

# The application study of analytic hierarchy process in bidding decision of engineering project

Xinzheng Wang<sup>1</sup>, Ping He<sup>2</sup>

<sup>1</sup>School of Civil Engineering, NanYang Normal University, NanYang, P.R.China

<sup>2</sup>School of fine arts and arts design, NanYang Normal University, NanYang, P.R.China

Email: wxz791023@126.com, hepingleunwen@yahoo.com.cn

**Abstract:** Considering the problems existed in the bid decision of engineering project, the method of Analytic Hierarchy Process (AHP) is introduced to the decision making process by regarding bid evaluation as one system. AHP can systematically solve a planning problem concerning both quantitative and qualitative factors, and it can even deal with the problem with uncertain decision. At first, eighteen factors are chosen from many of the selected ones affecting bidding decision, then the analytic hierarchy process is used to research the weight of each chosen factor, and at last, a bidding decision is determined. The result indicates that it is scientific and reasonable for bidding decision based on analytic hierarchy process.

**Keywords:** bidding; multiple objectives; analytic hierarchy process (AHP)

## 层次分析法在投标报价决策中的应用研究

王新征<sup>1</sup>, 贺萍<sup>2</sup>

<sup>1</sup>南阳师范学院土木建筑工程学院, 南阳, 中国, 473061

<sup>2</sup>南阳师范学院美术与艺术设计学院, 南阳, 中国, 473061

Email: wxz791023@126.com, hepingleunwen@yahoo.com.cn

**摘要:** 针对投标报价决策中存在的问题, 将报价决策看成一个系统, 把层次分析这一系统分析方法引用到投标报价决策中。层次分析法能够系统地处理包含多种定量和定性因素的决策问题以及决策因素的不确定性, 并能充分体现多元决策主体的意见和偏好。本文首先从众多影响报价的因素中选取 18 个较为重要的因素, 再利用层次分析法确定各因素的权重, 最后采用模糊决策评选出最为合适的报价决策。结果表明, 采用该模式选取的报价决策具有一定的科学性和合理性, 值得推广应用。

**关键词:** 投标报价; 多目标; 层次分析法

## 1 引言

随着我国招投标制度的不断完善, 建筑企业和承包商不可避免地要面对越来越激烈的投标竞争, 要想在竞争中取胜, 就必须研究工程项目投标的决策问题。相对来说报价过高时其投标成功的可能性很小, 但报价过低时其中标机率增大了, 但中标后得不到相应的利润回报甚至亏损, 使企业陷入被动。因此制定合理的报价决策是投标成败的关键<sup>[1-2]</sup>。在激烈竞争的市场条件下, 影响投标报价的因素很多, 承包商在报价的过程中仅凭经验或直觉很难做出最佳的选择。在众多因素影响下的投标报价决策是一个在多准则下的方案选择问题, 层次分

析法是解决这类问题的一种有效方法。因此, 本文在分析影响投标报价因素的基础上, 建立多目标决策模型, 运用层次分析法来解决投标报价策略问题。

## 2 层次分析法

### 2.1 基本原理

层次分析法简称 AHP 法。其基本原理是: 首先将复杂的问题层次化, 根据问题和要达到的目标, 将问题分解为不同的组成因素, 并按照因素间的相互关联以及隶属关系将因素按不同层次聚集组合, 形成一个多层次的的分析结构模型。根据系统的特点和基本原则, 对各层的因素进行对比分析, 构造出判断矩阵, 用求解判断矩阵最大特征根及其特征向量的方法得到各因素的相对权重; 最终进行综合判断, 为决策的选择提

基金项目: 河南省软科学研究计划项目 (092400440076); 河南省教育厅自然科学基金研究计划项目 (2009B630006); 南阳市科技局 (2008RK015)

供依据<sup>[3]</sup>。

## 2.2 基本步骤

### 2.2.1 建立问题的层次结构模型

将决策的各指标分层排序，依据指标之间的层次关系建立决策层次结构。层次结构模型分为方案层、准则层和目标层，同一层次元素作为准则，对下一层次元素起支配作用，同时它又受上一层次元素的支配。

### 2.2.2 构造两两比较判断矩阵

判断矩阵是决策者根据同一层次各指标对上一层次相应指标的重要性所给出的矩阵。判断矩阵中评价指标权重是评价指标相对重要性的定量表示，采用能够反映决策者意向的主观赋权法中的层次分析法构造比较判断矩阵来确定各评价指标的权重。为了使各指标之间进行两两比较得到量化的判断矩阵，可引入9级标度法。

### 2.2.3 层次单排序及一致性检验

层次单排序就是计算判断矩阵的最大特征根和特征向量，计算步骤为：

①计算判断矩阵每行所有元素积的方根，

$$\bar{\omega}_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}} \quad (1)$$

得到，

$$\bar{\omega} = (\bar{\omega}_1, \bar{\omega}_2, \dots, \bar{\omega}_n)^T; \quad (2)$$

②将 $\bar{\omega}_i$ 归一化，计算特征向量的近似值

$$\omega_i'' = \frac{\bar{\omega}_i}{\sum_{j=1}^n \bar{\omega}_j} \quad (3)$$

$\omega_i''$ 也是各因素的相对权重；

③进行一致性检验，计算判断矩阵的最大特征值

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(A\omega'')_i}{\omega_i''} \quad (4)$$

判断矩阵一致性指标为：

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}, \quad (5)$$

随机一致性比率为：

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (6)$$

其中 $RI$ 的取值按 $n=1, 2, \dots, 9$ 分别取值0, 0,

0.58, 0.90, 1.12, 1.24, 1.32, 1.41, 1.45, 当 $CR < 0.1$ 时，认为判断矩阵具有满意的一致性，否则就重新调整判断矩阵。

### 2.2.4 层次总排序及一致性检验

在经过层次单排序以后，还需要计算所有指标对总目标的层次总排序，其目的是为了更加清晰地表达所有指标对系统总目标的重要性，从而使决策者根据不同的重要性进行有区别的处理。

利用同一层次中所有层次单排序的计算结果，就可以计算针对上一层次而言的本层次所有元素的重要性权重值，这就称为层次总排序。层次总排序需要从上到下逐层顺序进行，对于最高层，其层次单排序就是其总排序。现假设进行到 $A$ 层，它包含有 $m$ 个因素 $A_1, A_2, \dots, A_m$ ，得到的层次总排序权值分别为

$a_1, a_2, \dots, a_m$ ，设其下一层次（ $B$ 层）包括 $n$ 个元素 $B_1, B_2, \dots, B_n$ ，它们对于 $A_j$ 的层次单排序权值已知 $b_1^j, b_2^j, \dots, b_n^j$ 。这里如果 $B_i$ 与 $A_j$ 无联系，则 $b_i^j = 0$ 。这样， $B$ 层元素的层次总排序权值可按表3计算求得，得到 $B$ 层对于最高层的层次总排序权值 $\omega_i''$ 。显然，有 $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m a_j b_i^j = 1$ 。

层次总排序也要进行一致性检验。检验从高到低逐层进行。设与 $A$ 层中因素对应的 $B$ 层次中判断矩阵的一致性指标为 $CI_j$ ；平均随机一致性指标为 $RI$ ，则 $B$ 层总排序随机一致性比率 $CR < 0.1$ 时，认为该层次总排序的结果具有满意的一致性，否则需对本层次各判断矩阵进行调整，再次进行分析。经过一致性检验的向量 $\omega''$ 即为指标的AHP权向量。

## 3 案例分析

某高校由于发展需要，计划建一座综合性体育馆，体育馆建筑面积12587.93m<sup>2</sup>，主体地上5层，建筑高度23m，采用钢筋混凝土框架结构。现有多家单位对该项工程进行投标，其中某建筑公司在投标报价分析过程中应用层次分析法对投标报价决策中的影响因素进行分析。根据报价影响因素的分类和体育馆建设的相关情况，运用层次分析法分析进行投标报价的过程如下：

### 3.1 确定影响投标报价的指标因素及建立层次结构模型

工程项目投标报价受工程项目的规模、复杂性和技术含量等因素的影响，同时也受时间、资源和环境

等因素的制约，这些因素中既有定性因素，也有定量因素。在投标过程中，承包商根据自己的经验将影响投标报价的因素分为 3 类<sup>[4]</sup>：项目因素、企业自身因素和环境因素。这 3 大关键因素又可进一步细分为 18 种因素，具体的层次结构模型见图 1。

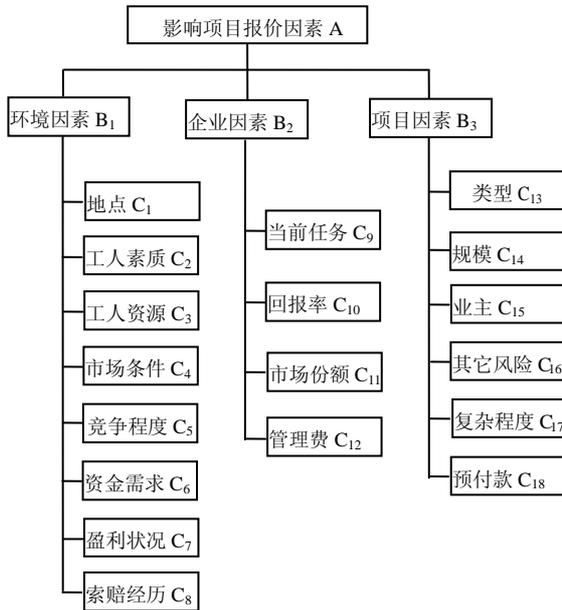


Figure 1.The structure of bidding influence factor  
图 1、影响报价的多风险因素层次结构图

### 3.2 构造两两判断矩阵

承包商在进行投标报价时，面临着多种因素的影响，如果仅仅依靠定性分析和逻辑判断，很难作出正确的选择。在层次分析法中，评判矩阵的建立直接关系到投标报价决策的成败，为了定量评价因素的影响程度，承包商召集单位内经验丰富的项目管理专家，对该体育馆项目的项目因素、自身的因素和环境因素进行综合分析评判，对影响投标报价因素的重要性予以量化，逐一构造判断矩阵。

Table 1.The table of A index judgement matrix  
表 1 A 指标的两两判断矩阵表

A	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>
B <sub>1</sub>	1	1/2	1/3
B <sub>2</sub>	2	1	1/2
B <sub>3</sub>	3	2	1

Table 2.The table of B<sub>1</sub> index judgement matrix  
表 2 B<sub>1</sub> 指标的判断矩阵表

B <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>	C <sub>6</sub>	C <sub>7</sub>	C <sub>8</sub>
C <sub>1</sub>	1	3	2	1/4	1/5	1/7	1/9	1/8
C <sub>2</sub>	1/3	1	1/2	1/5	1/6	1/8	1/9	1/9
C <sub>3</sub>	1/2	2	1	1/4	1/5	1/7	1/9	1/8

C <sub>4</sub>	4	5	4	1	1/2	1/3	1/7	1/5
C <sub>5</sub>	5	6	5	2	1	1/2	1/5	1/3
C <sub>6</sub>	7	8	7	3	2	1	1/3	1/2
C <sub>7</sub>	9	9	9	7	5	3	1	2
C <sub>8</sub>	8	9	8	5	3	2	1/2	1

Table 3.The table of B<sub>2</sub> index judgement matrix  
表 3 B<sub>2</sub> 指标的两两判断矩阵表

B <sub>2</sub>	C <sub>9</sub>	C <sub>10</sub>	C <sub>11</sub>	C <sub>12</sub>
C <sub>9</sub>	1	1/9	1/7	1/3
C <sub>10</sub>	9	1	3	7
C <sub>11</sub>	7	1/3	1	5
C <sub>12</sub>	3	1/7	1/5	1

Table 4.The table of B<sub>3</sub> index judgement matrix  
表 4 B<sub>3</sub> 指标的判断矩阵表

B <sub>3</sub>	C <sub>13</sub>	C <sub>14</sub>	C <sub>15</sub>	C <sub>16</sub>	C <sub>17</sub>	C <sub>18</sub>
C <sub>13</sub>	1	1/5	5	1/3	3	7
C <sub>14</sub>	5	1	8	3	5	9
C <sub>15</sub>	1/5	1/9	1	1/8	1/3	3
C <sub>16</sub>	3	1/3	8	1	5	7
C <sub>17</sub>	1/3	1/5	3	1/5	1	5
C <sub>18</sub>	1/7	1/9	1/3	1/7	1/5	1

### 3.3 由判断矩阵计算被比较元素相对权重

对 A 和 B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> 分别计算  $\bar{\omega}_i$ ，首先计算 A， $\bar{\omega}_{11} = 0.5503$ ， $\bar{\omega}_{12} = 1$ ， $\bar{\omega}_{13} = 1.8171$  得到  $\bar{\omega}_1 = (0.5503, 1, 1.8171)$ ，规格化得  $\omega_1'' = (0.1634, 0.297, 0.5396)$ ，即为 A 的特征向量。进行一致性判断，得到矩阵具有满意的一致性。因此，环境因素、企业因素、项目因素三个指标对于影响报价权重向量为  $\omega_1'' = (0.1634, 0.297, 0.5396)$ 。同样方法计算 B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、B<sub>3</sub> 各因素的权重分别得： $\omega_{B1}'' = (0.0308, 0.0181, 0.0246, 0.0691, 0.104, 0.1645, 0.3456, 0.2421)$ ， $\omega_{B2}'' = (0.0424, 0.5824, 0.2902, 0.085)$ ， $\omega_{B3}'' = (0.1456, 0.4409, 0.0395, 0.2692, 0.0805, 0.0243)$ 。分别进行一致性判断，得到矩阵具有满意的一致性。因此，三个因素指标相对于影响项目报价的因素的权重即为， $\omega_{B1}''$ ， $\omega_{B2}''$  和  $\omega_{B3}''$ 。

Table 5.The hierarchy collate table  
表 5 层次总排序表

A	B1	B2	B3	C 层
B	0.1634	0.297	0.5396	总排序
C <sub>1</sub>	0.0308	0	0	0.005
C <sub>2</sub>	0.0181	0	0	0.003
C <sub>3</sub>	0.0246	0	0	0.004
C <sub>4</sub>	0.0691	0	0	0.0113
C <sub>5</sub>	0.0104	0	0	0.0017
C <sub>6</sub>	0.1645	0	0	0.027
C <sub>7</sub>	0.3468	0	0	0.057

$C_8$	0.2421	0	0	0.04
$C_9$	0	0.0424	0	0.0126
$C_{10}$	0	0.5824	0	0.184
$C_{11}$	0	0.2902	0	0.0862
$C_{12}$	0	0.085	0	0.037
$C_{13}$	0	0	0.1456	0.079
$C_{14}$	0	0	0.1109	0.238
$C_{15}$	0	0	0.0359	0.0213
$C_{16}$	0	0	0.2692	0.1452
$C_{17}$	0	0	0.0805	0.0434
$C_{18}$	0	0	0.0243	0.0141

### 3.4 层次总排序及一致性检验

通过计算得到最低层  $C$  层相对于  $B$  层的权重向量, 还需要计算出  $C$  层相对于总目标  $A$  层的权重向量, 并进行一致性检验。层次总排序表见表 1。对总层次排序进行一致性检验  $CR < 0.1$ , 满足一致性检验。

从表中可以看出,  $C$  层的总排序权重就是方案层的 18 个指标对项目报价影响的大小的 AHP 权重。根据权重的大小, 承包商重点对影响权重较大的几项因素进行考虑, 制定投标报价策略, 最终以 2200 万元的标价赢得了合同。

## 4 结语

本文系统地介绍了多目标因素条件下的投标报价决策分析的层次分析法。目前, 多目标因素的投标报价决策方法呈现出各种方法集成的趋势, 但各种方法的基础是层次分析法。它最大的优点在于计算的简单与实用, 决策过程一目了然, 运用层次分析法可以把复杂问题分解, 很好地把定性和定量因素结合起来, 建立递阶

层次分析模型, 便于系统分析。它的缺点在于期望效用矩阵的计算复杂、计算量也大, 而且采用两两比较法确定目标之间的相对权重具有较大的主观性, 无论建立层次结构还是构造判断矩阵, 人的主观判断、选择、偏好对结果的影响极大, 判断失误即可能造成决策失误。所以决策者必须对投标报价问题有比较深入和全面的认识, 决策结果尽可能符合客观规律。所以这种方法在许多方面有待提高。

## References (参考文献)

- [1] Ma Wei, Zhang Jiannan, Tang Liansheng, The Decision Model for Regional Debris Flow Prevention Based on Analytical Hierarchy Process[J], *Journal of Catastrophology*, 2009, 24(2), P21-24(Ch).  
马威, 林建南, 汤连生, 基于层次分析法的区域泥石流防治决策模型[J], *灾害学*, 2009, 24(2), P21-24.
- [2] YIN Zhong-feng, ZHANG Min, TANG Zhao-jie, AHP Application in Project Tender & Tender Assessment of Equipment Suppliers[J], *Ordnance Industry Automation*, 2009, 28(5), P36-38(Ch).  
尹中锋, 张敏, 唐朝杰, 层次分析法在装备承制单位项目招标评标中的应用[J], *兵工自动化*, 2009, 28(5), P36-38.
- [3] LIANG Li-ming, WU Li, XIE Rong-hao, Research on Application of Analytic Hierarchy Process in Engineering Project Assessment[J], *Journal of JiangXi University of science and technology*, 2006, 27(1), P61-63(Ch).  
梁礼明, 吴莉, 谢荣浩, 基于层次分析法的工程评标应用研究[J], *江西理工大学学报*, 2006, 27(1), P61-63.
- [4] Song-zhijie, Fang-Ruimin, Gao-xiaohong, The Tender Method of Value Engineering Based on the AHP[J], *Value Engineering*, 2006(3), P60-62(Ch).  
宋之杰, 房瑞民, 高晓红, 基于层次分析法的价值工程评标方法研究[J], *价值工程*, 2006(3), P60-62.