

水利工程施工方案 优化选择的灰色关联分析法

张绍波

(武汉水利电力学院)

提 要

本文基于灰色关联分析的途径,提出了一种新的水利工程施工方案优化选择的方法,并通过实例验算,说明了该方法的简洁性、可靠性和合理性。

一、前 言

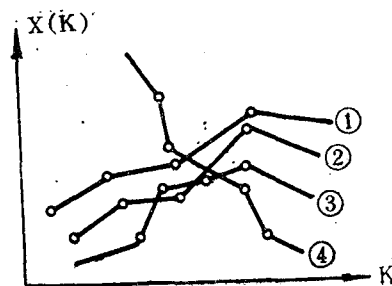
在水利工程施工中,如何选择最优的施工方案,无疑具有一定的风险性,而这种风险性是由于一些因素的不确定性而引起的,即各个因素具有灰性,各个因素间的关系也具有灰性,并且还有各因素的评价指标的不可公度性等问题,使施工方案的选择变得复杂化。这样面对一个复杂的系统问题,如何研究施工方案的可行性,并力图得到满意的结果,用传统的、常规的数学方法难以处理这类问题,得出确切答案。本文采用灰色系统理论的关联分析方法处理,使复杂的问题简单化,并通过少量信息获得最佳成果。该方法物理意义明确,计算简单方便,可信度较高。

二、灰色关联分析法简介

在客观世界中,有许多因素间关系是灰的、错综复杂的。当分不清哪些因素关系密切,哪些关系不密切,就难以抓住主要矛盾,发现与分清主要特征。

灰色关联分析法就是系统因素间作用与关联程度的序化分析,其实质为该系统多个灰离散函数间接近程度的序化分析。

灰色关联分析,是属于几何处理范畴,即依据离散数列间几何相似程度来判断关联性的大小。如图所示,曲线①、②间接近程度大于曲线①、③间接近程度,①、④间接近程度最小。因此认为①、②间关联度 r_{12} 最大,①、③间关联度 r_{13} 次之,①、④间关联度 r_{14} 最小。



设参考数列为 X_0 , 被比较数列为 $X_i, i=1, 2, \dots, N$, 且

$$X_0 = \{ X_0(1), X_0(2), \dots, X_0(n) \}$$

$$X_i = \{ X_i(1), X_i(2), \dots, X_i(n) \} \quad i=1, 2, \dots, N$$

则有

$$\xi_i(K) = \frac{\min_i \min_K |X_0(K) - X_i(K)| + \rho \max_i \max_K |X_0(K) - X_i(K)|}{|\min_i \min_K |X_0(K) - X_i(K)| + \rho \max_i \max_K |X_0(K) - X_i(K)|}$$

为曲线 X_0 与曲线 X_i 在第 K 点关联系数。其中

(1) $|X_0(K) - X_i(K)| = \Delta_i(K)$ 称为第 K 点 X_0 与 X_i 的绝对差。

(2) $\min_i \min_K |X_0(K) - X_i(K)|$ 称为两个层次的最小差。其中 $\min_K |X_0(K)$

$- X_i(K)|$ 是第一层次最小差, 表示在第 X_i 曲线上, 找各点与 X_0 曲线的最小差。

$\min_i \min_K |X_0(K) - X_i(K)|$ 是第二层次最小差, 表示在各条曲线中找出最小差

的基础上, 再按 $i=1, 2, \dots, N$ 找出所有曲线 X_i 中的最小差;

(3) $\max_i \max_K |X_0(K) - X_i(K)|$ 称为两个层次的最大差, 其意义与两个层次的最小差相似;

(4) ρ 称为分辨系数, 在 $[0, 1]$ 区间取值, 一般取 0.5;

(5) 对单位不同, 或初值不同的数列作关联分析时, 一般要作处理, 使之无量纲化、规一化。

关联度是由关联系数演变而来, 由于关联系数 $\xi_i(K)$ 数量多, 信息不集中, 不便于比较。为此, 一般将 X_0 与 X_i 的 N 个关联系数取平均值为 r_i , r_i 定义为 X_i 曲线与 X_0 曲线间关联度。有

$$r_i = \frac{1}{n} \sum_{K=1}^n \xi_i(K)$$

上述关联度的求法, 各关联系数是以等权处理的, 但实际上, 各因素对方案的作用是不同的。因此, 借助模糊数学的方法, 引入“加权关联度”的概念, 即求关联度时, 赋予各关联系数不同权重。

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

式中 $W(K)$ 是关联系数 $\xi_i(K)$ 在关联度中的权重。

关联序为各关联度按大小排列成的数列, 表明了不同被比较数列 X_i 与参考数列 X_0 间关联程度的次序。上图中 $r_{12} > r_{13} > r_{14}$, 相应的关联序为 $\{r_{12}, r_{13}, r_{14}\}$ 。

三、水利工程施工方案优化选择的灰色关联分析法

1. 基本思路

根据国家有关规定, 工程的具体特性、实践经验和有关资料确定出方案的主要影响

因素。剖析各种因素，建立理想方案，通过计算各种方案与理想方案的关联度，作为判断最优方案的指标，依关联序选择方案的优劣。

2. 理想方案的选定

确定理想方案，其目的就是要找出参考数列 X_0 。可根据工程的具体情况，按费用少效益高的原则来确定。

由灰色关联分析原理可知，灰色关联度是没有正负方向的，这就有可能使位于参考曲线 X_0 上方的被比较曲线与位于下方的被比较曲线具有相同或相似的关联度。具体到施工方案上，也就是优于“理想方案”与次于“理想方案”的两个方案，可能有相似的关联度。为避免此问题，在确定“理想方案”各因素指标时，应以参加比较的各不同方案的相应因素指标的最佳值为依据，从而保证关联度的方向性。

以理想方案各项因素指标构成的数列作参考数列 X_0 ，而被比较的数列 X_i ，则是各个比较方案的各因素指标构成的数列。

四、实例验算

某护滩工程经可行性分析后，根据工程具体情况，按工程投资、洪水破坏程度、垮岸速度、河水流量、民工人数、降雨程度、管理人员的多少和机械设备台数八个因素拟定了六个方案。各个方案及对应因素指标见表1。

表1 施工方案及对应因素指标

因素 指标	工程投资 (万元)	洪水破坏 程度	垮岸影响 程度	河水日平均 流量 (m^3/s)	民工人数 (人)	降雨量 (mm)	管理人员 (人)	机械设备 (台)	
权重	0.2	0.15	0.15	0.125	0.125	0.1	0.1	0.05	
理想方案 (x_0)	120	0.05	0.45	684.01	100	29.4	25	7	
方 案	1 (x_1)	220	0.05	895.87	30	29.4	75	20	
	2 (x_2)	170	0.07	860.33	200	43.8	50	14	
	3 (x_3)	140	0.1	803.56	150	58.2	35	10	
	4 (x_4)	120	0.5	755.1	120	74.47	30	8	
	5 (x_5)	125	0.9	799	684.01	100	90.47	25	7
	6 (x_6)	138.7	0.1	0.55	803.56	155	59.64	35	10

从各影响因素来看，工程投资具有不确定性，随材料价格、劳动强度、运输车辆、管理费用、附属设施及后勤供应等因素变化而变化；民工人数、管理人员和机械设备则取决于工期长短、工程重要性和地质条件等；洪水、降雨、河水流量和垮岸等自然因素则是随机的，但其对工程的影响却是不可低估。随其对工程影响程度不同，工程投资和施工人数也随之而变化。可见，施工方案是一个复杂的系统，其各个因子具有一定的灰度，且各个因素间的关系也不明朗。按灰色系统理论认为信息不明确的量是灰色量。既

然在施工方案的优化选择过程中包含许多灰量，因此笔者认为利用灰色系统理论来解决施工方案优化选择的问题是可行的。

首先对原始数据进行处理，以消除量纲的影响：将表1中所有的 X_i ($i=0, 1, \dots, \dots, 6$) 的各因素指标值均除以 X_0 (理想方案) 相对应的因素指标值，得如下的数值矩阵。

K	1	2	3	4	5	6	7	8
X_0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
X_1	1.8933	1.0000	1.0000	1.3097	0.3000	1.0000	3.0000	2.8571
X_2	1.4167	1.4000	1.1110	1.2578	2.0000	1.4898	2.0000	2.0000
X_3	1.1667	2.0000	1.2220	1.1748	1.5000	1.9796	1.4000	1.4286
X_4	1.0000	10.0000	1.4440	1.1039	1.2000	2.5330	1.2000	1.1429
X_5	1.0417	18.0000	2.0000	1.0000	1.0000	3.0772	1.0000	1.0000
X_6	1.1558	2.0000	1.2220	1.1748	1.5500	2.0286	1.4000	1.6842

$$\min_i \min_K |X_0(K) - X_i(K)| = 0$$

$$\max_i \max_K |X_0(K) - X_i(K)| = 17$$

$$\xi_i(K) = \frac{\min_i \min_K |X_0(K) - X_i(K)| + \rho \max_i \max_K |X_0(K) - X_i(K)|}{|X_0(K) - X_i(K)| + \rho \max_i \max_K |X_0(K) - X_i(K)|}$$

$$= \frac{8.5}{|X_0(K) - X_i(K)| + 8.5}$$

$$r_i = \frac{1}{8} \sum_{K=1}^8 \xi_i(K) \quad i=1, 2, \dots, 6$$

从而有

$$\{r_1, r_2, r_3, r_4, r_5, r_6\} = \{0.9287, 0.9370, 0.9473, 0.8981, 0.8783, 0.9461\}$$

为计算加权关联度，要给出各关联系数在关联度中的权重。权重的大小反映了各因素指标对方案影响的重要程度。但权重的取值却直接影响方案优化的结果。一般来说，权重可通过广泛积累经验 and 征求专家意见确定。

$W(K) = \{0.2, 0.15, 0.15, 0.125, 0.125, 0.1, 0.10, 0.05\}$ ，则有 $\{r'_1, r'_2, r'_3, r'_4, r'_5, r'_6\} = \{0.9402, 0.9437, 0.9498, 0.8902, 0.8556, 0.9490\}$

各方案与理想方案关联度的排序结果见表2。

表2

种 类	方 案					
	1	2	3	4	5	6
一般关联度	4	3	1	5	6	2
加权关联度	4	3	1	5	6	2

从关联分析结果看，第三方案最优。

五、结 论

1. 自然界中存在的系统，白色和黑色都是相对的，而灰色却是绝对的。灰色系统的概念较为真实，全面地反映了我们对一个实际系统的认识深度。 (下接80页)

略图等。

(6) 施工 评审施工方法和施工设备是否适于工地条件,能否按期完工并与标价是否一致。对于施工方法,只能作主观分析并根据逻辑性、完工时间的现实性和工地条件作判断。因此,这一小组需要较长的篇幅来解释其所得的结论。

3. 评标附录

附录一、二、三...等

名词解释

1. 投标书的响应性。所谓响应性即在开始详细评标前,业主要对各家投标书鉴定其是否均已符合招标文件的要求,和对招标文件作出了实质性响应。一般要求在开标之后将投标副本立即分发到各评审小组,短期内迅速确定其投标是否具有响应性。不要求投标书必须有百分之百的响应性,而只要求投标作出实质性响应。

所谓实质性响应就是指投标书符合招标文件所规定的条款和规范而没有重大的遗漏,偏离和保留。所谓重大的偏离和保留是指在任何重大方面影响到工程的范围,质量,履约或与招标文件不一致,在重大方面限制了合同中规定的业主的权利或投标商的义务。例如附属工厂设施,投标书中有较好的总布置及设备,工具,备件和人员表,但遗漏了卫生设施和停车场,这类遗漏不算大,可认为具有实质性响应。如遗漏了施工进度计划,认为是与招标文件不一致,则投标书不具响应性。只有在确定投标书具有响应性后才能开始详细评审。如果在详细评审过程中发现投标书有重大矛盾,遗漏或缺乏资料,就不能认为该投标书不具有响应性了。这时可通过两种方法进行补救:1)对投标书进行澄清,2)利用“业主拒绝任何投标书的权利”。如果发生了第2种情况,则要准备好合理的理由并上报业主和世界银行。

2. 最低评标价。所谓最低评标价就是经过评审,根据改正后的工程量报价单中所有项目的总和得到的最低标价。在获得最低评标价时要不要考虑不平衡投标和是应给施工方法说明上加上一一定权重?此处不详细讨论其理由,但其结论是否定的。最低评标价除经改正后的工程量报价单外只能包括对投标价进行可以接受的并可以计量的调整。

3. 过低报价。所谓过低报价指比第二、三低报价还低25%以上的报价,如果只低10-25%,则需进行认真调查其低报价的原因。一般低报价的原因有以下几条:

1) 投标商在编制概算或将概算转换成工程量报价单时有错误。

2) 投标商通过在施工方法,设备和进度计划中采取了可以接受的技术革新途径,能比其竞争对手更低的报价完成工程。

3) 投标商采用计算风险,而在施工期通过索赔条件变更等可将工程款索回。

对于第一种情况,应预见对投标商可能按标书规定行使赋予他的权力撤回投标,但却失去了投标保证金。对于后两种情况必须给予评审,如果无正当理由拒标,将不得不接受。

(上接63页) 对任何实际系统,我们都不可能了解与之有关的所有信息。从这个意义上讲,对系统的研究就不得不从灰色的角度出发,水利工程施工方案系统是一个灰色系统。如何白化是十分复杂的问题,本文提出了理想方案,以实际方案与理想方案的关系密切程度作为指标,通过关联分析的途径,提出了解决问题的新方法。计算简单,可信度高。

2. 理想方案的确定,视不同工程而异,但对同一工程理想方案却是确定的。

3. 优化方案并非各个指标均满足,而是从整体出发,综合考虑各个因素的结果。