

Comprehensive Evaluation Method of Economic Evaluation Index System of Water Conservancy Projects——Fuzzy Integrated Economic Post-Evaluation Based on AHP

Qili Kang

Xingxin Vocational and Technical College of Xinjiang Production and Construction Corps, Urumqi, Xinjiang, 830074, China

Abstract

Fuzzy mathematics method is to use mathematical tools to quantify some unclear borders and difficult to quantify factors, and evaluate the target object from multiple angles and multiple factors. AHP transforms qualitative analysis into quantitative analysis on the basis of fuzzy decision-making, which provides convenience for decision-makers to solve decision-making problems that are difficult to quantitatively describe, and plays an important role in the field of fuzzy decision-making. Combining AHP and multi-level fuzzy comprehensive evaluation, the actual economic benefits of the project can be evaluated, providing a new supplementary evaluation method for the economic post-evaluation of water conservancy projects.

Keywords

water conservancy project; comprehensive evaluation method of index system; fuzzy comprehensive evaluation; chromatographic analysis method

对水利工程项目经济评价指标体系的综合评价方法——基于 AHP 的模糊综合经济后评价

亢其莉

新疆生产建设兵团兴新职业技术学院, 中国·新疆 乌鲁木齐 830074

摘要

模糊数学方法就是使用数学工具将一些边界不清、不易量化的因素定量化, 从多角度多因素分等级的对目标对象进行评价。AHP 是在模糊决策的基础上, 将性质分析转化成数量分析, 为决策者解决难以定量描述的决策问题提供了便利, 并且在模糊决策领域发挥着重要作用。结合 AHP 和多层次模糊综合评价, 可对项目的实际经济效益进行评价, 为水利工程经济后评价提供了一个新的增补评价方法。

关键词

水利工程项目; 指标体系的综合评价方法; 模糊综合评价; 层析分析法

1 引言

在客观世界中, 事物之间存在直接的逻辑关系, 但绝大部分事物间的关系不明确且不清晰。模糊数学方法就是使用数学工具来解决此类问题, 将一些边界不清、不易量化的因素定量化, 从多角度多因素分等级的对目标对象进行评价。

【作者简介】亢其莉(1979-), 女, 本科学历, 讲师, 现任新疆生产建设兵团兴新职业技术学院专业教师, 从事建筑工程、水利水电工程等研究。

下面对模糊综合评判的步骤进行介绍。

2 模糊综合评价法

2.1 确定体现评判对象性质的因素集

在了解该项目的基础上, 分析影响该项目的因素(指标), 将因素归类, 确定因素集: $U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$ 。

2.2 确定评价集

评价集是对项目定量描述的基础, 确定因素评价等级, 并组成评价集 $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$, 令评价集为

V={ 优, 良好, 一般, 较差, 差 }。

2.3 隶属度向量计算

对因素集中各指标进行归一化处理, 获得隶属度向量 $r_i=(r_{i1}, r_{i2}, r_{i3} \dots r_{im})$ 。对不同方向的指标处理方法不同。

隶属度 r_{ij} :

$$r_{ij} = E_{ij} / \sum_{i=1}^W E_{ij} \quad (1)$$

异向指标隶属度 r_{ij} :

$$r_{ij} = (1 / E_{ij}) / \sum_{j=1}^W 1 / E_{ij} \quad (2)$$

上式中, $i=1, 2, 3 \dots n, j=1, 2, 3 \dots m$ 。

2.4 模糊集矩阵

由隶属度向量构成模糊集矩阵:

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{21} & \dots & r_{m1} \\ r_{12} & r_{22} & \dots & r_{m2} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ r_{1n} & r_{2n} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix}$$

2.5 综合评判

集间关系算子“ \circ ”有四种, 分别为 $M_1=(\wedge, \vee)$ 、 $M_2=(\cdot, \vee)$ 、 $M_3=(\wedge, \oplus)$ 、 $M_4=(\cdot, \oplus)$, 其中 M_4 利用模糊集中信息最为充分, 且具有强体现权重性质。

集间关系采用“相乘有界和”算子 \circ , $M_4=(\cdot, \oplus)$:

$$f_j = \min\left(1, \sum_{i=1}^n a_i r_{ij}\right) \quad (3)$$

计算综合评判矩阵 S :

$$S = D \circ R = (a_1, a_2, a_3 \dots a_n) \circ \begin{bmatrix} r_{11} & r_{21} & \dots & r_{m1} \\ r_{12} & r_{22} & \dots & r_{m2} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ r_{1n} & r_{2n} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$= (s_1, s_2, s_3 \dots s_n)$$

评判结果采用最大隶属原则, 将 S_n 值由大到小排序, 确定评价结果。

3 层析分析法

权重数值的大小代表因素的重要程度的高低, 权重的确定有很多方法: 专家预测法、加权平均、Delphi、灰色关联度、“超标法”、单层 AHP 法(幂法、和法、方根法)^[1-3]。这里采用单层次 AHP 中的和积法获得权重。

AHP 是在模糊决策的基础上, 将性质分析转化成数量分析。在主观意识基础上, 利用转化原则量化性质, 便于决策者从直观的定量数据获取不同方案的优劣。同时, 通过权重数值的差异能清楚表明各指标或各分目标在总决策体系中对于总目标的重要程度, 与传统简单分析相比, 此种方法有直观、明确、分析简易、涉及因素广等优点。AHP 的出现为决策者解决难以定量描述的决策问题带来了极大的便利。并且在模糊决策领域发挥着重要作用, 以下对 AHP 进行介绍。

3.1 建立递阶层次结构

了解水利工程项目, 收集和分析影响项目经济后评价的各种因素, 构成一系列因素集。对因素集分析, 确定因素子集的性质及递阶层次数, 最后将因素集归类于不同层次。当出现部分层次所含因素数量相对较多的情况, 可将该因素子集作为一个小总集, 并在该总集的基础上再次建立子集, 即再次详细分层。针对项目建立经济后评价递阶层次结构。

3.2 判断矩阵

3.2.1 定量原则

明确判断矩阵建立的定量原则, 如表 1 所示。

表 1 构造判断矩阵相对重要定性定量转化原则

重要程度定量值	定义	
主判断	1	表示两个元素相比, 具有同样重要性
	3	表示两个元素相比, 一个元素比另一个元素稍微重要
	5	表示两个元素相比, 一个元素比另一个元素明显重要
	7	表示两个元素相比, 一个元素比另一个元素强烈重要
9	表示两个元素相比, 一个元素比另一个元素极端重要	
副判断	2, 4, 6, 8	表示其重要程度介于两个主判断之间

3.2.2 判断矩阵的构造

建立的判断矩阵如图 1 所示。

A_{ij}	A_1	A_2	...	A_n
A_1	a_{11}	a_{12}	...	a_{1n}
A_2	a_{21}	a_{22}	...	a_{2n}
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
A_n	a_{n1}	a_{n2}	...	a_{nn}

图 1 判断矩阵

3.2.3 判断矩阵的边界条件

$$\begin{cases} a_{ij} > 0 \\ a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}} \quad i, j = 1, 2, \dots, n \\ a_{ii} = 1 \end{cases} \quad (5)$$

判断矩阵:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

3.3 计算单一准则下元素的相对重要性

对数据归一化方法有“和积法”“幂”“方根法”，此处选用“和积法”，设权向量 $D = (d_1, d_2, d_3, \dots, d_n)$ 。

对判断矩阵 A 归一化:

$$\bar{a}_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{j=1}^n a_{ij}} \quad (6)$$

对由判断矩阵每行之和构成的单列矩阵归一化，即行和为:

$$\bar{d}_i = \frac{\sum_{j=1}^n \bar{a}_{ij}}{n} \quad (7)$$

单列矩阵归一化:

$$d_i = \frac{\bar{d}_i}{\sum_{i=1}^n \bar{d}_i} \quad (8)$$

上式中, d_i 为权矩阵元素, 权矩阵元素构成权重矩阵 D , $i, j = 1, 2, \dots, n$ 。

4 单层次判断矩阵 A 的一致性检验

在单层次判断矩阵 A 中, 当 $a_{ij} = a_{ik} / a_{jk}$ 时, 称判断矩阵为一致性矩阵, 进行一致性检验的步骤如下。

(1) 计算判断矩阵最大特征根 λ_{max}

$$\lambda_{max} = \sum \frac{(AD)_i}{nD_i} \quad (9)$$

(2) 计算一致性指标

$$C.I. = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (10)$$

(3) 计算平均随机一致性指标 $R.I.$

$R.I.$ 是多次重复进行随机判断矩阵特征值的计算后取算术平均数得到的, 表 2 给出 1~11 维矩阵重复计算 1000 次的平均随机一致性指标。

(4) 计算一致性比例 $C.R.$

$$C.R. = C.I. / R.I. \quad (11)$$

式中, A 、 n 、 $R.I.$ 分别为判断矩阵、矩阵阶数、平均随机一致性指标^[4]。当 $C.R. < 0.1$ 时, 一般认为判断矩阵的一致性是可以接受的, 即由该判断矩阵得出的权重效率可靠。

表 2 平均随机一致性指标 $R.I.$

维数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$R.I.$	0	0	0.52	0.89	1.12	1.26	1.36	1.41	1.46	1.49	1.52

当 $C.R. > 0.1$ 时, 需重新构造判断矩阵, 调整两两元素相对重要程度定量值, 直至 $C.R. < 0.1$ 时为止。调整方法采用“等价法”, 即在同一列, 选取对于同一元素重要程度差异最大的另外两元素, 用等价替换原则确定这两个元素的相对重要性。确定完毕后再选取重要程度差异次之的两元素, 以此类推, 直至调整完毕。

采用层次分析法来确定各因素权重, 可以获得比较满意的结果, 结合 AHP 和多层次模糊综合评价, 利用 AHP 构建项目评价的层次模型, 计算并确定各评价指标的权重, 改善了前人评价指标权重直接由专家给出、主观影响较大的不足。建立的新模型评价的精确度较高, 可对项目的实际经济效益进行评价, 为水利工程经济后评价提供了一个新的增补评价方法, 具有一定的实践意义。

参考文献

[1] 张学志, 陈功玉. AHP 与 Delphi 法相结合确定供应商评价指标权重 [J]. 物流技术, 2005(09):71-74.
 [2] 高云, 李亚洁. 基于 Delphi 法和 AHP 的一级护理质量评价指标权重确定 [J]. 医学争鸣, 2009(12):181-183.
 [3] 王建有, 张钊, 王英锋. 多级模糊模式识别方法中的超标权重的探讨 [J]. 人民黄河, 2014(02):95-97.
 [4] 汪应洛. 系统工程 [M]. 3 版. 北京: 机械工业出版社, 2003.