

基于 AHP - Fuzzy 的智能决策模型建立及应用

The Establishment of Intelligent Decision Model Based on AHP - Fuzzy Method and Its Application

胡子义 (首都师范大学 信息工程学院 100037)
 (河南许昌学院 计算机科学系 461000)
 彭 岩 (首都师范大学 信息工程学院 100037)

摘要:决策系统所研究的首要问题是决策模型的建立,其中智能化技术的应用尤为重要。本文提出了 AHP 和 Fuzzy 技术相结合的方法较好地解决了决策模型的建立问题,这为类似问题的解决提供了一种行之有效的办法。文末还通过相应的实证分析说明了该方法在实际决策中的应用。

关键词:智能决策 指标体系 层次分析法 模糊评估

1 引言

AHP (Analytical hierarchy Process, 层次分析法) 是美国数学家 T. L. Saaty 在 70 年代提出的一种将定性分析和定量分析相结合的系统分析方法^[1-2]。该方法善于把研究对象作为一个系统进行处理,按照分解、比较、判断、综合的思维方式进行决策,通过对统计数据的学习,得到系统中各因素相应的权重。其主要优点就是将人的主观判断用数量形式进行表达。

模糊评估方法^[3]善于处理不精确的、模糊的信息,具有模拟人的综合判断推理能力的特点,能够在定性分析与定量分析之间建立联系,并有较强的综合判断能力,但对于评估模型的各指标权重上却不能通过学习而获得。因为运用模糊数学方法对系统进行综合评判,其前提就是要知道该系统所涉及的主要因素权重,而要确定权重,往往又要预先知道综合评判。因此,当评判因素较多时,仅凭经验来确定指标的权重集则会缺乏应有的说服力,从而影响评估结果的可靠性。

因此,将 AHP 方法与模糊评估方法相结合来构造智能化的决策模型,能够取长补短、相得益彰,使决策模型更具通用性,决策的效果更具科学性。

2 基于 AHP - Fuzzy 方法的智能决策模型的建立

在影响决策模型的指标因素中往往既有定性指标

又有定量指标,可用层次结构进行表示。下面,我们将 AHP 方法与 Fuzzy 技术相结合,建立综合评估的智能决策模型。

2.1 利用 AHP 方法获得指标权值

层次分析法简称 AHP,它强调人的思维判断在决策过程中的作用,通过一定模式使决策思维过程规范化,它适用于定性与定量因素相结合,并对定性因素进行适当地量化。因此,我们首先用 AHP 方法确定出各指标的相对权重。AHP 法的基本步骤是:建立层次结构,构造判断矩阵,求此矩阵的最大特征根及其对应的特征向量,确定权重,并进行一致性检验,详细算法请参考文献^[1-2]。

2.2 隶属函数值的计算

解决多目标决策的一个主要问题就是建立目标之间的可公度性,即用各目标之间的一个统一度量标准进行比较。所以,在进行综合评估前,应先解决指标体系中各个指标的专家评估值的计算问题,即求隶属函数值的问题。但由于评估指标的类型不同,因此其隶属函数值的计算方法也应不同。主要可分为两类:

(1) 定性指标隶属函数值的求解。对于定性指标,采用模糊统计方法确定其隶属函数关系。假设由给出的评语组成的评估集为:

$$V = \{ \text{优, 良, 一般, 差} \} = \{ v_1, v_2, v_3, v_4 \} \quad (1)$$

模糊统计的做法是让参与评估的各位专家(假设

有 n 位专家)按事先给出的评估集 V 给各评估指标划分等级,再依次统计各评估指标 x_{ij} 属于各评估等级 v_t ($t=1, \dots, 4$) 的频数 m_{ij} 。即:

$$x_{ij}^{(t)} = m_{ij} / n \quad (2)$$

则 $x_{ij}^{(t)}$ 表示评估指标 x_{ij} 隶属于评估集 V 的 v_t 等级的隶属度。

(2) 定量指标隶属函数值的确定^[4]。对于评估指标体系中的定量指标的评估值的确定方法又分为效益型指标效益(越大越好型)和成本型指标成本(越小越好型)两种情况考虑。

① 效益型(越大越好型)指标。先确定该指标的最差、最优临界值 a, b ($a < b$), 再在区间 (a, b) 内插入三个等距离点 x_1, x_2, x_3 , 且 $x_1 < x_2 < x_3$, 求出指标 x_{ij} 属于等级 v_t 的隶属度 $x_{ij}^{(t)}$ 为:

$$x_{ij}^{(1)} = \begin{cases} 1 & u \geq x_3 \\ (u - x_2) / d & x_2 \leq u < x_3 \\ 0 & u < x_2 \end{cases} \quad (3)$$

$$x_{ij}^{(2)} = \begin{cases} 0 & x_{31-6} \leq u < x_{31-5} \\ (x_{6-1} - u) / d & x_{1-5} \leq u < x_{6-1} \\ (u - x_{3-1}) / d & x_{3-1} \leq u < x_{4-1} \\ 1 & x_{4-1} \leq u < x_{5-1} \end{cases} \quad (4)$$

$$x_{ij}^{(4)} = \begin{cases} 1 & u < x_1 \\ (x_2 - u) / d & x_1 \leq u < x_2 \\ 0 & u \geq x_2 \end{cases} \quad (5)$$

其中 $t=2, 3, d = (b - a) / 4, x_0 = a, x_4 = b, u$ 为指标 x_{ij} 的实际值。

② 成本型(越小好型)指标隶属函数的确定方法与①类似。指标 x_{ij} 属于等级 v_t 的隶属度 $x_{ij}^{(t)}$ 为:

$$x_{ij}^{(1)} = \begin{cases} 1 & u < x_1 \\ (x_2 - u) / d & x_1 \leq u < x_2 \\ 0 & u \geq x_2 \end{cases} \quad (6)$$

$$x_{ij}^{(2)} = \begin{cases} 0 & x_{9-31} \leq u < x_{10-31} \\ (u - x_{1-2}) / d & x_{1-2} \leq u < x_{1-1} \\ (x_{1+1} - u) / d & x_1 \leq u < x_{1+1} \\ 1 & x_{1-1} \leq u < x_1 \end{cases} \quad (7)$$

$$x_{ij}^{(4)} = \begin{cases} 1 & u \geq x_3 \\ (u - x_2) / d & x_2 \leq u < x_3 \\ 0 & u < x_2 \end{cases} \quad (8)$$

其中 $t=2, 3, d = (b - a) / 4, x_0 = a, x_4 = b, u$ 为指标 x_{ij} 的实际值。

2.3 决策模型建立的基本步骤

采用模糊 AHP 决策的主要思想是:首先,把众多指标按其性质不同分为若干类要素,使每类要素包含较少指标,然后再按各类要素进行评估,最后对所有类进行综合评估。其基本步骤是:

(1) 将指标集 X 分类为 m 个要素集 X_1, \dots, X_m , 且满足:

$$\bigcup_{i=1}^m w_i = X, x_i \cap x_k = \Phi, i \neq k; i, k \in \{1, \dots, m\}$$

(2) 利用 AHP 方法,计算指标的权重集,包括要素类权重集 $W = \{w_1, w_2, \dots, w_m\}$ 和指标权重集 $w_i = \{w_{i1}, \dots, w_{in}\}$ 。

(3) 建立评价等级集合 $V = (v_1, v_2, \dots, v_p)$, 其中: v_i 表示第 i 等评价级别, p 表示评价等级数。在实际应用时,一般 $m = 4, v_1 = \text{优}, v_2 = \text{良}, v_3 = \text{一般}, v_4 = \text{差}$ 。

(4) 定义评价等级的对应决策值集 $U = (u_1, u_2, \dots, u_p)$, 其中: u_i 表示第 i 等评价档次所对应的决策值。把上述 4 等的决策值分别定义为 95, 85, 60, 35, 即

$$U = (95, 85, 60, 35)$$

(5) 对要素 X_i 的每个指标进行单指标评估,得评估矩阵 $R_i = (r_{ij})_{n \times p}$, 应用 Fuzzy 合成运算计算第 i 类的模糊综合评估为 $B_i = W_i \circ R_i = (b_{i1}, \dots, b_{ip})$ 。其中 r_{ij} 为第 i 类因素集 X_i 中第 j 个因素 x_{ij} 关于评价集第 t 个元素的隶属度; p 为评价集中评价等级的数目; “ \circ ” 为模糊合成算子。

(6) 对 X 的 m 个要素均作出评估后得到总评估矩阵 $B = (B_1, \dots, B_m)^T$, 则综合评估模糊集为 $A = W \circ B$

(7) 根据综合评估模糊集 A , 由 $A \circ UT$ 算出相应的综合值。

3 应用实例

我们应用上述方法对某栋建筑的招标情况进行了评估决策,其中各个指标的评估值^[5]假设由表 1 给出。

表 1 投标企业各指标评估值示意图

| 评判项目 | 投标企业 | | | | |
|------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | U ₁ | U ₂ | U ₃ | U ₄ | U ₅ |
| 新技术/项(满3项) | 1 | 1 | 2 | 1 | 0 |
| 技术保障措施 | 0.90 | 0.86 | 0.91 | 0.92 | 0.91 |
| 技术安全措施 | 0.93 | 0.96 | 0.94 | 0.93 | 0.92 |
| 新设备/% | 60 | 80 | 65 | 75 | 50 |
| 设备使用维护 | 0.85 | 0.91 | 0.90 | 0.94 | 0.91 |
| 报价总额/元 | 4608000 | 4625000 | 4635000 | 4592188 | 4525188 |
| 所报工期数 | 175 | 170 | 180 | 165 | 170 |
| 一次验收合格率/% | 80 | 90 | 85 | 89 | 80 |
| 优良率/% | 85 | 92 | 88 | 90 | 86 |
| 施工处罚/满5次 | 1 | 2 | 0 | 0 | 1 |
| 维修服务及时率/% | 90 | 95 | 92 | 89 | 90 |
| 企业等级(分值) | 9.0 | 10.0 | 8.0 | 8.5 | 8.0 |
| 工期履行情况/% | 80 | 90 | 95 | 90 | 88 |
| 重合同守信誉/% | 95 | 100 | 93 | 90 | 94 |

下面就上述模拟数据建立相应的决策模型,其主要步骤如下:

(1) 建立评标决策的指标体系层次分析结构图(见图1)。

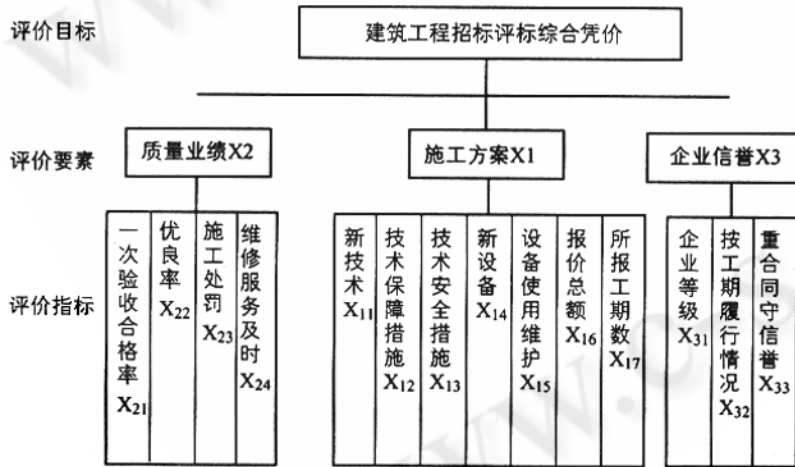


图 1 建筑工程招标评标决策评估指标体系

根据系统工程学的原理,系统评判的好坏关键在于能否建立一套完整、科学、全面的综合评价体系。该指标体系设计时应遵循的原则:①保证系统目标的实现,反映系统的全面特征;②项目和层次尽可能少,以便于分析和计算;③具有一定程度上的固定又在一定程度上灵活。根据上述原则,将影响建设工程评标综合评判体系的因素加以系统分析与合理综合,建立图1

所示的三层决策评估指标体系。

(2) 根据层次结构,应用 AHP 法得到各要素、各指标的相对权重。

假设计算出的要素层的权重向量和指标层权重向量如表 2 所示。

表 2 各指标及其权重的示意图

| 评价要素 | 评价指标 | | | 评价等级 | | | | |
|---------------------|------|--------------------|-------------------------|--------------------|----------------|---|----|---|
| | 名称 | 权重 W _{1j} | 名称 | 权重 W _{1j} | 优 | 良 | 一般 | 差 |
| 施工方案 X ₁ | 0.75 | W ₁₁ | 新技术 X ₁₁ | 0.12 | R ₁ | | | |
| | | | 技术保障措施 X ₁₂ | 0.08 | | | | |
| | | | 技术安全措施 X ₁₃ | 0.06 | | | | |
| | | | 新设备 X ₁₄ | 0.08 | | | | |
| | | | 设备使用维护 X ₁₅ | 0.06 | | | | |
| | | | 报价总额 X ₁₆ | 0.4 | | | | |
| | | | 所报工期数 X ₁₇ | 0.2 | | | | |
| 质量业绩 X ₂ | 0.15 | W ₂₁ | 一次验收合格率 X ₂₁ | 0.3 | R ₂ | | | |
| | | | 优良率 X ₂₂ | 0.3 | | | | |
| | | | 施工处罚 X ₂₃ | 0.2 | | | | |
| | | | 维修服务及时 X ₂₄ | 0.2 | | | | |
| 企业信誉 X ₃ | 0.1 | W ₃₁ | 企业等级 X ₃₁ | 0.5 | R ₃ | | | |
| | | | 按工期履行情况 X ₃₂ | 0.3 | | | | |
| | | | 重合同守信誉 X ₃₃ | 0.2 | | | | |

(3) 建立评估集 $V = \{v_1, v_2, v_3, v_4\} = \{\text{优, 良, 一般, 差}\}$ 及其对应决策值集 $U = (4, 3, 2, 1)$ 。

(4) 计算隶属函数值,构造模糊评价矩阵 $R_i (i=1, \dots, 3)$, 并进行归一化处理。对于定性指标按公式(1)-(2)求出评估值,定量指标按公式(3)-(8)求出评估值。限于篇幅,这里仅算出 U1 企业的归一化后的模糊评价矩阵如下:

$$R_1 = \begin{pmatrix} 0 & 0.2 & 0.6 & 0.2 \\ 0.25 & 0.5 & 0.25 & 0 \\ 0 & 0.25 & 0.5 & 0.25 \\ 0 & 0.25 & 0.5 & 0.25 \\ 0 & 0 & 0.27 & 0.73 \\ 0 & 0 & 0.50 & 0.50 \\ 0 & 0.24 & 0.5 & 0.26 \end{pmatrix}$$

$$R_2 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0.36 & 0.64 \\ 0 & 0 & 0.4 & 0.6 \\ 0.56 & 0.44 & 0 & 0 \\ 0 & 0.09 & 0.82 & 0.09 \end{pmatrix}$$

$$R_3 = \begin{Bmatrix} 0.17 & 0.5 & 0.3 & 0 \\ 0 & 0 & 0.32 & 0 \\ 0 & 0.5 & 0.5 & 0 \end{Bmatrix}$$

由 $B_i = W_i^T \cdot R_i$ 求出各指标对应的模糊评价向量分别为 $B_1 = (0.02, 0.147, 0.4782, 0.3548)$, $B_2 = (0.168, 0.15, 0.392, 0.39)$, $B_3 = (0.0855, 0.35, 0.346, 0.204)$

(5) 计算模糊综合评价向量 $A = W^T \circ B$

即: $(0.75, 0.15, 0.1) \circ (B_1, B_2, B_3)^T = (0.0487, 0.16775, 0.45205, 0.345)$

(6) 该企业的综合评估得分为:

$S_1 = A \circ U^T = (0.0487, 0.16775, 0.45205, 0.345) \circ (95, 85, 60, 35)^T = 58.08325$

同样地,计算其他企业的综合评价向量所得结果如表 3 所示:

表 3 投标企业综合评价结果表

| 企业名称 | 模糊综合评价向量 | 综合评估分值 |
|-------|--|------------------|
| U_1 | $(0.0487, 0.16775, 0.45205, 0.345)$ | $S_1 = 58.08325$ |
| U_2 | $(0.254, 0.2665, 0.21735, 0.2772)$ | $S_2 = 69.52075$ |
| U_3 | $(0.1681, 0.236605, 0.200498, 0.4098)$ | $S_3 = 62.45354$ |
| U_4 | $(0.29796, 0.2802, 0.28399, 0.15525)$ | $S_4 = 74.59635$ |
| U_5 | $(0.4047, 0.1581, 0.2141, 0.2381)$ | $S_5 = 73.06450$ |

其中 U_4 企业的综合评估分值 $S_4 = 74.59635$ 最高,所以中标单位为 U_4 企业。

4 结束语

本文所述的智能决策模型运用了 AHP - Fuzzy 方法,是一种定性分析与定量分析相结合、专家评估与科学计算互为补充的系统分析方法,具有系统全面、科学可靠、简单实用等特点,为决策单位对企业进行综合评估提供了一定的理论指导。实际应用结果表明:该方法既科学可靠,又简单实用,便于计算机的快速实现。

参考文献

- 1 许树柏,层次分析法原理[M],天津大学出版社,1987.
- 2 姜启源,数学模型[M],北京高等教育出版社,1987. 305-335.
- 3 汪培庄,模糊技术与应用丛书[M],北京科学出版社,1994. 67-92.
- 4 李宏艳,带有模糊信息的多目标决策问题的改进灰模糊算法[J],数学的实践与认识,2003, 33(4): 54-58.
- 5 朱天志,模糊综合评判在建筑工程招标中的应用,河北职业技术师范学院学报,2000,14(3):38-41.