

# 水利水电工程规划方案优选的灰色决策模型研究

邹良波<sup>1</sup> 邹新波<sup>2</sup> 胡荣宗<sup>2</sup> 刘海涛<sup>3</sup>

(1.新化县半山水库管理所, 湖南 娄底 417628;

2.湖南省中水江河工程设计有限公司, 湖南 长沙 410000;

3.湖南省水文水资源勘测中心, 湖南 长沙 410081)

**摘要:** 本文针对水利水电工程规划决策这一多目标、多因素的判别问题, 及其在水利水电、防洪、灌溉中发挥的重要作用, 运用灰色系统理论, 建立灰色关联度优选模型, 根据规划各方案的技术经济指标数据列, 构造出参考的最优技术经济指标数据列, 为避免人为因素影响, 利用平均赋权法确定各指标的权重, 计算关联度, 得到优劣序, 并将其运用于某综合利用水库工程规划优选中, 结果表明该方法具有直观性和实用性。

**关键词:** 水利水电工程规划; 方案优选; 关联度; 灰色模型

中图分类号: TV7 文献标识码: A

水利水电工程规划决策, 是一个复杂的系统性工程问题, 在规划过程中要考虑技术、经济、社会、环境、功能、效益等诸多因素的影响, 且各因素之间存在不可比性, 为决策过程拖延了时间, 影响了工程进度。就研究现状来看, 对水利水电方案进行优选的方法有模糊综合评判法<sup>[1]</sup>、人工神经网络法<sup>[2]</sup>、属性识别模型<sup>[3]</sup>、组合权重方法<sup>[4]</sup>等, 最终取得了很好的成效, 但在进行优选的过程中也暴露了其自身存在的局限性, 如用模糊综合评判法进行水利水电规划方案的优选时, 各指标隶属函数的拟定存在很大的主观性, 对优选结果的精度有一定的影响。由于水利水电工程规划建设关系到国计民生、农业灌溉、城市居民生产生活用水等重大问题, 在进行方案优选时, 应全方位慎重考虑, 采用灰色关联模型进行选优值得探讨。因此, 本文从灰色系统理论出发, 建立灰色关联度优选模型, 根据规划各方案的技术经济指标数据列, 构造出参考的最优技术经济指标数据列, 为避免人为因素影响, 利用平均赋权法确定各指标的权重, 计算关联度, 得到优劣序, 为水电工程规划方案的实施提供科学依据。

## 1 灰色优选模型步骤<sup>[5]</sup>

运用灰色关联模型来确定序列之间的关联

度, 具体步骤如下:

### (1) 比较序列与参考序列的确定

以水库工程各方案的拟定指标值作为比较序列, 记为

$$x_i(k) = \{x_i(1), x_i(2), \dots, x_i(n)\} \quad i=1, 2, \dots, n \quad (1)$$

根据水库工程的实际情况确定其最优参考序列, 也就是目标序列记为

$$x_0(k) = \{x_0(1), x_0(2), \dots, x_0(m)\} \quad k=1, 2, \dots, m \quad (2)$$

### (2) 对数据做均值化处理, 使其无量纲化

$$x'_i(k) = x_i(k) / \frac{1}{n+1} \sum_{i=0}^n x_i(k) \quad i=1, 2, \dots, n, \quad k=1, 2, \dots, m \quad (3)$$

### (3) 求参考序列与比较序列的绝对差

$$\Delta_i(k) = |x'_i(k) - x'_i(0)| \quad (4)$$

### (4) 计算两极最大差与最小差

$$\Delta_{\max} = \max_i \max_k \Delta_i(k), \quad \text{其中} \Delta_{\min} = \min_i \min_k \Delta_i(k) \quad (5)$$

### (5) 计算关联系数

$$r_i(k) = \frac{\Delta_{\min} + \rho \Delta_{\max}}{\Delta_i(k) + \rho \Delta_{\max}} \quad (6)$$

式中,  $\rho$  为分辨系数, 它的取值只影响关联系数的大小, 不影响关联序, 一般取0.5。

### (6) 求得关联度

$$r_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n a(k)r_i(k) \quad (7)$$

式中， $r_i$ 表示关联度； $a(k)$ 表示规划方案各指标的权重； $r_i(k)$ 表示各方案的关联系数。

## 2 灰色优选模型应用实例

水利水电工程规划涉及的因素十分复杂，既要考虑工程的主体功能，又要考虑与社会、经济、环境的协调性。下面以某综合利用水库为例，说明灰色模型在水库工程最优规划选择中的应用。某综合利用水电工程，以灌溉为主，兼具防洪、发电、上下游供水等功能，规划阶段拟定了4个比较方案，具体情况见表1。

从表1中我们可以看出，各方案的指标值均为确定的白化值，不需进行白化处理。由(1)式、(2)式确定比较序列与参考序列：

$$\{x_1(1)\} = \{150.6, 4553, 20.4, 4980, 7.0, 4400, 2660, 1.37, 61.3, 6300, 2208, 2.17, 6510\}$$

$$\{x_2(2)\} = \{151.6, 6545, 21.3, 980, 10.0, 6602, 4598, 1.76, 95.6, 7979, 2306, 1.74,$$

$$5865\}$$

$$\{x_3(3)\} = \{152.85, 9209, 21.9, 980, 13.0, 9667, 7267, 2.13, 156.7, 9967, 2574, 1.37, 5745\}$$

$$\{x_4(4)\} = \{155.15, 14467, 22.8, 980, 20.0, 15533, 12348, 2.99, 278.5, 14300, 2953, 1.16, 5985\}$$

最优参考目标数据列为

$$\{x_0(1)\} = \{155.15, 14467, 22.8, 980, 20.0, 15533, 12348, 2.99, 61.3, 6300, 2208, 1.16, 5745\}$$

按式(3)运用均值化原理进行无量纲化处理，无量纲化结果见表2。

对表2利用式(4)求参考序列与比较序列的绝对差，见表3。

$$\text{由式(5)可知 } \Delta_{\min} = \min_i \min_k \Delta_i(k) = 0, \Delta_{\max} = \max_i \max_k \Delta_i(k) = 1.662.$$

根据式(6)可得关联系数，见表4。

根据式(7)可得关联度，指标权重的计算方法有主观判断法、客观分析法等，为避免人为因素影响，本文采用平均赋权的方法，关联度值

表1 水库工程规划各方案指标

规划项目	方案1	方案2	方案3	方案4
水库兴利发电水位 / m	150.6	151.6	152.85	155.15
水库兴利发电库容 / ( $\times 10^4 \text{m}^3$ )	4453	6545	9209	14467
水库面积 / $\text{km}^2$	20.4	21.3	21.9	22.8
死库容 / ( $\times 10^4 \text{m}^3$ )	980	980	980	980
引水流量 / ( $\text{m}^3 / \text{s}$ )	7.0	10.0	13.0	20.0
入库流量 / ( $\times 10^4 \text{m}^3$ )	4400	6602	9667	15533
调节水量 / ( $\times 10^4 \text{m}^3$ )	2660	4598	7267	12348
灌溉面积 / ( $\times 10^4 \text{hm}^2$ )	1.37	1.76	2.13	2.99
土坝工程量 / ( $\times 10^4 \text{m}^3$ )	61.3	95.6	156.7	278.5
工程投资 / ( $\times 10^4$ 元)	6300	7979	9967	14300
水库淹没补偿 / ( $\times 10^4$ 元)	2208	2306	2574	2953
单位水量投资 / (元 / $\text{m}^3$ )	2.17	1.74	1.37	1.16
单位面积投资 / (元 / $\text{hm}^2$ )	6510	5865	5745	5985

表2 水库工程规划各方案的无量纲化值

方案	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$	$X_9$	$X_{10}$	$X_{11}$	$X_{12}$	$X_{13}$
方案1	0.984	0.453	0.936	1.000	0.500	0.425	0.339	0.609	0.469	0.702	0.903	1.428	1.090
方案2	0.990	0.666	0.977	1.000	0.714	0.638	1.275	0.783	0.732	0.890	0.943	1.145	0.982
方案3	0.999	0.937	1.005	1.000	0.929	0.934	0.926	0.948	1.199	1.111	1.053	0.901	0.962
方案4	1.013	1.472	1.046	1.000	1.429	1.501	1.574	1.330	2.131	1.594	1.208	0.763	1.003
方案0	1.013	1.472	1.046	1.000	1.429	1.501	1.574	1.330	0.469	0.702	0.903	0.763	0.962

表3 求差序列值

方案	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$	$X_9$	$X_{10}$	$X_{11}$	$X_{12}$	$X_{13}$
方案1	0.029	1.019	0.11	0.000	0.929	1.076	1.175	0.721	0.000	0.000	0.000	0.665	0.128
方案2	0.023	0.806	0.069	0.000	0.715	0.863	0.299	0.547	0.263	0.188	0.04	0.382	0.020
方案3	0.014	0.535	0.041	0.000	0.500	0.567	0.648	0.382	0.730	0.409	0.150	0.138	0.000
方案4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.662	0.892	0.305	0.000	0.041

表4 关联系数

方案	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$	$X_9$	$X_{10}$	$X_{11}$	$X_{12}$	$X_{13}$
方案1	0.966	0.449	0.883	1.000	0.472	0.436	0.414	0.535	1.000	1.000	1.000	0.555	0.867
方案2	0.973	0.508	0.923	1.000	0.538	0.491	0.735	0.603	0.760	0.816	0.954	0.685	0.976
方案3	0.983	0.608	0.953	1.000	0.624	0.594	0.562	0.685	0.532	0.670	0.847	0.858	1.000
方案4	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.333	0.482	0.732	1.000	0.953

表5 关联度值

方案	方案1	方案2	方案3	方案4
关联度	0.0567	0.0590	0.0587	0.0681
从大到小排序	4	2	3	1

见表5。

因此，从表中可以看出 $r_4 > r_2 > r_3 > r_1$ ，方案4为最优方案。

### 3 结束语

本文利用灰色系统的基本理论和方法，根据各数据构成的曲线之间的几何相似程度来判断其关联性曲线的几何形状越接近，则关联度就越大原理，建立了灰色关联度优选模型，并将其应用于某综合利用水利水电工程规划方案优选中，避免决策过程中因素不可比性带来的决策误差，全面分析指标间的相互关系，得到优劣关联序，结果表明该模型的直观性和实用性具有很好的应用价值。

### 参考文献

- [1] 王英.模糊综合评判法在水电规划中的应用[J].长沙铁道学院学报, 1996, 14(4): 38-44
- [2] 程芳, 陈守伦.水利水电规划方案优选的人工神经网络方法[J].水电能源科学, 2002, 20(1): 48-50.
- [3] 马细霞, 马巧花, 张坤业.水利水电规划方案综合优选属性识别模型[J].水电能源科学, 2004, 22(2): 54-56.
- [4] 金菊良, 吴永林, 汪明武.城市防洪标准方案优选的组合权重方法[J].四川大学学报, 2004, 36(4): 1-5.
- [5] 邓聚龙.灰色系统理论教程[M].武汉:华中理工大学出版社, 1990.