

DOI :10.3880/j.issn.1006-7647.2010.06.016

城市景观河道坝系布局方案优选

刘本杰 唐德善 周春飞

(河海大学水利水电学院,江苏 南京 210098)

摘要 应用综合集成赋权法进行城市景观河道坝系布局方案优选,选取逼近理想点法计算指标的客观权重,选用区间映射赋权法(G_2 法)并加以改进后计算指标的主观权重,通过基于单位化约束条件的“加法”集成法得到兼顾主客观信息的综合权重,再借助该权重进行综合评估,确定坝系布局方案优先顺序。应用实例表明,应用综合集成赋权法得到的综合权重和坝系布局方案优选结论能够兼顾主客观影响因素,具有较好的推广应用价值。

关键词 城市景观河道 坝系布局方案优选 综合集成赋权法 改进的 G_2 法

中图分类号 :TV61 ;TV853 **文献标识码** :A **文章编号** :1006-7647(2010)06-0067-04

Optimization of layout schemes for dam system of urban landscape rivers//LIU Ben-jie ,TANG De-shan ,ZHOU Chun-fei (College of Water Conservancy and Hydropower Engineering , Hohai University , Nanjing 210098 , China)

Abstract : The combining weight method was applied to the optimization of layout schemes for dam system of urban landscape rivers. The TOPSIS was employed to calculate the objective weight , and the interval mapping weighting method (G_2 method) was improved to calculate the subjective weight. By use of the linear integrated method based on the unitized constraint conditions , both the objective weight and the subjective weight were integrated into the comprehensive weight , by which comprehensive evaluation was performed and the optimization of layout schemes for the dam system was determined. The results show that the comprehensive weight and the optimization of dam system layout achieved by the combining weighting method consider both the subjective and the objective factors. The proposed method is scientific , agile , simple and applicable.

Key words : urban landscape river ; optimization of dam system schemes ; combining weight method ; improved G_2 method

由橡胶坝、翻板坝、水闸等挡水建筑物优选组成的城市景观河道坝系建设,除能满足防洪排涝要求外,通过与河道梯级带状水面、滨水景观等的结合,还能打造水景观,构造现代城市景观带^[1],为市民提供观赏、休闲、娱乐的场所。坝系布局方案的优劣直接关系河道景观效果,影响工程的投资、安全与效益^[2]。目前坝系布局方案的选择主要是将各可选方案定性分析后进行主观判断^[3-4],少数专家采用的层次分析法计算过程复杂、计算量大,且容易受知识与

经验缺乏的影响^[5]。笔者应用综合集成赋权法^[6]进行城市景观河道坝系布局方案优选。为科学、合理地对各布局方案进行整体评估,选取逼近理想点法计算指标的客观权重,选用区间映射赋权法(G_2 法)并加以改进,计算指标的主观权重,通过基于单位化约束条件^[7-8]的“加法”集成法得到兼顾主客观信息的综合权重,借助该权重对坝系布局方案进行综合评估,确定坝系布局方案优选顺序。综合集成赋权法技术路线见图 1。

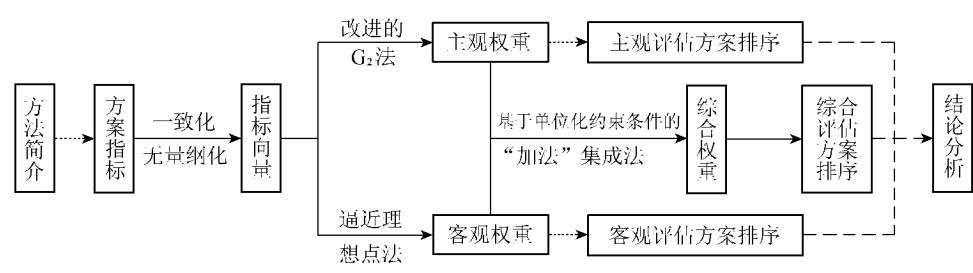


图 1 综合集成赋权法技术路线

作者简介:刘本杰(1988—),男,山东临沂人,硕士研究生,从事水利水电系统规划研究。E-mail: hhlbj19@163.com

1 综合集成赋权法简介

主观赋权法能反映决策者的主观判断,但容易受知识与经验缺乏的影响,客观赋权法采用了完善的数学方法,但忽略了决策者的主观影响。从逻辑上将两类赋权法有机地结合起来,使所确定的权重同时体现主观和客观信息,这就是综合集成赋权法^[7]。

客观赋权法中,逼近理想点法与熵值法相比更能反映各系统之间的整体差异,充分考虑数据差异不大的指标影响,且较“拉开档次法”计算简便。主观赋权法中, G_2 法具有区间特性,考虑了信息不足、专家知识缺乏等因素的影响,与层次分析法相比计算简便,且对指标的数量没有限制,比序关系分析法灵活,更面向实际应用。基于单位化约束条件的“加法”集成法与 Delphi 法相比,更能体现被评价对象之间的最大差异,适用于评价指标相互独立的场合,较“乘法”集成法容易计算,便于推广普及。

1.1 逼近理想点法^[6]

对于 n 个评价对象,设理想系统指标向量 $s^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_m^*)^T$,任一系统指标向量 $s_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im})^T$ 与 s^* 间的加权欧氏距离为

$$h_i = \sum_{j=1}^m p_j^2 (x_{ij} - x_j^*)^2 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

求使所有的 h_i 之和最小的权重 $p_j (j = 1, 2, \dots, m)$,即为求解最优化问题

$$\begin{aligned} \min \sum_{i=1}^n h_i &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m p_j^2 (x_{ij} - x_j^*)^2 \\ \text{s.t.} \quad &p_1 + p_2 + \dots + p_j = 1 \\ &p_j > 0 \quad j = 1, 2, \dots, m \end{aligned}$$

建立拉格朗日函数

$$\begin{aligned} L(p_1, p_2, \dots, p_m, \lambda) &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m p_j^2 (x_{ij} - x_j^*)^2 + \\ &2\lambda(p_1 + p_2 + \dots + p_m - 1) \end{aligned}$$

分别求偏导 $\frac{\partial L}{\partial p_j}, \frac{\partial L}{\partial \lambda}$,令其全部等于零,得

$$\begin{cases} p_j \sum_{i=1}^n (x_{ij} - x_j^*)^2 + \lambda = 0 \\ p_1 + p_2 + \dots + p_m = 1 \end{cases} \quad (2)$$

由式(2)可解出

$$p_j = \frac{1}{\sum_{i=1}^n (x_{ij} - x_j^*)^2} \bigg/ \sum_{j=1}^m \frac{1}{\sum_{i=1}^n (x_{ij} - x_j^*)^2} \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (3)$$

1.2 G_2 法及其改进

1.2.1 G_2 法

对于闭区间 $D = [d_1, d_2]$ 称 $d(D) = d_2 - d_1$ 为

D 的区间宽度, $n(D) = (d_1 + d_2)/2$ 为区间中点。对于 $D_1 = [d_{11}, d_{21}], D_2 = [d_{12}, d_{22}]$,规定 $D_1 + D_2 = [d_{11} + d_{12}, d_{21} + d_{22}]$

根据专家对待风险决策的态度,可以分为保守型、中立型和风险型专家。定义映射 $\varphi_\epsilon(D) = n(D) + \epsilon d(D)$ 为具有专家风险态度的区间映射函数,其中 ϵ 为风险态度因子,对于不同的专家, ϵ 不同且已知。设专家在指标集 $\{x_j | j = 1, 2, \dots, m\}$ 中挑选出他认为最不重要且唯一的 1 个指标,并将其记为 x_{jm} ,这时不妨将 m 个指标 $x_1, x_2, \dots, x_m$ 重新标记为 $x_{j1}, x_{j2}, \dots, x_{jm}$,其中 x_{jk} 为 $\{x_j\}$ 中的某个指标。设专家根据有关信息对评价指标 x_{jk} 与 x_{jm} 关于目标的重要性程度之比 r_{km} 做出理性的范围判断,并给出 r_{km} 的取值区间:

$$r_{km} \in [d_{1k}, d_{2k}] = D_k \quad k = 1, 2, \dots, m-1 \quad (4)$$

其中

$$1 < d_{1k} \leq d_{2k}$$

令 $D_m = 1$,若 D_k 赋值准确,则评价指标 x_{jk} 的权重为

$$q_k = \frac{\varphi_\epsilon(D)}{\sum_{i=1}^m \varphi_\epsilon(D)} \quad k = 1, 2, \dots, m \quad (5)$$

这种赋权法称为 G_2 法^[6]。

1.2.2 改进的 G_2 法

如果 L 位专家对指标集 $\{x_j | j = 1, 2, \dots, m\}$ 中最不重要指标的定性判断不一致,可根据每位专家的定性判断定量赋值,借助该赋值确定各指标的权重。如果专家对不重要指标的定性判断不一致,而对最重要指标的判断一致且该指标唯一,记为 x_{j1} 。同样地,可将 m 个指标 $x_1, x_2, \dots, x_m$ 重新标记为 $x_{j1}, x_{j2}, \dots, x_{jm}$ 。邀请专家给出 x_{jk} 与 x_{j1} 之比 r_{k1} 的取值区间:

$$r_{k1} \in [d_{1k}, d_{2k}] = D_k \quad k = 2, 3, \dots, m \quad (6)$$

其中

$$0 < d_{1k} \leq d_{2k} < 1$$

令 $D_1 = 1$,得到评价指标 x_{jk} 的权重,同式(5)。

考虑到专家风险态度因子的确定难度,为简化评价步骤,根据 Yager 方法中的指标 $F_1(\tilde{N})$ 确定 $\varphi_\epsilon(D)$ ^[9]。对于闭区间 $D = [d_1, d_2]$,几何中心 $F(\tilde{N}) = (d_1 + d_2)/2 = n(D)$,可取 $\varphi_\epsilon(D) = F(\tilde{N}) = n(D)$ 。此时评价指标 x_{jk} 的权重为

$$q_k = \frac{n(D)}{\sum_{i=1}^m n(D)} \quad k = 1, 2, \dots, m \quad (7)$$

由“加法”集成法得各综合评价值为

$$y_i = \sum_{j=1}^m q_j x_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (8)$$

1.3 基于单位化约束条件的“加法”集成法

设 p_j, q_j 分别是基于差异驱动原理和功能驱动原理生成的指标 x_j 的权重,令 $\omega_j = k_1 p_j + k_2 q_j$ ($j = 1, 2, \dots, m$) 则 s_i 的综合评价值为

$$y_i = \sum_{j=1}^m \omega_j x_{ij} = \sum_{j=1}^m (k_1 p_j + k_2 q_j) x_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, n \tag{9}$$

当 k_1, k_2 满足单位化约束条件 $k_1^2 + k_2^2 = 1$ 且 $k_1 > 0, k_2 > 0$ 时^[9],应用 Lagrange 条件极值原理求解 $\max \sum_{i=1}^n y_i = \max \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (k_1 p_j + k_2 q_j) x_{ij}$,并将 k_1, k_2 的求解结果归一化,得

$$k_1^* = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m p_j x_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (p_j + q_j) x_{ij}} \tag{10}$$

$$k_2^* = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m q_j x_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (p_j + q_j) x_{ij}} \tag{11}$$

这是体现整体最大差异的综合集成赋权法^[6]。由式(9)得各综合评价值为

$$y_i = \sum_{j=1}^m (k_1^* p_j + k_2^* q_j) x_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, n \tag{12}$$

2 应用实例

内蒙古乌海市摩尔沟河道整治工程整治河段长 11.5 km,地形落差 56 m,河道岸坡基本处于自然状态,防洪能力差,洪水威胁市民人身财产安全;由于降水少、蒸发大,河槽基本处于干涸状态,生态环境恶劣,影响城市形象,制约城市发展。根据摩尔沟河道整治工程规划,通过梯级坝系的建设,应既能蓄洪滞洪,又能构造水景观,要将河道建设成为满足市民观赏、亲水、娱乐需要的城市景观河道。

综合考虑景观、防洪、投资、运行等需求,根据城市建设规划,专家筛选出以下 3 个坝系布局方案:①十六坝方案。为保证河道全断面蓄水,修筑 16 座坝(闸)。存在问题包括:建坝数量多,投资大,水面面积小,景观效果一般;运行调度复杂。②九坝方案。为保证河道全断面蓄水,经过开挖后修筑 9 座坝(闸),增大水面面积,以提高水景观效果。存在问题包括:开挖量大,运输费用高;工期长,临时工程投资大。③七坝方案。在地形坡度较大的河段不蓄水,以减少筑坝数和开挖量,降低工程投资。缺点是水景观效果差,干河槽段河道卫生、环保问题存在隐患。

从城市建设规划参数 x_1 、景观满意度 x_2 、运行

调度难易指标 x_3 、工程投资 x_4 、防洪效益 x_5 等相互独立的 5 个方面对坝系布局方案进行评估,以达到最佳整治效果,产生最大的经济社会效益^[10]。通过问卷调查、专家评分、定量计算等措施,得到各评价指标值见表 1。

表 1 坝系布局方案评价指标

方 案	城市建设 规划参数 $x_1/\%$	景观 满意度 $x_2/\%$	运行调度 难易指标 x_3	工程 投资 $x_4/\text{亿元}(\text{亿元} \cdot \text{a}^{-1})$	防洪 效益 $x_5/$
十六坝方案	78	74	1.32	8.86	0.391
九坝方案	81	78	1.25	8.76	0.401
七坝方案	74	51	1.14	8.57	0.426
理想方案	100	100	1.00	8.00	0.436

2.1 客观权重计算及方案客观评估

设理想方案指标向量 $s^* = (1, 1, 1, 1, 1)^T$,将 3 个方案的指标值进行一致化、无量纲化处理,得到各方案指标向量 $s_1 = (0.78, 0.74, 0.76, 0.46, 0.70)^T, s_2 = (0.81, 0.78, 0.80, 0.52, 0.75)^T, s_3 = (0.74, 0.51, 0.88, 0.64, 0.90)^T$ 。各方案指标 x_1 与 x_3 差异较小。

将 s^*, s_1, s_2, s_3 代入式(3)计算得到指标 x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 的权重分别为: $p_1 = 0.253, p_2 = 0.108, p_3 = 0.343, p_4 = 0.059, p_5 = 0.237$ 。即客观赋权法权重向量 $p = (0.253, 0.108, 0.343, 0.059, 0.237)^T$ 。

将 $p = (0.253, 0.108, 0.343, 0.059, 0.237)^T$ 代入式(1)得 $h_1 = 0.269, h_2 = 0.228, h_3 = 0.205$ 。由 $h_3 < h_2 < h_1$ 知,客观赋权法得到的方案优选顺序为:七坝方案优于九坝方案,九坝方案优于十六坝方案。

2.2 主观权重计算与方案主观评估

邀请 25 位专家对评价指标集 $\{x_j | j = 1, 2, 3, 4, 5\}$ 最重要指标和最不重要指标进行判断,判断得出最不重要指标不一致,而最重要指标一致,为景观满意度 x_2 ,记为 x_{j1} ,并将 x_1, x_3, x_4, x_5 分别记为 $x_{j2}, x_{j3}, x_{j4}, x_{j5}$ 。

由式(6)取 $r_{11} = 1$,根据乌海市摩尔沟河道整治工程相关信息对评价指标进行理性判断,确定指标 $x_{j2}, x_{j3}, x_{j4}, x_{j5}$ 与 x_{j1} 之比 $r_{21}, r_{31}, r_{41}, r_{51}$ 的取值区间 D_2, D_3, D_4, D_5 分别为 $D_2 = [0.32, 0.50], D_3 = [0.26, 0.31], D_4 = [0.71, 0.85], D_5 = [0.26, 0.39]$,区间中点分别为: $n(D_2) = 0.41, n(D_3) = 0.28, n(D_4) = 0.78, n(D_5) = 0.33$ 。代入式(7)得评价指标 $x_{j1}, x_{j2}, x_{j3}, x_{j4}, x_{j5}$ 的权重分别为 $q_1 = 0.357, q_2 = 0.146, q_3 = 0.100, q_4 = 0.279, q_5 = 0.118$ 。即主观赋权法权重向量 $q = (0.146, 0.357, 0.100, 0.279, 0.118)^T$ 。

将 $q = (0.146, 0.357, 0.100, 0.279, 0.118)^T$ 代入式(8)得 $y_1 = 0.665, y_2 = 0.710, y_3 = 0.663$ 。由 $y_2 > y_1 > y_3$

可知,客观赋权法得到的方案优选顺序为:九坝方案优于十六坝方案,十六坝方案优于七坝方案。

2.3 指标权重的综合集成计算及方案优选

将 $p=(0.253\ 0.108\ 0.343\ 0.059\ 0.237)^T$, $q=(0.146\ 0.357\ 0.100\ 0.279\ 0.118)^T$ 分别代入式(10)(11),得 $k_1^*=0.530$, $k_2^*=0.470$ 。则指标的综合权重 $\omega=(0.203\ 0.225\ 0.229\ 0.162\ 0.181)^T$ 。

比较 p, q, ω 可知,客观权重、主观权重和综合权重明显不一致。

将 $k_1^*=0.530$, $k_2^*=0.470$, $s_1=(0.78\ 0.74\ 0.76\ 0.46\ 0.70)^T$, $s_2=(0.81\ 0.78\ 0.80\ 0.52\ 0.75)^T$, $s_3=(0.74\ 0.51\ 0.88\ 0.64\ 0.90)^T$ 代入式(12),得到十六坝方案、九坝方案、七坝方案的综合评价价值分别为 $y_1=0.704$, $y_2=0.743$, $y_3=0.733$ 。

由 $y_2 > y_3 > y_1$ 可知,综合集成赋权法得到的方案优选顺序为:九坝方案优于七坝方案,七坝方案优于十六坝方案。

2.4 计算结果分析与方案优选

运用综合集成赋权法得到的坝系布局方案优选结论与客、主观赋权法得到的结论明显不一致。逼近理想点法得到的方案优选结论未能体现各指标之间的相对重要程度,尤其是忽略了河道景观的重要性;改进的 G_2 法得到的方案优选结论较大程度地体现了人们对指标重要程度的主观认识,而基于单位化约束条件的综合集成赋权法综合反映了主客观因素,且最大程度地体现了各方案的差异,借助该方法得到的布局方案更加科学合理。

综上所述,摩尔沟河道整治工程坝系布局方案选用九坝方案。针对该方案存在的问题,需要在整治工程下阶段重点做好土石方平衡、临时工程、进度控制等施工设计工作,以期达到河道的最佳整治效果。

3 结 语

a. 应用综合集成赋权法进行城市景观河道坝系布局方案优选,计算得到兼顾主客观因素的综合权重,借助该权重对3个布局方案总体评估。应用

实例表明,基于单位化约束条件的综合集成赋权法综合反映了主客观因素,且最大程度体现了各方案的差异,借助该方法得到的布局方案更加科学合理。

b. 选用逼近理想点法作为客观赋权法,改进的 G_2 法作为主观赋权法,通过基于单位化约束条件的“加法”集成法进行权重集成,同其他类似的综合集成赋权法应用^[9,11-12]相比,原理科学,方法灵活,更面向实际应用,有较好的推广价值。

c. 本文采用的综合集成赋权法及区间映射赋权法同样适用于坝系布局合理性评价。

参考文献:

[1] 钟春欣,张玮.基于河道整治的河道生态修复[J].水利水电科技进展,2004,24(3):12-14,69.
[2] 向龙,韦翠娥,余钟波,等.城市化地区多尺度水景观系统设计方法[J].水资源保护,2009,25(1):59-62.
[3] 董荣万,尤凤.田家沟小流域坝系工程总体布局方案优选[J].中国水土保持,2004(7):35-36.
[4] 李宏川.闫家河小流域坝系工程布局方案比选[J].山西水利,2007(3):13-14.
[5] 蒋得江.层次分析法在小流域坝系总体布局合理性评价中的应用[J].甘肃高师学报,2004(5):33-37.
[6] 郭亚军.综合评价理论与方法[M].北京:科学出版社,2002.
[7] 樊治平,赵萱.多属性决策中权重确定的主客观赋权法[J].决策与决策支持系统,1997,7(4):87-91.
[8] 王书吉,费良军,雷雁斌,等.综合集成赋权法在灌区节水改造效益评价中的应用[J].农业工程学报,2008,24(12):48-51.
[9] 郭齐胜,杨秀月,王杏林,等.系统建模[M].北京:国防工业出版社,2006.
[10] 朱逢春,徐荣明,赵忠卫,等.城市河道生态景观建设实践[J].水利水电科技进展,2008,28(S1):8-11.
[11] 张巍,杨焱.基于综合集成赋权法的工程项目风险评估模型研究[J].中国管理信息化,2008,20(11):90-92.
[12] 李慧伶,王修贵,崔远来,等.灌区运行状况综合评价的方法研究[J].水科学进展,2006,17(4):543-548.

(收稿日期:2010-01-22 编辑:骆超)

(上接第42页)

[3] FLAVIO L M, VANDERLEY M J. Bond strength and transversal deformation aging on cement-polymer adhesive mortars[J]. Construction and Building Materials, 2009, 23(2): 1022-1027.
[4] 李庚英,熊光晶,陈晓虎,等.抗酸腐蚀复合改性水泥砂浆的研制及其性能[J].混凝土,2000(6):39-41.
[5] 韩春源.单体比例和聚灰比对苯-丙乳液水泥砂浆性能的影响[J].水利水电科技进展,2000,20(1):37-38.
[6] 周志刚,程盛.聚合物改性水泥砂浆性能试验研究[J].

中外公路,2009,29(3):161-163.
[7] 李清海,孙蓓.废旧橡胶微粒对外保温用聚合物砂浆性能影响的研究[J].混凝土与水泥制品,2009(6):52-54.
[8] 项道阳,路永华,章银祥.聚合物抹面砂浆耐候性研究及机理分析[J].新型建筑材料,2009(11):52-54.
[9] 刘大智.聚合物水泥砂浆复合材料性能研究[D].南京:河海大学,2004.
[10] 曹泽生.MgO 微膨胀混凝土快速筑坝防裂技术研究[J].水力发电,1994(6):52-54.

(收稿日期:2010-03-04 编辑:高建群)