

变权重模糊综合评标法

周 林

交通银行武汉审计监督分局，湖北 武汉

收稿日期：2022年3月4日；录用日期：2022年4月8日；发布日期：2022年4月19日

摘 要

业务招投标体现了公开、公平、公正、择优定标的原则，评标是核心。本文简要介绍了模糊综合评标法在评标中使用方法及其优缺点，提出了能够消除综合评标法缺点的变权重模糊综合评标法。

关键词

模糊综合评标，变权重，评价指标，投标方案

Integrated Fuzzy Evaluation Methods with Changing Weight

Lin Zhou

Bank of Communications, Wuhan Audit Sub-Bureau, Wuhan Hubei

Received: Mar. 4th, 2022; accepted: Apr. 8th, 2022; published: Apr. 19th, 2022

Abstract

The bidding of project is based on opening, fair, honesty, and the one which is best win the bid, so evaluating bids is the key problem. This thesis introduces the advantage and disadvantage of integrated fuzzy evaluation methods, and brings in integrated fuzzy evaluation methods with changing weight.

Keywords

Integrated Fuzzy Evaluation, Change Weight, Evaluation Index System, Bids



1. 引言

项目评标是工程发包的基础, 评标理论和方法也较多。黄小雁等[1]认为基于 AHP 能较合理确定评标因素和权重, 但也存在局限性。丰景春等[2]通过数学模型研究了综合评分法的程序和权重值等问题。艾世攀等[3]将面积法引入模糊综合评标以确定不同投标人与拟最优投标人的偏离度。王锐[4]研究阐述了在技术标评审中运用模糊综合评标法的方法。郭佳兴、颜文华、吴高岗等[5] [6] [7]在工程监理评标中引入了改进模糊综合评标法, 并验证了方法的可靠性和合理性。吴耀兴等[8]提出了把定性评价转化为定量评价的模糊综合评价模型, 改进评标方法的科学性。

从理论文献以及实际运用来看, 模糊综合评标是当前应用比较广泛、比较成熟的一种项目评标方法。然而从评标的角度来看该方法有两大缺点: 第一, 一般项目评标都会建立起一套完整的评价指标体系, 在评标的时候都会通过各种方法给每个指标赋予一定的权重, 这个权重一般在评价过程中保持不变。该方法不能剔除符合如下特点的投标方案: 该标的绝大部分指标都很符合要求, 但是某个关键指标却很不符合要求。第二, 一般来说, 评标的过程实际是比较选择的过程, 其目的是找出一个最优的投标方案。而模糊综合评标只能得出某个投标方案的评价向量, 而通过这些评价向量并不能很方便、准确地找出最优的投标方案。本文提出的变权重模糊综合评标法能很好的解决以上两个问题。

2. 模糊综合评标原理

模糊综合评标的理论基础是模糊决策, 该思想是由 Bellman 与 Zadeh [9]提出的, 其基本理论是将评价信息中的模糊信息利用模糊数学进行数值化, 再进行定量评价。模糊综合评标建立步骤如下:

1) 制定评价体系的指标集, 并分别记为 $U (U_1, U_2, \dots, U_n)$, 一般情况下如果采用多层次模糊评标, 则 U_i 可以再分。

2) 列出所有评价指标的评语集, 本文统一规定为 $V = \{y_1, y_2, \dots, y_m\}$ 。

3) 依靠掌握的信息逐一对评价指标 U_i 进行单因素评价, 得出单评价指标矩阵 $R_i = (R_{i1}, R_{i2}, \dots, R_{im})$, 其中 $i=1, 2, \dots, n$ 。这里 R_{ij} 表示评价指标 U_i 对评语 y_j 的隶属度(也即得分)。在综合评价时, 需要根据具体业务背景确定单评价指标评价矩阵 R_i , 本文评判过程采用最常用的专家评分法。即: 各位专家结合评语给每项评价指标打分, 分值区间[0~1]或[0~100], 每项评价指标在每项评语下的最终得分是各专家打分的平均值, 并以其作为对应的隶属度。最终得出的评价矩阵 R 如下式(1)所示:

$$R = \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} & \dots & R_{1m} \\ R_{21} & R_{22} & \dots & R_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ R_{n1} & R_{n2} & \dots & R_{nm} \end{bmatrix} \quad (1)$$

4) 确定 U 中各评价指标的权重, $W_i = (w_1, w_2, \dots, w_m)$, 且 $\sum_{i=1}^m w_i = 1$ 。

5) 得出 U 的最终评语: $B = W \circ R = (b_1, b_2, \dots, b_m)$, $i=1, 2, \dots, m$ 。符号“ \circ ”是一个广义的运算符号, 根据评判对象的不同又有很多计算方法, 本文采用 $M(\times, +)$ 计算模型。该计算方法在计算最终隶属度时考虑了所有因素的影响, 这符合本文中模型使用对象的要求。

6) 最终结果 B 是各投标者的得分向量。

典型的招标评价指标体系是两层评价指标体系，对于这样的评价指标体系模糊综合评标是首先逐个评判一级评价指标，得出所有的一级评价指标的评价矩阵。然后再次运用模糊综合评标来运算这些评价矩阵，得出整个投标方案的评价向量，如图 1 所示。最后根据这些评价向量来选择最后的中标方案。但评价向量并不能很好的将各个投标方案的优劣反应出来，而且权重也不能根据需要进行实时改变。

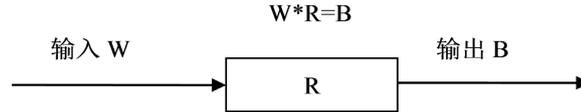


Figure 1. Fuzzy analytic hierarchy process
图 1. 单层次模糊综合评标

3. 变权重模糊综合评标

变权综合评标法的基本思想是评估指标权重随评估向量的值(各评价指标评估值组成的向量)改变而改变。

对于二级评价指标由于它一般不具有一票否决制，本文还是采用一般的模糊综合评标法，对得出的一级指标评价矩阵我们采用得分制法做如下的转换：我们对每个评语给出一定的分数。假设某个评语集对应的分数为 $S(100, 80, 70, 60, 0)$ 这个分数可以由专家根据公司的风险偏好讨论得出，这里需要保持评语分数是依次递减的。最后的评价结果是 $B * S^T$ ，得出的是一个具体的分数。

为进一步阐述本方法，本文设定的假设和要求如下：

1) 设对评价指标而言，涉及 $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$ 共 n 个一级评价指标分别获得单因素评估指标为 U_1, U_2, \dots, U_n ，且他们都是无量纲的或有相同的计量单位，还同属于某个有界闭区间。 U_i 可被解释为对总体而言评价指标 A_i 的功能完善程度，并约定 U_i 值越高 A_i 指标性能越好。取 $U_i \in [0, U_m]$ ，常取 $U_m = 1, 10, 100$ 等；当 $U_i = U_m$ 时，说明指标 A_i 十分完善；当 $U_i = 0$ 时，说明 A_i 指标功能很不完善。

2) 设 A_1, A_2, \dots, A_n 分别取评估值 U_1, U_2, \dots, U_n ，记 A_i 相对总体而言的权重为：

$$W_i = W_i(u_1, u_2, \dots, u_n), i = 1, 2, 3, \dots, n \tag{2}$$

即指标 A_i 的权重依赖各指标的单因素评估值。其中 $w_i \in (0, 1)$ 且 $\sum_{i=1}^n w_i = 1$ 。特别地，记

$$w_{mi} = w_i(u_m, u_m, \dots, u_m), i = 1, 2, 3, \dots, n \tag{3}$$

且 $w_{mi} \in (0, 1)$ ， $\sum_{i=1}^n w_{mi} = 1$ 。即 w_{mi} 表示所有一级评价指标得分都比较高的情况下，评价指标 A_i 所占的权重，并称为基础权重，它可以视具体情况选择层次分析法或者其他权重确定方法来得到，又令：

$$w_{0i} = w_i(u_m, \dots, u_m, 0, u_m, \dots, u_m), i = 1, 2, \dots, n \tag{4}$$

$w_{0i} \in (0, 1)$ ，它表示 A_i 的指标功能很不完善(得分 0)、其他的指标功能很完善得分最高值的情况下 A_i 所占的权重。前文提到，要加大评价指标得分非常不理想的一级评价指标的权重，故 w_{0i} 可视为因素 A_i 所占权重的上界(最大值)，本文称之为惩罚权重。 w_{0i} 可以由评估专家综合商定，在难以评估商定且 $n \geq 3$ ，建议按下式计算

$$w_{0i} = \frac{w_{mi}}{\min_{1 \leq j \leq n} w_{mj} + \max_{1 \leq j \leq n} w_{mj}}, j = 1, 2, \dots, n \tag{5}$$

特别地，对于具有一票否决权的评价指标，我们可以取 $w_{0i} = 1$ 。

以上简单定义了计算变权中需要用到的各种变量。下面介绍计算变权的方法。

为了能简便而且比较直观地获得 $w_i(u_1, u_2, \dots, u_n)$ ，我们引入函数 $\lambda_i(u) (i=1, 2, \dots, n)$ ，其中 $\lambda_i(0) = \lambda_{0i}$ ， $\lambda_i(u_m) = \lambda_{mi}$ ， λ_{0i} 和 λ_{mi} 是函数 $\lambda_i(u)$ 在 $[0, u_m]$ 上的最大值和最小值。

现设对于给定的一组指标评估值 u_1, u_2, \dots, u_n ，已经找到了 $\lambda_i(u) (i=1, 2, \dots, n)$ ，则令：

$$w_i(u_1, u_2, \dots, u_n) = \frac{\lambda_i(u_i)}{\sum_{j=1}^n \lambda_j(u_j)} \quad (i=1, 2, \dots, n) \tag{6}$$

对于已经给出了基础权重 $(w_{m1}, w_{m2}, \dots, w_{mn})$ 和惩罚权重 $(w_{01}, w_{02}, \dots, w_{0n})$ ，则先令

$$\lambda_{mi} = w_{mi} \quad (i=1, 2, \dots, n) \tag{7}$$

由 w_{0i} 和 w_{mi} 的定义及式(6)和式(7)可得

$$w_{0i} = \frac{\lambda_{0i}}{\lambda_{0i} + \sum_{j \neq i} w_{mj}}, \quad i=1, 2, \dots, n \tag{8}$$

故当 $w_{0i} \neq 1$ 时

$$\lambda_{0i} = \frac{w_{0i} \sum_{j \neq i} w_{mj}}{1 - w_{0i}}, \quad i=1, 2, \dots, n \tag{9}$$

式(8)和式(9)说明，当 $(u_{m1}, u_{m2}, \dots, u_{mn})$ 和 $(u_{01}, u_{02}, \dots, u_{0n})$ 已知时， $(\lambda_{01}, \lambda_{02}, \dots, \lambda_{0n})$ 和 $(\lambda_{m1}, \lambda_{m2}, \dots, \lambda_{mn})$ 也可被确定。

确定了 $\lambda_i(u) (i=1, 2, \dots, n)$ 的最大值和最小值后，我们可以由式 10 计算 $\lambda_i(u)$

$$\lambda_i(u) = \frac{\lambda_{\bullet i}^* \lambda_{0i}}{\lambda^* \exp\left(\frac{1}{1-k_i}\right) \left(\frac{u}{u_m}\right)^{1-k_i}}, \quad i=1, 2, \dots, n \tag{10}$$

其中 $\lambda^* = \sum_{i=1}^n \lambda_{0i}$

$$k_i = 1 - \frac{1}{\ln \frac{\lambda_{0i} (\lambda_{\bullet i}^* + w_{mi})}{\lambda^* w_{mi}}}$$

$$\lambda_{\bullet i}^* = \sum_{j \neq i} w_{mj}$$

$$\lambda_{\bullet i}^* = \sum_{j \neq i} \lambda_{0j}$$

当 $w_{0i} = 1$ 时：就是完全的一票否决制，由式(3)知 $\sum_{j \neq i} w_{mj} = 0$ ，所以令 $\lambda_{0i} = 0$ ；

通过以上介绍的公式就可以进行变权重模糊综合评标了。公式 5 的证明比较复杂，详细参考过程可以见参考文献[10]，图 2 是变权重模糊综合评标计算过程。

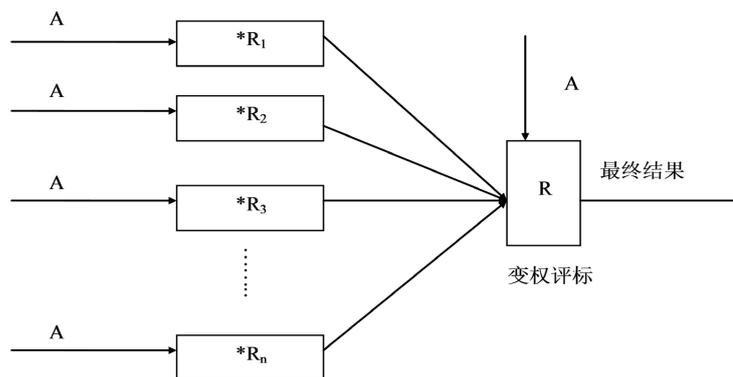


Figure 2. Integrated fuzzy evaluation methods with changing weight
图 2. 变权重模糊综合评标

4. 应用实例

为了应用的方便，本文已将本文中提到的评标模型用程序实现。下文将上述变权重模糊综合评标模型应用于 ZN 医院门诊综合楼建安工程招评标工作中，为了论述的方便，本文只选取对一级评价指标的评价部分。该项目最后确定的一级评价指标和相应的权重如表 1 所示：

Table 1. Weight of evaluation figures

表 1. 评价指标权重

	投标报价	企业实力	工程承诺	设计方案	社会信誉
基础权重	0.4	0.2	0.15	0.15	0.1
惩罚权重	0.7	0.3	0.4	0.6	0.2

进入最后评标流程的单位共有甲乙丙丁四家，经过对二级评价指标的评判得出各投标方案的一级评价指标的得分如下：

甲(84.32, 83.45, 90.21, 90.03, 87.18)

乙(85.31, 89.56, 75.32, 86.00, 90.25)

丙(94.76, 88.21, 90.26, 55.35, 92.46)

丁(78.01, 82.65, 83.94, 75.54, 76.35)

各投标方案的最后得分情况如图 3~6 所示：

权重	得分	计算后权重	惩罚权重
0.4000	84.3200	0.38	0.7000
0.2000	83.4500	0.21	0.3000
0.1500	90.2100	0.15	0.4000
0.1500	90.0300	0.15	0.6000
0.1000	87.1800	0.11	0.2000

变权总分 86.1919

原始总分 86.1720

Figure 3. Scores of Jia

图 3. 甲最后得分情况

权重	得分	计算后权重	惩罚权重
0.4000	85.3100	0.37	0.7000
0.2000	89.5600	0.20	0.3000
0.1500	75.3200	0.17	0.4000
0.1500	86.0000	0.15	0.6000
0.1000	90.2500	0.10	0.2000

变权总分 84.2061

原始总分 85.2590

Figure 4. Scores of Yi

图 4. 乙最后得分情况

权重	得分	计算后权重	惩罚权重
0.4000	94.7600	0.34	0.7000
0.2000	88.2100	0.20	0.3000
0.1500	90.2600	0.15	0.4000
0.1500	55.3500	0.22	0.6000
0.1000	92.4600	0.10	0.2000

变权总分 84.8224

原始总分 86.6335

Figure 5. Scores of Bing

图 5. 丙最后得分情况

权重	得分	计算后权重	惩罚权重
0.4000	78.0100	0.38	0.7000
0.2000	82.5600	0.20	0.3000
0.1500	83.9400	0.15	0.4000
0.1500	75.5400	0.16	0.6000
0.1000	76.3500	0.11	0.2000

变权总分 79.2317

原始总分 79.2730

Figure 6. Scores of Ding

图 6. 丁最后得分情况

从计算结果来看：若不采用变权重的思想，丙方案得分最高，但从实际来看，丙方案的设计方案子项得分最低，存在较大设计缺陷(得分仅 55.35 分)，可能让工程产生安全隐患，是应该被排除的方案，而采用变权重方法评标得分最高的方案是甲方案，从实际来看甲方案各子项得分既均衡也较高，是最优方案。

5. 结论

评标流程是确保工程质量、保护甲方利益的重要流程，变权重模糊评标法通过设定基础权重、惩罚权重以及相应数学计算消除了传统模糊评标法中无法剔除总体得分较高但个别指标得分非常低的投标方案，评选出的投标方案总体得分较高、各指标得分也较为均衡。

参考文献

- [1] 黄小雁, 章凌云. 模糊综合评价法在施工招标综合评标法中的应用[J]. 福建建筑, 2021(2): 85-89.
- [2] 丰景春, 陈立民, 胡肇枢. 水利工程评标综合评分法及其模型研究[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2003, 31(4): 461-465.
- [3] 艾世攀. 基于面积比模糊综合评价法的工程评标研究[J]. 武汉理工大学学报(信息与管理工程版), 2016, 38(2): 197-200.
- [4] 王锐. 模糊综合评判法在技术标评审中的应用[J]. 江西建材, 2020(3): 135-136.
- [5] 郭佳兴. 改进模糊综合评价法在水利工程监理评标中的应用研究[J]. 地下水, 2020, 42(2): 252-253.
- [6] 颜文华. 改进模糊综合评价法在工程监理评标中的应用分析[J]. 居舍, 2018(8): 248-249.
- [7] 吴高岗, 高玉丽, 张翼. 改进模糊综合评价法在工程监理评标中的应用[J]. 工程经济, 2016, 26(3): 73-76.
- [8] 吴耀兴, 陈政辉. 模糊综合评价法在工程项目评标中的运用[J]. 建筑经济, 2009(10): 64-67.
- [9] Bellman, R. and Zadeh L.A. (1970) Decision-Making in a Fuzzy Environment. *Management Science*, 17, B141-B164. <https://doi.org/10.1287/mnsc.17.4.B141>
- [10] 彭祖赠. 模糊(Fuzzy)数学及其应用[M]. 武汉: 武汉水利出版社, 2002.