

文章编号:1673-9469(2015)03-0087-03

doi:10.3969/j.issn.1673-9469.2015.03.021

基于区间直觉模糊数的水利工程评标研究

叶凯,章恒全

(河海大学商学院,江苏南京 211100)

摘要:针对水利工程评标过程中各个评价指标存在信息的模糊性,设计两个步骤予以解决:一、根据水利工程评标中普遍使用的指标体系,运用专家打分法确定各评价指标的权重;二、建立区间直觉模糊矩阵,结合加权 Hamming 距离的概念,以备选方案与正、负理想解的综合距离为综合标准来对方案进行优选。该方法将评价信息进行量化处理,减少了由于主观因素引起的误差,使结果更加客观准确。以一个水利工程评标为例进行分析,计算结果最佳方案(即最优投标单位)是 A4,最劣的方案为 A1,表明利用该模型对水利工程评标中的各投标方案进行优选具有一定的操作性,而且利用该方法得出的评价结果与实际情况比较一致。

关键词:评标;水利工程;直觉模糊数

中图分类号:TV512

文献标识码:A

Study on the bidding of hydraulic engineering based on interval intuitionistic fuzzy number

YE Kai,ZHANG Heng-quan

(Business School,Hohai University,Jiangsu Nanjing 211100,China)

Abstract: Bidding information is not all clear in the hydraulic engineering bid evaluation, so we undertook two steps to solve the above problem. First, according to the index system commonly used in bidding evaluation of hydraulic engineering, the weight of each evaluation index was determined by Delphi method. Second, the Interval intuitionistic fuzzy matrix is established, then selected the optimal from the alternatives by calculating the value of compound distances between alternatives and positive and negative ideal solutions, by means of applying the concept of weighted Hamming distance. This method makes the evaluation information quantitative, reducing errors due to subjective factors, so the results will be more objective and accurate. Through a hydraulic project example to illustrate the application of the method, the result is that the best solution is A4 and the worst is A1, showing that this model works for hydraulic engineering were optimized for each bidding evaluation program objective, reasonable and effective.

Key words: bidding evaluation; hydraulic engineering; intuitionistic fuzzy number

目前,在水利工程项目评标中,常用的方法有最低价评标法、定性或定量综合评议法^[1]。许多学者将 TOPSIS 法^[2]、灰色关联分析法^[3-4]等引进到水利工程项目评标中,进而优选方案。但这些方法有较大的局限性,水利工程评标本身是一个模糊概念,又受到客观环境的复杂性、决策者的知识结构和专业水平等因素的影响,决策者对备选

方案的各个指标存在着信息的模糊性。由此,盛松涛等^[5]将定性定量结合起来,构建了模糊综合评价模型,但模糊综合评价的隶属度是一个单一的值,而决策者对备选方案还存在着一定的犹豫度。因此,模糊综合评价法并不能完整地反映所研究问题的完整信息,而用直觉模糊数或区间直觉模糊数来表达决策者的偏好信息更加合适。

收稿日期:2014-11-04

基金项目:江苏省自然科学基金资助项目(BK20130847)

作者简介:叶凯(1989-),男,湖北黄冈人,硕士,从事项目管理方向的研究。

本文在区间直觉模糊理论的相关研究成果基础上^[6-7],针对水利工程评标存在的问题,构建基于区间直觉模糊数的决策模型,对水利工程评标中的各投标方案进行优选。

1 基于区间直觉模糊数的评标方法

1.1 构建区间直觉模糊数决策矩阵

设 $A = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$ 为方案集, $P = \{P_1, P_2, \dots, P_n\}$ 为属性集, $\omega = \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n\}$ 为属性的权重向量,其中 ω_j 为属性 P_j 权重,满足 $\sum_{j=1}^n \omega_j = 1$ 和 $\omega_j \in [0, 1]$ 。假设决策者对方案 $A_i \in A (A_1, A_2, \dots, A_m)$ 关于属性 $P_j \in P (P_1, P_2, \dots, P_n)$ 的特征信息用区间直觉模糊数表示,属性值为区间直觉模糊数 $A = \{ \langle P_j, \tilde{\mu}_{A_i}(P_j), \tilde{\nu}_{A_i}(P_j) \rangle | P_j \in P \}, (i=1, 2, \dots, m), (j=1, 2, \dots, n)$ 其中 $\tilde{\mu}_{A_i}(P_j)$ 和 $\tilde{\nu}_{A_i}(P_j)$ 分别表示决策者对于方 A_i 案关于属性 P_j 的满足程度和不满程度。这里 $\tilde{\mu}_{A_i}(P_j)$ 和 $\tilde{\nu}_{A_i}(P_j)$ 的取值应满足条件:

$$\tilde{\mu}_{A_i}(P_j) \in [0, 1], \tilde{\nu}_{A_i}(P_j) \in [0, 1],$$

$$0 \leq \sup \tilde{\mu}_{A_i}(P_j) + \sup \tilde{\nu}_{A_i}(P_j) \leq 1$$

假设 $\tilde{\mu}_{A_i}(P_j) = [a_{ij}, b_{ij}], \tilde{\nu}_{A_i}(P_j) = [c_{ij}, d_{ij}]$,从而构造区间直觉模糊数决策矩阵,并对各属性值进行规范化处理得到规范化决策矩阵: $\tilde{Z} = (\tilde{x}_{ij})_{m \times n} = ([a_{ij}, b_{ij}], [c_{ij}, d_{ij}])_{m \times n}$

1.2 确定区间直觉模糊数的正、负理想方案

本文借鉴逼近理想解法的思想确定正、负理想方案如下:

$$r^+ = (([a_1^+, b_1^+], [c_1^+, d_1^+]), ([a_2^+, b_2^+], [c_2^+, d_2^+]), \dots, ([a_n^+, b_n^+], [c_n^+, d_n^+])) \quad (1)$$

$$r^- = (([a_1^-, b_1^-], [c_1^-, d_1^-]), ([a_2^-, b_2^-], [c_2^-, d_2^-]), \dots, ([a_n^-, b_n^-], [c_n^-, d_n^-])) \quad (2)$$

其中

$$\begin{cases} ([a_j^+, b_j^+], [c_j^+, d_j^+]) = ([\max_i a_{ij}, \max_i b_{ij}], [\min_i c_{ij}, \min_i d_{ij}]) \\ ([a_j^-, b_j^-], [c_j^-, d_j^-]) = ([\min_i a_{ij}, \min_i b_{ij}], [\max_i c_{ij}, \max_i d_{ij}]) \end{cases}$$

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

1.3 各方案到正、负理想方案的加权 Hamming 距离

假设 $\alpha_j^1 = ([a_j^1, b_j^1], [c_j^1, d_j^1])$ 和 $\alpha_j^2 = ([a_j^2, b_j^2], [c_j^2, d_j^2]) (j = 1, 2, \dots, n)$ 为任意的两组区间直觉模糊数,则计算 α_j^1 与 α_j^2 的加权 Hamming 距离为:

$$d(\alpha_j^1, \alpha_j^2) = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^n \omega_j [|a_j^1 - a_j^2| + |b_j^1 - b_j^2| + |c_j^1 - c_j^2| + |d_j^1 - d_j^2|] \quad (3)$$

由此,计算各个备选方案到正理想方案和负理想方案的加权 Hamming 距离为:

$$d(\tilde{r}_i, r^+) = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^n \omega_j [|a_{ij} - a_j^+| + |b_{ij} - b_j^+| + |c_{ij} - c_j^+| + |d_{ij} - d_j^+|] \quad (4)$$

$$d(\tilde{r}_i, r^-) = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^n \omega_j [|a_{ij} - a_j^-| + |b_{ij} - b_j^-| + |c_{ij} - c_j^-| + |d_{ij} - d_j^-|] \quad (5)$$

1.4 计算各个备选方案的综合距离

$$d_i = p \frac{d(\tilde{r}_i, r^+)}{d} + (1-p) \left(1 - \frac{d(\tilde{r}_i, r^-)}{d} \right) \quad (6)$$

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

式中 d 为 r^+ 和 r^- 之间的距离; p 为一个参数,其取值视情况而定,且 $0 < p < 1$ 。

按 d_i 值的大小对各个备选方案进行优先排序, d_i 越大,则相应的方案为最优。

2 算例计算

水利工程建设通常是一项复杂的系统工程,对投标单位的评价而言涉及多个方面,如要求投标报价最低、工程质量最高、施工工期最短、类似工程经验丰富、投标单位财务状况良好等。但在实际水利工程项目建设中,这些目标往往相互制约、相互联系。因此为了实现总体目标的最大化,需要综合考虑多方面的因素,对评价指标进行量化处理。某水利工程项目进行公开招标,经过初步资格审查,确认合格投标单位共有 5 家,即共有 5 种投标有效方案,记为 A_1, A_2, A_3, A_4, A_5 ,组织评标专家对这 5 个投标方案进行评标。采用水利工程评标中普遍使用的指标体系,主要从投标报价 P_1 、施工组织设计 P_2 、工程质量 P_3 、施工工期 P_4 、类似工程经验 P_5 、投标人资质 P_6 、企业财务状况 P_7 等方面考虑。

表1 五个投标单位的区间直觉模糊数决策表

Tab.1 Interval intuitionistic fuzzy number decision table of five bidders

	$P_1(0.42)$	$P_2(0.13)$	$P_3(0.06)$	$P_4(0.14)$	$P_5(0.07)$	$P_6(0.09)$	$P_7(0.09)$
A_1	$([0.2,0.3], [0.4,0.5])$	$([0.6,0.7], [0.2,0.3])$	$([0.4,0.5], [0.2,0.4])$	$([0.7,0.8], [0.1,0.2])$	$([0.1,0.3], [0.5,0.6])$	$([0.1,0.3], [0.5,0.6])$	$([0.5,0.6], [0.1,0.3])$
A_2	$([0.6,0.7], [0.2,0.3])$	$([0.5,0.6], [0.1,0.3])$	$([0.6,0.7], [0.2,0.3])$	$([0.6,0.7], [0.1,0.2])$	$([0.3,0.4], [0.5,0.6])$	$([0.4,0.7], [0.1,0.2])$	$([0.6,0.7], [0.1,0.2])$
A_3	$([0.4,0.5], [0.3,0.4])$	$([0.7,0.8], [0.1,0.2])$	$([0.5,0.6], [0.3,0.4])$	$([0.6,0.7], [0.1,0.3])$	$([0.4,0.5], [0.3,0.4])$	$([0.3,0.5], [0.1,0.3])$	$([0.2,0.4], [0.3,0.5])$
A_4	$([0.6,0.7], [0.2,0.3])$	$([0.5,0.7], [0.1,0.3])$	$([0.7,0.8], [0.1,0.2])$	$([0.3,0.4], [0.1,0.2])$	$([0.5,0.6], [0.1,0.3])$	$([0.7,0.8], [0.1,0.2])$	$([0.3,0.5], [0.2,0.3])$
A_5	$([0.5,0.6], [0.3,0.4])$	$([0.3,0.4], [0.3,0.5])$	$([0.6,0.7], [0.1,0.3])$	$([0.6,0.8], [0.1,0.2])$	$([0.6,0.7], [0.2,0.3])$	$([0.5,0.6], [0.3,0.4])$	$([0.5,0.7], [0.2,0.3])$

表2 区间直觉模糊正理想解和负理想解

Tab.2 Interval Intuitionistic fuzzy positive ideal solution and negative ideal solution

	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7
r^+	$([0.6,0.7], [0.2,0.3])$	$([0.7,0.8], [0.1,0.2])$	$([0.7,0.8], [0.1,0.2])$	$([0.7,0.8], [0.1,0.2])$	$([0.6,0.7], [0.1,0.3])$	$([0.7,0.8], [0.1,0.2])$	$([0.6,0.7], [0.1,0.2])$
r^-	$([0.2,0.3], [0.4,0.5])$	$([0.3,0.4], [0.3,0.5])$	$([0.3,0.5], [0.3,0.4])$	$([0.3,0.4], [0.1,0.3])$	$([0.1,0.3], [0.5,0.6])$	$([0.3,0.5], [0.2,0.4])$	$([0.2,0.4], [0.3,0.5])$

通过专家打分法确定 $P_1 - P_7$ 等评价指标的权重为: $\omega_j = \{0.42, 0.13, 0.06, 0.14, 0.07, 0.09, 0.09\}$ 。

(1) 用区间直觉模糊值表示 5 个投标单位对评价指标的满足程度, 假设表 1 的各属性值已经进行了规范化处理。

(2) 根据表 1 确定区间直觉模糊数的正理想方案和负理想方案, 结果如表 2 所示。

(3) 计算正、负加权理想方案的距离为 $d = 0.294$, 计算得出 5 个备选方案到正理想方案和负理想方案的加权 Hamming 距离分别为 $A_1(0.230, 0.094)$ 、 $A_2(0.061, 0.221)$ 、 $A_3(0.143, 0.156)$ 、 $A_4(0.060, 0.232)$ 、 $A_5(0.117, 0.176)$ 。

(4) 计算 5 个备选方案的综合距离, 为方便计算, 取 $p = 0.5$, 得出 5 个投标单位与正、负理想方案的综合距离分别为 $d_1 = 0.269$ 、 $d_2 = 0.773$ 、 $d_3 = 0.523$ 、 $d_4 = 0.795$ 、 $d_5 = 0.601$ 。

(5) 根据 5 个备选方案的综合距离的大小, 按从大到小排序为 $d_4 > d_2 > d_5 > d_3 > d_1$, 由此可以得到其优劣次序为: $A_4 > A_2 > A_5 > A_3 > A_1$, 最佳方案是 A_4 , 其次是 A_2 , 最劣的方案为 A_1 , 因此最终得出 A_4 为中标单位。该案例最终的中标单位确为 A_4 , 实例证明此方法的评价结果与实际情况比较一致, 满足预期的效果。

算各投标方案的综合距离 d_i , 并按其大小来确定投标方案。该方法将评价信息进行了量化处理, 尽可能地减少了评标专家的由于主观因素引起的误差, 使结果更加客观, 该过程并不繁琐, 在水利工程评标领域中具有一定的操作性。同时, 实例证明此方法的评价结果与实际情况比较一致, 满足预期的效果。

参考文献:

[1] 金 臻, 张文涛, 孙 卓. 我国现有水利工程评标方法评析 [J]. 贵州水利发电, 2011, 25(6): 68 - 70.
 [2] 何玉春, 谢明勇, 黄亚婷. 基于熵权的 TOPSIS 模型在水利工程评标决策中的应用 [J]. 黑龙江水专学报, 2009, 36(2): 45 - 47.
 [3] 王丽萍, 吕忠义. 基于灰色关联加权法的水利工程评标研究 [J]. 内蒙古师范大学学报: 自然科学汉文版, 2013, 42(3): 280 - 283.
 [4] 叶智峰. 基于灰色 AHP 的水利工程项目投资风险分析 [J]. 河北工程大学学报: 自然科学版, 2014, 31(4): 90 - 93.
 [5] 盛松涛, 毛建平, 苏村安. 模糊综合评价法在水利工程中的应用研究 [J]. 人民长江, 2008, 39(3): 104 - 106.
 [6] ATANASSOV K. Intuitionistic Fuzzy sets [J]. Fuzzy Sets and Systems, 1986, 20(1): 87 - 96.
 [7] ATANASSOV K. More on intuitionistic Fuzzy sets [J]. Fuzzy Sets and Systems, 1989, 33(1): 37 - 46.

(责任编辑 王利君)

3 结 论

在区间直觉模糊数理论的基础上, 只需要计