_i$  进行划分,设每个因素子集  $u_i$  有  $j$  个因素,则得到二级指标  $u_{ij}$ ,即  $u_i = (u_{i1}, u_{i2}, \dots, u_{ij})$ 。其中  $u_{ik} (i=1,2,\dots,n; k=1,2,\dots,j)$  表示第  $i$  类中第  $k$  个因素,即建立了如图 1 所示的评价指标集。

第一步:对于  $u_i = (u_{i1}, u_{i2}, \dots, u_{ij}) (i=1,2,\dots,n)$  进行模糊评判。①用  $u_i$  中各因素的模糊集构造单因素矩阵

$$R_i = \begin{bmatrix} r_{i11} & r_{i12} & \dots & r_{i1m} \\ r_{i21} & r_{i22} & \dots & r_{i2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{ij1} & r_{ij2} & \dots & r_{ijm} \end{bmatrix} (i=1,2,\dots,n)$$

矩阵中第  $k$  行,表示按第  $i$  类中第  $k$  个因素评判的结果,第  $i$  类中有多少个因素,  $R_i$  便有多少行,对象集有多少个元素,  $R_i$  便有多少列。②在每一类因素中确定各子因素的权重,设第  $i$  类中第  $k$  个因素的权重为  $w_{ik}$ ,则因素权重集为  $w_i = (w_{i1}, w_{i2}, \dots, w_{ij}) (i=1,2,\dots,n)$ ,满足  $\sum_{k=1}^j w_{ik} = 1$ 。③对第  $i$  类中因素进行模糊综合评判得:

$$B_i = w_i \circ R_i = w_i \circ \begin{bmatrix} r_{i11} & r_{i12} & \dots & r_{i1m} \\ r_{i21} & r_{i22} & \dots & r_{i2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{ij1} & r_{ij2} & \dots & r_{ijm} \end{bmatrix} = (b_{i1}, b_{i2}, \dots, b_{im}) (i=1,2,\dots,n)$$

$b_{ik} = M(\oplus - \cdot)$ 求得,即  $b_{ik} = \sum_{l=1}^m w_{il} r_{ilk}$ 。

第二步:考虑因素集  $U = (u_1, u_2, \dots, u_n)$ ,以  $B_i$  作为因素  $u_i$  的单因素评判向量,故二级评判的单因素评判矩阵为:

$$\tilde{R} = (B_1, B_2, \dots, B_m)^T$$

第三步:进行二级综合评判,评判结果是对象集  $A$  上的模糊集:

$\tilde{B} = W \circ \tilde{R} = (b_1, b_2, \dots, b_m)$ ,对  $\tilde{B}$  进行归一化处理得  $B'$ ,  $B'$  就是关于  $U$  的综合评判结果,根据隶属度最大原则得到评判结果。

### 3 实际算例

某工程有四家施工企业  $A_1, A_2, A_3, A_4$  参与竞标,各单位各项指标如下:

四家企业对招标文件的响应程度如下:

因素	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$
质量标准	一般	较好	一般	好
投标工期	525	580	600	540

四家企业投标报价如下:

因素	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$
投标报价(万元)	5 550	5 200	5 400	5 300
三材用量	较合理	一般	合理	较合理

四家企业的施工组织设计如下:

施工组织设计	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>
施工方案	先进	可行	可行	先进
质量保证体系及措施	可靠	较可靠	较可靠	可靠
安全措施	较好	好	较好	好
劳动力及主要设备的用量计划	合理	欠合理	欠合理	合理
施工进度计划及保证措施	欠合理	合理	合理	欠合理

四家企业的企业信誉及实力如下:

企业信誉及实力	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>
企业资质等级	二级	二级	三级	二级
项目经理的资质等级	二级	一级	二级	一级
近三年同类工程施工经验	有	有	有	有

四家企业工程垫付款情况如下:

	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>
企业为工程垫付款	460	200	390	300

此问题属于一个二级评判问题,步骤如下:

- 1) 建立被评价对象的对象集  $A = (A_1, A_2, A_3, A_4)$ , 建立因素集  $U = (u_1, u_2, u_3, u_4, u_5)$ 。
- 2) 构造各因素以对象集为论域的模糊集。
- 3) 用各因素的模糊集构造单因素矩阵  $\tilde{R} = (r_{ij})_{n \times m}$ , 此步骤即对每一个因素  $u_i$  作出单因素评判矩阵集:

$$r_i = (r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{im})$$

- 4) 确定指标权重。确定评价指标权重集  $W$  如下: 根据经验和专家意见用打分法对  $u_1, u_2, u_3, u_4, u_5$  的打分为: 10、45、5、25、15, 所以  $W = (0.1, 0.45, 0.05, 0.25, 0.15)$ 。模型(二):

在对  $U$  进行划分的基础上再对  $u_i$  进行划分得到第二级因素集为:  $u_1 = (u_{11}, u_{12}), u_2 = (u_{21}, u_{22}), u_4 = (u_{41}, u_{42}, u_{43}, u_{44}), u_5 = (u_{51}, u_{52}, u_{53})$ 。

一般  $u_i = (u_{i1}, u_{i2}, \dots, u_{ij}) (i = 1, 2, \dots, n)$ , 用  $u_i$  中各因素的模糊集构造单因素矩阵

$$R_i = \begin{bmatrix} r_{i11} & r_{i12} & \dots & r_{i1m} \\ r_{i21} & r_{i22} & \dots & r_{i2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{ij1} & r_{ij2} & \dots & r_{ijm} \end{bmatrix} \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

在计算单因素矩阵时将因素分为定量因素和定性因素两种, 对于定量因素我们采用如下的隶属函数来确定其隶属度: 对于越大越好型用  $r_{ikm} = x_{ikm} / \sum_{m=1}^4 x_{ikm}$ , 其中  $i$  表示第  $i$  类因素  $u_i$ ,  $k$  表示第  $i$  类因素中的第  $k$  个子因素  $u_{ik}$ ,  $m$  表示第  $m$  个对象,  $x_{ikm}$  表示第  $m$  个对象对应于因素  $u_{ik}$  的值, 对于越小越好型因素用  $r_{ikm}' = 1 - x_{ikm} / \sum_{m=1}^4 x_{ikm}$ ; 对于定性因素, 我们一般可以确定出一定的评分, 用  $s = (\text{好, 较好, 一般, 较差, 差})$ , 其相应的分值集为  $s_s = (1.0, 0.8, 0.6, 0.4, 0.2)$ 。考虑对招标文件的响应程度, 根据已知数据得单因素矩阵:

$$R_1 = \begin{bmatrix} 0.6 & 0.8 & 0.6 & 0.9 \\ 0.77 & 0.74 & 0.73 & 0.76 \end{bmatrix}$$

考虑投标报价, 根据已知数据得单因素矩阵

$$R_2 = \begin{bmatrix} 0.741 & 0.758 & 0.748 & 0.753 \\ 0.8 & 0.6 & 0.9 & 0.8 \end{bmatrix}$$

考虑企业的垫付款, 根据已知数据得单因素矩阵

$$R_3 = (0.341, 0.148, 0.289, 0.222)$$

考虑施工组织设计,可以定义单因素矩阵

$$R_4 = \begin{bmatrix} 0.9 & 0.8 & 0.8 & 0.9 \\ 0.9 & 0.8 & 0.8 & 0.9 \\ 0.8 & 0.9 & 0.8 & 0.9 \\ 0.7 & 0.5 & 0.5 & 0.7 \\ 0.5 & 0.7 & 0.7 & 0.5 \end{bmatrix}$$

考虑企业资质等级及信誉,可以定义单因素矩阵

$$R_5 = \begin{bmatrix} 0.8 & 0.8 & 0.6 & 0.8 \\ 0.6 & 0.8 & 0.6 & 0.8 \\ 0.8 & 0.8 & 0.8 & 0.8 \end{bmatrix}$$

再对各类因素中的各二级因素打分得到

$$w_1 = (0.5, 0.5), w_2 = (0.9, 0.1),$$

$$w_4 = (0.45, 0.20, 0.10, 0.10, 0.15), w_5 = (0.4, 0.3, 0.3)$$

进行二级评判:  $b_{ik} = M(\oplus - \cdot)$ 求得,即  $b_{ik} = \sum_{i=1}^m w_i r_{ik}$ 。

$$B_1 = w_1 \circ R_1 = (0.5, 0.5) \begin{bmatrix} 0.6 & 0.8 & 0.6 & 0.9 \\ 0.77 & 0.74 & 0.73 & 0.76 \end{bmatrix} = (0.685, 0.77, 0.665, 0.78)$$

$$B_2 = w_2 \circ R_2 = (0.9, 0.1) \begin{bmatrix} 0.741 & 0.758 & 0.748 & 0.753 \\ 0.8 & 0.6 & 0.9 & 0.8 \end{bmatrix} = (0.747, 0.742, 0.763, 0.756)$$

$$B_3 = R_3$$

$$B_4 = w_4 \circ R_4 = (0.45, 0.2, 0.1, 0.1, 0.15) \begin{bmatrix} 0.9 & 0.8 & 0.8 & 0.9 \\ 0.9 & 0.8 & 0.8 & 0.9 \\ 0.8 & 0.9 & 0.8 & 0.9 \\ 0.7 & 0.5 & 0.5 & 0.7 \\ 0.5 & 0.7 & 0.7 & 0.5 \end{bmatrix} = (0.675, 0.765, 0.755, 0.82)$$

$$B_5 = w_5 \circ R_5 = (0.4, 0.3, 0.3) \begin{bmatrix} 0.8 & 0.8 & 0.6 & 0.8 \\ 0.6 & 0.8 & 0.6 & 0.8 \\ 0.8 & 0.8 & 0.8 & 0.8 \end{bmatrix} = (0.74, 0.8, 0.66, 0.8)$$

进行二级综合评判:

$$R = \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ B_3 \\ B_4 \\ B_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.685 & 0.770 & 0.665 & 0.780 \\ 0.747 & 0.742 & 0.763 & 0.756 \\ 0.341 & 0.148 & 0.289 & 0.222 \\ 0.675 & 0.765 & 0.755 & 0.820 \\ 0.740 & 0.800 & 0.660 & 0.800 \end{bmatrix}$$

$$\tilde{B} = W \circ \tilde{R} = (0.1, 0.45, 0.05, 0.25, 0.15) \begin{bmatrix} 0.685 & 0.770 & 0.665 & 0.780 \\ 0.747 & 0.742 & 0.763 & 0.756 \\ 0.341 & 0.148 & 0.289 & 0.222 \\ 0.675 & 0.765 & 0.755 & 0.820 \\ 0.740 & 0.800 & 0.660 & 0.800 \end{bmatrix}$$

$$= (0.701, 0.730, 0.712, 0.754)$$

对  $\tilde{B}$  进行归一化处理得  $B' = (0.242, 0.252, 0.246, 0.260)$  所以选择第四家投标单位  $A_4$  作为中标人。

## 4 结论

1) 模糊综合评判可以考虑众多的、不确定的影响因素,将定性分析和定量分析结合起来,且通过不同权重分配因地制宜的作出评价。

2) 模糊综合评判其关键是权重向量和隶属函数的确定,为此国内外学者做了大量研究,对于投标企业的选择我认为应该结合工程的具体特点和专家的意见来确定。

3) 用模糊方法来确定投标企业有比较大的实用价值和现实意义,是防止我国招投标失灵、防止招投标中发生腐败的一个措施。

## 参考文献:

- [1] 尹贻林,申立银.中国内地与香港工程造价管理比较[M].天津:南开大学出版社,2002.
- [2] 杨和雄,李崇文.模糊数学和它的应用[M].天津:天津科技出版社,1990.
- [3] 赵小惠.基于模糊决策的供应商选择方法[J].工业工程与管理,2002,(4):27-29.
- [4] 马宏伟.建筑工程招投标及索赔管理[D].成都:西南交通大学,1998.
- [5] 韩洋.建筑工程招投标决策[D].成都:西南交通大学,1999.
- [6] 许树柏.层次分析法原理[M].天津:天津大学出版社,1998.

---

(上接第 63 页)

- [4] 孙英杰.亚硝酸型硝化的控制途径[J].中国给水排水,2002,18(6):29-31.
- [5] Hellings C, Schellen A A J J, Mulder J W, et al. The SHARON process: an innovative method for nitrogen removal from ammonium nitrogen[J]. Water Sci Technol, 1997, 37(9): 135-142.
- [6] 张自杰.排水工程(下册)[M].北京:中国建筑工业出版社.
- [7] 张小玲,彭党聪.短程硝化-反硝化技术经济特性分析[J].西安建筑科技大学学报,2002,34(9):239-242.
- [8] 王建龙.生物脱氮新工艺及其技术原理[J].中国给水排水,2000,16(2):25-27.
- [9] 邓荣森.污水处理厂可行性研究报告评审标准的探讨[J].重庆建筑大学学报,2002,24(3):48-49.

