



熵权系数法

在湖北某高速公路投标决策中的应用

□ 高智神 中南大学土木建筑学院

摘要:在分析影响投标决策各种不确定性因素的基础上,用熵权表示各种不确定性的程度,建立了以熵权系数法确定指标权重的系数模型,减少了人为的主观因素,提高了决策的科学性和合理性。

一、前言

投标作为集技术、经济、管理、社会环境和人文环境等诸多要素的综合性工作,在其各环节的多方面存在着不确定因素。尤其是高速公路项目具有规模大、周期长、技术难度高、施工组织管理要求高等特点,同时,同一项目的竞争单位多,利润水平低,从而使得这些项目具有很大的风险性。作为高速公路施工企业,在项目投标时要慎重决策,应综合评定各方面因素,同时结合自身情况作出相应的决策。

二、工程情况

××高速公路全长 153.591 公里,全线采用四车道高速公路标准建设,设计车速为 120 公里/小时,路基宽 28 米。桥涵设计荷载为汽车——超 20 级,挂车——120。预期工期为 32 个月。资金来源为××高速公路有限公司,项目共分 16 个合同段进行招标,工程内容为路基及涵洞、桥梁、隧道、路面、房建和绿化等。

三、熵权法的决策模型

1、熵权法论的基本原理

熵(Entropy)原是统计物理学和热力学中的一个物理概念,在热力学中熵是指一个热力系统在热功转化过程中,热能被有效利用的程度。在统计物理学中,熵是分子运动无序度的度量。在信息系统中的信息熵是信息无序度的度量,信息熵越大,信息的无序度越高,其信息的效用值越小;反之,信息熵越小,信息的无序度越小,信息的效用值越大。

利用熵权系数法来估算各指标的权重,其本质是利用该指标的价值系数来计算,其价值系数越高,对评价的重要性越大。这种评价不是单纯地建立在概率基础上,而是以决策者预先确立起来的偏好关系为基础,将决策者主观判断与待评价对象的固有信息结合起来的方法。

设有 n 个工程投标项目进行决策,有 m 个评价指标,有初始指标数据阵 $X = \{x'_{ij}\}_{m \times n}$ 指标值 x_{ij} 的差距越大,则该指标在综合评价中所起的作用越大;如果全部指标值相等,则该指标在综合评价中不起作用。

2、初始指标数据矩阵的标准化

初始指标数据矩阵的标准化视目标值的标准情况而定,有以下三种情况:

①当目标效果越大越好时,

$$x_{ij} = \frac{x'_{ij} - \min x'_{ij}}{\max x'_{ij} - \min x'_{ij}}$$

②当目标效果接近某一适中值 x_0 为好时,

$$x_{ij} = 1 - \frac{|x'_{ij} - x_0|}{\max_j |x'_{ij} - x_0|}$$

③当目标效果越小越好时,

$$x_{ij} = \frac{\max x'_{ij} - x'_{ij}}{\max x'_{ij} - \min x'_{ij}}$$

3、项目投标决策模型

①熵的计算。

将初数据始矩阵 $X = \{x'_{ij}\}_{m \times n}$ 各项指标同度量化, 计算第 j 个方案指标值的比重 $p_{ij}, p_{ij} = \chi_{ij} / \sum_{j=1}^n \chi_{ij}$, 则第 i 个指标的熵值 h_i 为

$$h_i = -k \sum_{j=1}^n p_{ij} \ln p_{ij} \quad (1)$$

其中 $k > 0$, 取 $k = 1 / \ln n$, 且假定 $p_{ij} = 0$ 时, $p_{ij} \ln p_{ij} = 0$ 。

②熵权的计算。

第 i 个评价指标的熵权 ω_i 为

$$\omega_i = \frac{1 - h_i}{m - \sum_{i=1}^m h_i}, 0 \leq \omega_i \leq 1, \sum_{i=1}^m \omega_i = 1 \quad (2)$$

③加熵权的计算。

对目标矩阵进行标准化后, 得到目标矩阵 $X = (\chi_{ij})_{m \times n}$ 与熵权相乘即可得到加权熵 A, 即

$$A = \begin{pmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} & \cdots & \alpha_{1n} \\ \alpha_{21} & \alpha_{22} & \cdots & \alpha_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \alpha_{m1} & \alpha_{m2} & \cdots & \alpha_{mn} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \omega_1 \chi_{11} & \omega_1 \chi_{12} & \cdots & \omega_1 \chi_{1n} \\ \omega_2 \chi_{21} & \omega_2 \chi_{22} & \cdots & \omega_2 \chi_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \omega_m \chi_{m1} & \omega_m \chi_{m2} & \cdots & \omega_m \chi_{mn} \end{pmatrix}$$

④理想点的确定。

理想点即是最优的效果向量, 理想点 $P = (P_1, P_2, \dots, P_m)^T$

若目标效果值越大越好时, $P_i = \max_i \{ \alpha_{ij} \mid i, j = 1, 2, \dots, m \}$

若目标效果值越小越好时, $P_i = \min_i \{ \alpha_{ij} \mid i, j = 1, 2, \dots, m \}$

工程投标项目影响因素的效果值不是越大越好就是越小越好, 没有接近某一适中值 x_0 为好的情况, 因此负的理想点为 $P_0 = (0, 0, \dots, 0)^T$ 。

⑤用解析法计算决策方案到理想点的距离和贴近程度。

利用加权欧几里几何定义计算决策方案到理想点的距离 d 为

$$d_i = \sqrt{\sum_{j=1}^m (\alpha_{ij} - p_j)^2}, j = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

决策方案到理想点的相对贴度 T 为

$$T_i = 1 - \frac{\sum_{j=1}^m \alpha_{ij} p_j}{\sum_{j=1}^m p_j^2} \quad (4)$$

4、项目投标决策

根据算出的 T_i 值, T_i 对各投标项目进行排序, 选择 T_i 最低的投标项目, 若 T_i 值相等, 则用 d 加以区别, 选择 d 值小的投标项目。

四、应用

对湖北某高速公路工程 16 个合同段进行了分析和比较, 并重点对其中四个合同段进行投标分析。令这四个项目分别为 A、B、C、D, 比较情况见表 1。

1、投标项目影响因素的确定

对该工程项目投标分析主要从如下几个方面来进行: ①企业中标后的收益值(万元), 这一目标可以通过绘制决策树进行分析和取值, 指标值越大越好, 为极大目标值; ②投标风险值, 投标风险值指标越小越好, 为极小目标值; ③管理、技术人员条件, 指施工企业能否抽出足够的、水平相应的管理人员、技术人员参加该项工程, 可用管理技术人员的到位率表示, 为极大目标值; ④类似工程经验, 为极大目标值; ⑤中标后可能带来的长期效益, 为极大目标值; ⑥竞争对手情况, 即竞争对手的数量、实力、投标常用的方法等, 为极大目标值。

2、评价指标的评分

由于建筑工程企业投标影响因素的模糊性, 根据建筑企业的具体情况, 专家不可能对各个因素精确评价。对于一些定性因素, 直接根据优劣等级将其模糊量化成相应的评分, 每项因素根据优劣程度分为五级, 好为 5 分, 较好为 4 分, 一般为 3 分, 较差为 2 分, 差为 1 分; 而对于一些定量因素, 则直接计算或估算出具体的值, 得到原始指标数据矩阵, 如表 1 所示。

招标投标

表1 原始指标数据矩阵

	A	B	C	D
工程收益值(万元)	660	920	350	280
投标风险	5	4	2	1
竞争对手的情况	3	3	5	4
管理、技术人员到位率	3	2	4	5
类似工程经验	4	2	3	5
中标后可能带来的长期效益	3	4	5	1

3、原始数据矩阵标准化

在这些影响因素中,工程收益、竞争对手情况、管理及技术人员到位率、类似工程经验、中标后可能带来的长期效益为极大目标,投标风险为极小目标,得到标准化矩阵为:

0.594	1	0.109	0
0	0.25	0.75	1
0	0	1	0.5
0.333	0	0.667	1
0.667	0	0.333	1
0.5	0.75	1	0

4、投标项目决策模型

①熵的计算。

根据 $p_{ij} = X_{ij} / \sum_{j=1}^n X_{ij}$, 计算第 j 方案指标值的比重

p_{ij} , 结果为

0.349	0.587	0.064	0
0	0.125	0.375	0.6
0	0	0.667	0.333
0.167	0	0.333	0.5
0.333	0	0.167	0.5
0.222	0.333	0.444	0

根据公式(1)算出各指标的熵, $k=1/\ln n=0.721$; 得到 $h_1=0.618, h_2=0.703, h_3=0.459, h_4=h_5=0.730,$

$h_6=0.765$ 。

②熵权的计算。

根据公式(2)算出各指标的熵权,结果如表2所示。

表2 熵权

ω_1	ω_2	ω_3	ω_4	ω_5	ω_6
0.192	0.149	0.271	0.135	0.135	0.118

则得到的加熵权 A 为

$$A = \begin{pmatrix} 0.067 & 0.112 & 0.012 & 0 \\ 0 & 0.019 & 0.056 & 0.074 \\ 0 & 0 & 0.181 & 0.09 \\ 0.023 & 0 & 0.045 & 0.068 \\ 0.045 & 0 & 0.023 & 0.068 \\ 0.026 & 0.039 & 0.052 & 0 \end{pmatrix}$$

则理想点为(0.112,0.074,0.181,0.068,0.068,0.052)。

③用解析法计算决策方案到理想点距离和贴近期度。

根据公式(3)和公式(4)算出的决策方案到理想点的距离和贴近期度,其结果见表3所示。

表3 距离和贴近期度

	A	B	C	D
距离 d	0.209	0.212	0.114	0.153
贴近期度 T	0.786	0.743	0.275	0.505

5、投标项目的决策

从表3可以看出 $T_C < T_D < T_B < T_A$, 所以选择 C 项目进行投标。

五、结语

运用现代决策理论,建立了以贴近期度为评估参数的模糊多属性决策模型进行目标选择决策,并通过采用熵权系数方法,对工程投标项目的影响因素进行更为准确的信息分析,较为理想地反映了各战略因素在竞争意义上的相对激烈程度,减少了人为的主观因素,使决策更合理、更科学,为提高企业投标竞争实力提供有利的决策工具,具有较大的实用价值。

