

205 灰色关联综合评判法

(1) 基本原理

灰色理论应用最广泛的是关联度分析方法。关联度分析是分析系统中各元素之间关联程度或相似程度的方法,其基本思想是依据关联度的大小对评价对象进行比较。

对事物的综合评价,多数情况是研究多对象的排序问题,即在各个评价对象之间排出优选顺序。

(2) 基本步骤

灰色综合评判主要是根据以下模型: $R = E \times W$

式中: $R = [r_1, r_2, \dots, r_m]^T$ 为 m 个被评价对象的综合评判结果向量;

$W = [w_1, w_2, \dots, w_n]^T$ 为 n 个评价指标的权重分配向量, 其中 $\sum_{j=1}^n w_j = 1$;

E 为各指标的评判矩阵:

$$E = \begin{bmatrix} \xi_1(1) & \xi_1(2) & \cdots & \xi_1(n) \\ \xi_2(1) & \xi_2(2) & \cdots & \xi_2(n) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \xi_m(1) & \xi_m(2) & \cdots & \xi_m(n) \end{bmatrix}$$

$\xi_i(k)$ 为第 i 种方案的第 k 个指标与第 k 个最优指标的关联系数。

最后根据 R 的数值进行排序。

① 确定最优指标集 (F^*)

$$F^* = [j_1^*, j_2^*, \dots, j_n^*]$$

式中 $j_k^* (k=1, 2, \dots, n)$ 为第 k 个指标的最优值 (若某一指标取大值为好, 则取该指标在各方案中的最大值; 若取小值为好, 则取各个方案中的最小值), 也可以是评估者公认的最优值。不过在定最优值时, 既要考虑到先进性, 又要考虑到可行性。最优指标选的过高, 则不现实, 不能实现, 评价的结果也就不可能正确。

选取最优指标集后, 可构造矩阵 D ;

$$D = \begin{bmatrix} j_1^* & j_2^* & \cdots & j_n^* \\ j_1^1 & j_2^1 & \cdots & j_n^1 \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ j_1^m & j_2^m & \cdots & j_n^m \end{bmatrix}$$

式中: j_k^i 为第 i 个方案中第 k 个指标的原始数值。

② 指标值的规范化处理

由于评判指标间通常是有不同的量纲和数量级的，故不能直接进行比较，为了保证结果的可靠性，因此需要对原始指标值进行规范化处理。

设第 k 个指标的变化区间为 $[j_{k1}, j_{k2}]$ ， j_{k1} 为第 k 个指标在所有方案中的最小值， j_{k2} 为第 k 个指标在所有方案中的最大值，则可用下式将上式中原始数值转换成无量纲 $C_k^i \in (0,1)$ 。

$$C_k^i = \frac{j_k^i - j_{k1}}{j_{k2} - j_{k1}} \quad i=1, 2, \dots, m, \quad k=1, 2, \dots, n.$$

这样 $D \rightarrow C$ 矩阵

$$D = \begin{bmatrix} C_1^* & C_2^* & \cdots & C_n^* \\ C_1^1 & C_2^1 & \cdots & C_n^1 \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ C_1^m & C_2^m & \cdots & C_n^m \end{bmatrix}$$

③ 计算综合评价结果

根据灰色系统理论，将 $\{C^*\} = [C_1^*, C_2^*, \dots, C_n^*]$ 作为参考数列，将 $\{C\} = [C_1^i, C_2^i, \dots, C_n^i]$ 最为被比较的数列，则用关联分析法分别求得第 i 个方案与第 k 个最优指标的关联系数 $\xi_i(k)$ ，即：

$$\xi_i(k) = \frac{\min_i \min_k |C_k^* - C_k^i| + \rho \max_i \max_k |C_k^* - C_k^i|}{|C_k^* - C_k^i| + \rho \max_i \max_k |C_k^* - C_k^i|}$$

式中， $\rho \in (0,1)$ ，一般取 $\rho = 0.5$ 。

由 $\xi_i(k)$ 即得 E ，这样综合评价的结果为： $R = E \times W$ ，即

$$r_i = \sum_{k=1}^n W(k) \times \xi_i(k)$$

若关联度 r_i 最大，则说明 $\{C^i\}$ 与最优指标 $\{C^*\}$ 最接近，亦即第 i 个方案优于其他方案，据此，可以排出各方案的优劣次序。

(3) 应用及效果分析

基于灰色关联度的灰色综合评价法是利用各方案与最优方案之间关联度的大小对评价对象进行比较、排序。关联度分析方法的最大优点是它对数据没有太

高的要求，即数据多与少都可以分析，它的数学方法是非统计方法，在系统数据资料较少和条件不满足的情况下，更具有实用性。

张凤红，春兰等学者利用基于灰色关联度的灰色综合评价法对气田排水采气综合开发利用进行评价，克服了理想点法的排序不当这种不足，但是，其应用是有前提条件的，即被进行优劣排序的方案集的各方案必须是先经过技术效益评价和经济效益评价后的方案，只有在此基础上，灰色关联度线性加权法中以经济效益为重要目标的权重确定才能成立。因此,对于如何更全面合理和有效益地进行气田排水采气的技术效益和经济效益综合评价是值得进一步研究的课题。

(4)、算法步骤

第一步、开始；

第二步、读取原始数据（构造矩阵 D）及权重向量 W；

$$\text{构造矩阵 } D = \begin{bmatrix} j_1^* & j_2^* & \cdots & j_n^* \\ j_1^1 & j_2^1 & \cdots & j_n^1 \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ j_1^m & j_2^m & \cdots & j_n^m \end{bmatrix}$$

$$W = [w_1, w_2, \dots, w_n]^T$$

第三步、指标值规范化处理；

$$D \rightarrow C \text{ 矩阵: } C_k^i = \frac{j_k^i - j_{k1}^i}{j_{k2}^i - j_{k1}^i} \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad k = 1, 2, \dots, n$$

第四步、计算灰色关联系数；

$$\xi_i(k) = \frac{\min_i \min_k |C_k^* - C_k^i| + \rho \max_i \max_k |C_k^* - C_k^i|}{|C_k^* - C_k^i| + \rho \max_i \max_k |C_k^* - C_k^i|} \quad \rho \in (0, 1),$$

一般情况取 $\rho = 0.5$

第五步、计算综合评价结果 $R = E \times W$ ；

$$r_i = \sum_{k=1}^n W(k) \times \xi_i(k)$$

第六步、输出综合评价结果 R；

第七步、结束。

(5)、流程图

