

调水工程线路方案优选的理想解模型及其应用

陈军飞, 沈菊琴, 欧阳芳

(河海大学国际工商学院, 江苏 南京 210098)

摘要 :建立了调水工程线路方案优选的评价指标体系,采用变异系数法和专家调查法相结合的方式确定评价指标权重,建立了调水工程线路方案优选的理想解法模型,并把该模型应用于调水工程线路规划方案评价中.算例表明该方法计算简便,结果合理,具有较强的应用性,是一种有效的综合评价方法.

关键词 :调水工程;调水线路;理想解法;规划方案评价

中图分类号 :TV68 ;C931.1 **文献标识码** :A **文章编号** :1000-198X(2004)01-0119-04

调水工程线路方案优选是一项复杂的系统工程,其实质上是一个多因素、多目标、多指标综合效果的系统评价问题.当确定进行某一个项目建设时,往往在项目进行的各个阶段均有不同性质、不同规模的多个可行方案,需要对其评价并选择其中的最佳方案.实践证明,选择的方案不合理,最终可能影响该建设项目投资、进度以及经济效益,甚至导致项目失败,造成巨大损失.因此,对调水工程项目线路方案评价与选优的研究应引起各方面的高度重视.目前已有相当多的综合评价方法^[1-2],如层次分析法、模糊评价方法、主成分分析法等,但这些方法缺乏系统的评价参照标准,可能导致评价结果出现较大误差.理想解法作为一种有限方案多目标决策方法,通过计算各待评价方案与理想解的相对贴近度的大小,作为评价各方案的依据,该方法计算简便,结果合理,应用性较强^[3].本文考虑了调水工程线路规划方案多指标、多目标的特点,采用变异系数法和专家调查法相结合的组合方法确定评价指标的权重,建立了调水工程线路方案优选的理想解模型,并对某调水工程线路规划方案进行综合评价计算.

1 调水工程线路优选综合评价模型的构建

设有 M 个待评价方案,评价指标为 N 个,每个方案的评价指标值用向量表示,记作 $X_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iN})$, $i = 1, 2, \dots, M$, 从而得到原始的评价矩阵 $X = (x_{ij})_{M \times N}$.

1.1 评价指标的预处理

反映待评价方案的评价指标往往具有不同的量纲和数量级,且有的指标是正向指标,即越大越好,如效益费用比;有些指标是逆向指标,即越小越好,如单位水量投资等.因此需对原始指标值进行规范化处理,消除量纲的影响.通过规范化得到矩阵 $Y = (y_{ij})_{M \times N}$, 规范化过程可以采用下面两个计算公式.

对于正向指标,即指标值越大越好的“效益型”指标采用式(1)规范化:

$$y_{ij} = \frac{x_{ij} - \min\{x_{kj} | k = 1, 2, \dots, M\}}{\max\{x_{kj} | k = 1, 2, \dots, M\} - \min\{x_{kj} | k = 1, 2, \dots, M\}} \quad \left(\begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, M \\ j = 1, 2, \dots, N \end{array} \right) \quad (1)$$

对于逆向指标,即指标值越小越好的“成本型”指标采用式(2)规范化:

$$y_{ij} = \frac{\max\{x_{kj} | k = 1, 2, \dots, M\} - x_{ij}}{\max\{x_{kj} | k = 1, 2, \dots, M\} - \min\{x_{kj} | k = 1, 2, \dots, M\}} \quad \left(\begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, M \\ j = 1, 2, \dots, N \end{array} \right) \quad (2)$$

经过上述变换后得到的 y_{ij} 是原始数据 x_{ij} 的无量纲化,消除量纲的影响, $y_{ij} \in [0, 1]$, 且 y_{ij} 越大越好.

1.2 评价指标权重的确定方法

指标权重是对每个指标在整个指标体系中的相对重要性的数量表示.权重确定合理与否对综合评价结果和评价质量将产生决定性的影响.本文采用基于变异系数法结合专家调查法的组合方法来确定评价指标

的权重,基本步骤如下:

a. 分别求不同指标评价值的平均值 $\bar{y}_j$ 和标准差 σ_j :

$$\bar{y}_j = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M y_{ij} \quad \sigma_j = \sqrt{\frac{1}{M-1} \sum_{i=1}^M (y_{ij} - \bar{y}_j)^2} \quad (j = 1, 2, \dots, N) \quad (3)$$

b. 求不同指标对应的变异系数:

$$E_j = \frac{\sigma_j}{\bar{y}_j} \quad (j = 1, 2, \dots, N) \quad (4)$$

c. 对 E_j 作归一化处理,作为各指标的权重:

$$w_j = \frac{E_j}{\sum_{j=1}^N E_j} \quad (j = 1, 2, \dots, N) \quad (5)$$

d. 将两种求权重的方法进行加权组合. 设 $w_1 (j = 1, 2, \dots, N)$ 为第 j 项评价指标采用变异系数法得到的指标权重, $w_2 (j = 1, 2, \dots, N)$ 为采用专家调查法得到的评价指标的权重,把这两种确定权重的方法相结合即可得到评价指标的综合权重. 这里采用加权求和的方法,则综合指标权重为

$$w_j = \alpha w_{1j} + (1 - \alpha) w_{2j} \quad (j = 1, 2, \dots, N) \quad (6)$$

其中 $0 \leq \alpha \leq 1$. 由式(6)可以看出,取不同的 α 值即可得到相应的指标权重,变异系数法和专家调查法分别为 $\alpha = 1$ 和 $\alpha = 0$ 的特殊情况.

1.3 调水工程线路方案评价的理想解法

对上述规范化矩阵 $Y = (y_{ij})_{M \times N}$ 及指标权重向量 $W = (w_1, w_2, \dots, w_N)$ 理想解法的基本步骤为^[3,4]:

a. 由规范化矩阵 Y 和指标权重向量 W 计算加权规范化矩阵:

$$Z = (z_{ij})_{M \times N} = (w_j y_{ij})_{M \times N} \quad (7)$$

b. 确定评价问题的理想解 V^+ 和逆理想解 V^- :

$$V^+ = \{z_j^+ | j = 1, 2, \dots, N\} = \{\max_i z_{ij} | j = 1, 2, \dots, n\} \quad (8)$$

$$V^- = \{z_j^- | j = 1, 2, \dots, N\} = \{\min_i z_{ij} | j = 1, 2, \dots, n\} \quad (9)$$

c. 计算各待评价方案评价指标值向量到理想解的距离 D_i^+ 和到逆理想解的距离 D_i^- :

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^N (z_{ij} - z_j^+)^2} \quad i = 1, 2, \dots, M \quad (10)$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^N (z_{ij} - z_j^-)^2} \quad i = 1, 2, \dots, M \quad (11)$$

d. 计算各方案评价指标值向量与理想解 V^+ 的相对贴近度:

$$C_i = \frac{D_i^-}{D_i^- + D_i^+} \quad i = 1, 2, \dots, M \quad (12)$$

e. 相对贴近度即作为待评价方案的综合评价价值,根据相对贴近度大小对各待评价方案进行排序. 相对贴近度越大表明该方案越优,反之,相对贴近度越小该方案越差.

2 应用案例

2.1 构建评价指标体系

某调水工程经过可行性研究,有4种方案,选取的评价指标如表1所示. 其中定量指标15个,定性指标4个. 定性指标为受上游来水量影响大小、对沿线经济发展的贡献、解决沿线供需矛盾的作用、对环境影响的程度,它们的量化标准采用5级,即{大,较大,一般,小,很小},分别对应数值{10,8,6,4,2}. 采用变异系数法及专家调查法获得的各指标的权重见表1.

表 1 调水方案评价指标权重

Table 1 Weight of evaluation indexes for water diversion scheme					
评价指标	指标权重	评价指标	指标权重	评价指标	指标权重
供水路线总长	0.044	供水量	0.130	效益费用比	0.088
隧洞占线路长度	0.032	单位水量投资	0.098	受上游来水量影响状况	0.020
建筑工程投资	0.010	投资估算	0.120	对沿线经济发展的贡献	0.043
机电设备投资	0.008	总工期	0.075	解决沿线供需矛盾的作用	0.067
工程占地	0.011	投资回收期	0.061	对环境的影响程度	0.015
土石方量	0.004	财务内部收益率	0.101		
混凝土	0.005	经济内部收益率	0.068		

2.2 各方案综合评价计算

从表 2 的评价指标可以看出,供水量、财务内部收益率、经济内部收益率、效益费用比等指标为正向指标,其余指标为逆向指标.投资回收期、财务内部收益率、经济内部收益率、效益费用比等指标值为一区间,进行规范化处理时取其中间值.根据公式(1)和(2)对原始评价指标矩阵 $X=(x_{ij})_{M\times N}$ 进行规范化处理,得到标准化矩阵 $Y=(y_{ij})_{M\times N}$.

表 2 调水方案评价指标数据

Table 2 Data of evaluation indexes of water diversion schemes										
调水方案	供水线路总长/km	隧洞占线路长度/%	建筑工程投资/亿元	机电设备投资/亿元	工程占地/hm ²	土石方量/万 m ³	混凝土/万 m ³	供水量/亿 m ³	单位水量投资/(元·m ⁻³)	投资估算/亿元
方案 1	105.6	38.2	19.45	2.51	233	672.5	93	13.2	2.52	41.7
方案 2	100.2	39.1	15.63	2.02	189	540.2	76	12.0	2.89	31.5
方案 3	102.8	37.3	12.68	1.68	161	440.8	69	9.8	2.97	35.4
方案 4	95.6	39.4	12.05	1.47	156	350.0	52	8.3	3.05	28.6
调水方案	总工期/a	投资回收期/a	财务内部收益率/%	经济内部收益率/%	效益费用比/%	受上游来水量影响状况	对沿线经济发展的贡献	解决沿线供需矛盾的作用	对环境的影响程度	
方案 1	4.5	11.15~11.9	11.6~13.2	17.3~18.5	1.68~1.72	大	较大	大	较大	
方案 2	4.3	12~12.5	13.4~13.93	19.1~19.8	1.56~1.63	较大	较大	大	较大	
方案 3	4.4	11.76~11.9	10.3~11.2	15.9~16.8	1.62~1.70	一般	较大	较大	小	
方案 4	4.2	11.5~12.1	12.3~12.8	18.3~19.3	1.51~1.60	小	一般	较大	小	

由式(7)计算加权规范化矩阵,由式(8)和(9)分别求出理想解 V^+ 和逆理想解 V^- 为

$$V^+=(0.0440,0.0320,0.0100,0.0080,0.0110,0.0040,0.0050,0.1300,0.0980,0.1200,0.0750,0.0610,0.1010,0.0680,0.0880,0.0200,0.0430,0.0670,0.0150)$$

$$V^-=(0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0)$$

由式(10)和(11)计算各待评价方案评价指标值向量到理想解的距离 D_i^+ 和到逆理想解的距离 D_i^- 为

$$D_1^+=0.1756\quad D_2^+=0.1300\quad D_3^+=0.2098\quad D_4^+=0.2081$$

$$D_1^-=0.2114\quad D_2^-=0.2069\quad D_3^-=0.1133\quad D_4^-=0.1828$$

由式(12)计算各方案评价指标值向量与理想解 V^+ 的相对贴近度为

$$C_1=0.5463\quad C_2=0.6141\quad C_3=0.3506\quad C_4=0.4676$$

根据 C_i 值由大到小即可对 4 个方案进行排序,依次为方案 2>方案 1>方案 4>方案 3.

3 结 语

调水工程线路方案优选评价是一个复杂的多目标决策问题,所涉及的评价因素众多.本文构建的评价模型综合考虑了调水工程线路方案多指标、多因素、多目标的特点,通过计算各待评价方案与理想解的相对贴近度的大小,将多指标综合成一个总指标来作为评价各方案的依据,较好地解决了单项指标无法全面反映调水工程线路方案优选的多指标决策问题,为方案优选决策提供依据.

参考文献:

- [1] 许树柏. 层次分析法[M]. 天津: 天津大学出版社, 1988. 8—23.
- [2] 陈守煜. 系统模糊决策理论与应用[M]. 大连: 大连理工大学出版社, 1994. 5—22.
- [3] 彭勇行. 管理决策分析[M]. 北京: 科学出版社, 2000. 213—217.
- [4] 姜灵敏. 理想解法及其在商业银行经营绩效综合评价中的应用[J]. 系统工程理论方法应用, 2002, 11(3): 227—230.

Ideal solution model and its application to optimal selection of water diversion routes

CHEN Jun-fei, SHEN Ju-qin, OUYANG Fang

(International Business School, Hohai Univ., Nanjing 210098, China)

Abstract: An evaluation index system is developed for optimal selection of water diversion routes. By adoption of the methods of variation coefficient and experts' investigation for determination of the weight of the evaluation indexes, an ideal solution model is established and applied to evaluation of schemes for water diversion projects. Examples show that the evaluation method is effective with such merits as simple calculation and high applicability, and the result obtained is reasonable.

Key words: water diversion project; water diversion route; ideal solution; scheme assessment



ISSN 1004—6933
CN 32—1356/TV

刊 64 页 每份定价 6 元
全年定价 36 元

江苏省一级期刊 中国学术期刊综合评价数据库统计源期刊
中国期刊全文数据库收录期刊 中国核心期刊(遴选)数据库统计源期刊
万方数据——数字化期刊群入网期刊 中文科技期刊数据库收录期刊

2004 年度《水资源保护》

本刊 2004 年邮发征订工作现已开始 亦可与编辑部直接联系订阅!

邮发代号 28—298, 千万别忘记去邮局订阅!

地址 210098 南京市西康路 1 号 《水资源保护》编辑部

联系电话 (025) 83786642 电子信箱 zhh@hhu.edu.cn

开户行 南京工行宁海路分理处 银行账号 4301011409001024513