

基于熵组合权重的调水工程项目管理模式选择

张慧¹, 刘永强¹, 汪小进¹, 何书海²

(1. 河海大学 水利水电学院, 南京 210098; 2. 中水电海外投资有限公司, 北京 100048)

摘要: 在调水工程建设中, 项目建设管理模式的选择将直接影响到调水工程的质量、成本和进度等管理目标。本文构建了调水工程项目管理模式选择的评价指标体系, 利用模糊层次分析法(FAHP)构建了模型, 阐明了调水工程项目管理模式选择的评价方法及步骤。模型中引入最小相对信息熵原理, 对主观权重和客观权重进行组合得到组合权重。最后以南水北调工程东线某工程为例, 进行评价和决策, 得出此工程应选择的项目管理模式。结果表明该模式合理有效, 可以为调水工程项目管理模式的选择提供新的方法和思路, 具有重要的借鉴意义。

关键词: 信息熵原理; 组合权重; 模糊层次分析法(FAHP); 调水工程; 项目管理模式

中图分类号: C931.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-1683(2015)06-1207-05

Selection of project management mode of water transfer project based on combined entropy weight

ZHANG Hui¹, LIU Yong-qiang¹, WANG Xiao-jin¹, HE Shu-hai²

(1. College of Water Conservancy and Hydropower Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China;

2. Sinohydro Resources Limited, Beijing 100048, China)

Abstract: In the construction of water diversion project, selection of management mode for project construction directly affects the management targets, such as quality, cost, and schedule of construction. In this paper, an evaluation index system of management mode selection in the water diversion project is constructed, a model is established using the fuzzy analytic hierarchy process (FAHP), and the evaluation method and process of management mode selection in the water diversion project are illustrated. The minimum relative information entropy principle is introduced to the model, and the combined weights of indexes are determined based on the combination of the subjective weights and objective weights. The index system is applied to evaluate a project in the Eastern Route of South to North Water Diversion, and the most suitable project management mode for this project is obtained. The results show that the management mode is reliable, and the system and model can provide new method and thoughts for the management mode selection in the water diversion project.

Key words: information entropy principle; combined weight; fuzzy analytic hierarchy process(FAHP); water diversion project; project management mode

1 概述

现阶段在调水工程建设中, 采用招标投标的方式, 选择专业性项目建设管理单位承担单项工程的建设管理。项目建设管理是指在项目建设过程中, 项目法人对工程建设项目所进行的直接或间接地管理, 根据管理方式的不同, 有几种常见模式。专业项目建设管理的机构选择事实上就是项目建设管理模式的选择, 它将直接影响到调水工程的质量、成本和进度等管理目标^[1-2]。

为了充分发挥和调动工程建设沿线地方政府和机构参与工程建设的积极性, 以南水北调为代表的调水工程已采用

项目法人直接管理模式、委托管理模式和代建管理模式三种基本管理模式^[3]。

(1) 直接管理模式是指在项目建设过程中, 由调水工程项目法人设立现场管理机构, 直接对工程项目建设进行管理的一种模式(图1)^[4]。

(2) 代建管理模式是指在调水工程主体工程建设中, 项目法人通过招标方式择优选择具备项目建设管理能力, 具有独立法人资格的项目建设管理机构或具有独立签订合同权利的其他组织(项目管理单位), 承担调水工程中的一个或若干个单项、设计单元、单位工程项目全过程或其中部分阶段建设活动管理的一种模式(图2)^[5]。

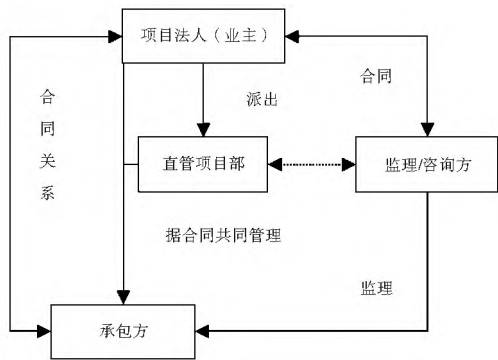


图 1 直接管理模式关系

Fig. 1 Diagram of direct management mode

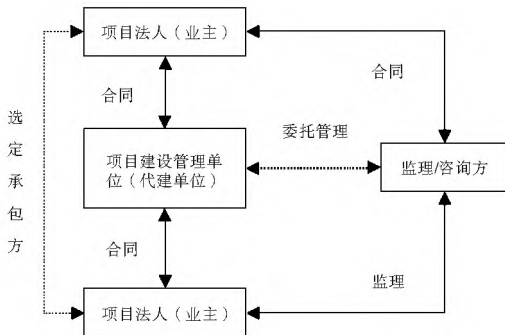


图 2 代建制下管理模式关系

Fig. 2 Diagram of agent management mode

(3) 委托管理模式是指调水工程项目法人将调水部分工程项目的建设管理工作委托给项目所在地(有关省、直辖市)项目建设管理单位,并由其负责承担建设管理的一种模式(图 3)^[6]。

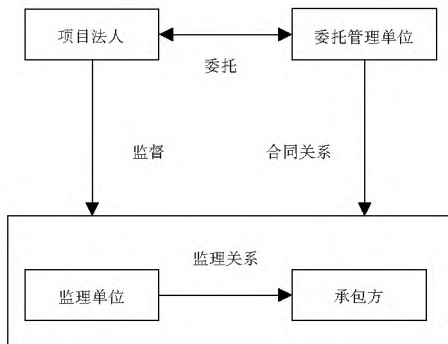


图 3 委托管理模式关系

Fig. 3 Diagram of entrusted management mode

针对具体的调水工程的一个或若干单项工程的建设应该采取哪一种项目管理模式的问题,本文尝试基于熵组合权重的模糊综合评价方法,建立调水工程项目管理模式评价模型。

2 模型的构建

本文的调水工程项目管理模式选择评价模型建立流程图见图 4。

2.1 确定评价指标体系

2.1.1 建立递阶层次结构

在指标体系的建立原则指导下,使用 AHP 法进行层次

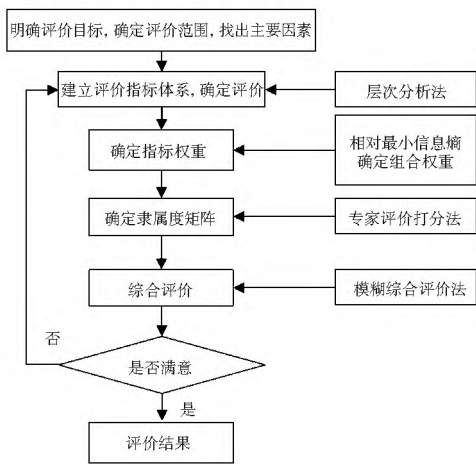


图 4 选择评价模型建立流程

Fig. 4 Flowchart of construction for selection and evaluation model

结构搭建分析,由图 4 和公路工程的项目管理模式选择^[7],并综合专家意见以及结合调水工程项目管理的特点,建立调水工程项目管理模式选择的指标体系,见表 1。

表 1 管理模式选择指标体系

Tab. 1 Index system of management mode selection

准则层	指标层
外部环境 U_1	工程协调 U_{11}
	地方协调 U_{12}
	监管体系 U_{21}
管理结构 U_2	激励体制 U_{22}
	沟通管理 U_{23}
	质量控制 U_{31}
目标控制 U_3	进度控制 U_{32}
	成本控制 U_{33}
	资源配置 U_4
财力资源 U_{42}	
物力资源 U_{43}	

2.1.2 构造各层次判断矩阵

对各层次评价指标重要性进行两两比较,建立模糊互补判断矩阵 $A = (a_{ij})^{(8)}$, 矩阵满足 $a_{ij} \times a_{ji} = 1, 0 \leq a_{ij} \leq 1, (i, j = 1, 2, \dots, n)$, 式中 a_{ij} 表示指标 i 对指标 j 的比值。

2.1.3 一致性检验及层次排序

(1) 通过计算求得判断矩阵的最大特征值 λ_{max} , 最大特征值对应的特征向量, 经归一化后, 这一过程称为层次单排序;

(2) 计算一致性指标 CI ;

(3) 查找相应的平均随机一致性指标 RI , 当 $CR = CI/RI < 0.1$ 时, 即认为判断矩阵具有完全一致性^[8-9]。

2.2 确定评价因素集

将评价因素划分为四个子因素集, 即 $U = \{U_1, U_2, U_3, U_4\}$, 其中, $U_1 = \{U_{11}, U_{12}\}, U_2 = \{U_{21}, U_{22}, U_{23}\}, U_3 = \{U_{31}, U_{32}, U_{33}\}, U_4 = \{U_{41}, U_{42}, U_{43}\}$ 。

2.3 确定因素评价集

根据调水工程项目管理特点, 将评语等级分为好, 较好, 一般, 较差, 差五级; 对应的评价集 $V = \{V_1, V_2, V_3, V_4, V_5\} = \{\text{好, 较好, 一般, 较差, 差}\}$ 。

2.4 确定各因素权重

目前,权重的确定方法分为3大类,主观赋权、客观赋权和组合赋权^[10]。本文以相对最小信息熵原理对采用AHP法得到的主观权重和客观权重进行组合,得到组合权重,使调水工程的项目管理模式选择能同时考虑主客观因素以得到更符合客观实际的评价结果^[11-12]。

2.4.1 确定主观权重

通过计算求得判断矩阵的最大特征值 λ_{max} ,最大特征值对应的特征向量,将其进行归一化处理^[8-9]即得到主观权重向量 W_z 。

一级指标中各类别的主观权重向量 $W_z = (\omega_{z1}, \omega_{z2}, \omega_{z3}, \omega_{z4})$,且满足归一化条件。

计算得二级指标中的各因素主观权重向量 $w_{zi} = (\omega_{zi1}, \omega_{zi2}, \dots, \omega_{zini}) (i = 1, 2, 3, 4)$,且满足归一化条件。

2.4.2 确定客观权重

在客观权重选择上采用等权法计算,即认为各指标的权重相等^[13],一级指标中各类别的客观权重向量 $W_k = (\omega_{k1}, \omega_{k2}, \omega_{k3}, \omega_{k4})$, $\omega_{ki} = 1/n (i = 1, 2, 3, 4)$;二级指标中的各因素客观权重向量 $w_{ki} = (\omega_{ki1}, \omega_{ki2}, \dots, \omega_{kini}) (i = 1, 2, 3, 4)$, $\omega_{kii} = 1/n_i (i = 1, 2, 3, 4)$,式中 n_i 为第 i 个一级指标所对应的二级指标的总数。

2.4.3 确定组合权重

为同时考虑主客观因素以符合客观实际,提高评价中指标权重的科学性,综合主观权重 $\{\omega_{zi}\}$ 和客观权重 $\{\omega_{ki}\}$ 得到组合权重 $\{\omega_i\}$,组合权重 $\{\omega_i\}$ 应与主观权重 $\{\omega_{zi}\}$ 和客观权重 $\{\omega_{ki}\}$ 都尽可能接近。根据最小相对信息熵原理,最小相对信息熵得最优解时所需的信息量最少^[14-16],以一级指标为例有:

$$\min F = \sum_{i=1}^4 \omega_i (\ln \omega_i - \ln \omega_{zi}) + \sum_{i=1}^4 \omega_i (\ln \omega_i - \ln \omega_{ki}) \quad (1)$$

$$s \cdot t \cdot \sum_{i=1}^4 \omega_i = 1; \omega_i > 0 \quad (2)$$

使用拉格朗日乘子法解^[13]上述优化问题可得

$$\omega_i = (\omega_{zi} \omega_{ki})^{0.5} / \sum_{i=1}^4 (\omega_{zi} \omega_{ki})^{0.5} \quad (3)$$

即在权重组合时,使用(3)式需要的信息量最少^[14-16]。

选用几何平均数进行计算即可得到一级指标组合权重 $W = \{\omega_i\} (i = 1, 2, 3, 4)$,同理,二级指标权重 $w_i (i = 1, 2, 3, 4)$ 亦可计算得到。

2.5 确定隶属度

本文所涉及指标均为定性指标,使用专家评价打分法进行隶属度的确定^[9]。若 s 名专家中有 s_1 名专家认为 U_{ij} 属于 V_1 级,……, s_5 名专家认为 U_{ij} 属于 V_5 级,则 U_{ij} 的隶属度矩阵为 $(s_1/s, s_2/s, s_3/s, s_4/s, s_5/s)$ 。

通过以上方法,求出定性指标的隶属度 r_{ij} ,进而得到判断矩阵 R 为

$$R = (R_1, R_2, \dots, R_n)^T = (r_{ij})_{n \times m} = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nm} \end{pmatrix} \quad (4)$$

$R_i (i = 1, 2, 3, 4)$ 反应 U_i 到 V 的模糊映射, r_{ij} 表示对象中第 i 各因素对第 j 级评语的可能程度。

2.6 综合评价

结合现电力工程项目管理模式选择研究^[17]和大型公路建设工程的项目管理模式选择研究^[17],本文采用模糊综合评

价法进行调水工程建设项目管理模式选择综合评价^[8]。

指标 U_i 的评判向量 C_i 为

$$C_i = w_i \delta R_i = (c_{i1}, c_{i2}, c_{i3}, c_{i4}, c_{i5}) \quad (5)$$

其中, $(i = 1, 2, 3, 4, 5)$, δ 为模糊合成算子,表示模糊矩阵的合成运算,采用加权平均型模糊合成算子^[9]

$$c_{im} = \sum_{j=1}^5 \omega_j r_{jmn} \quad (6)$$

指标 U 的模糊评价矩阵 C 为

$$C = \begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \\ C_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & C_{13} & C_{14} & C_{15} \\ C_{21} & C_{22} & C_{23} & C_{24} & C_{25} \\ C_{31} & C_{32} & C_{33} & C_{34} & C_{35} \\ C_{41} & C_{42} & C_{43} & C_{44} & C_{45} \end{bmatrix} \quad (7)$$

由模糊评价矩阵 C 和权重 W ,得综合评价向量:

$$B = W \delta C = W \delta (C_1, C_2, C_3, C_4)^T = (b_1, b_2, b_3, b_4, b_5) \quad (8)$$

令 $B_k = \text{Max}(b_1, b_2, b_3, b_4, b_5)$,根据最大隶属度原则(需满足有效性,不满足则进行个别低精度样本识别和剔除,至有效性满足),评判结果取最大隶属度对应的级别,即可判断出对调水工程项目管理模式选择进行评价的所属级别^[18]。

通过前文步骤2.1至2.6,分别对调水工程的常用3种项目管理模式进行评价选择。

3 实例

L 调水工程为南水北调工程东线的水源调整工程,主要有水源工程和灌区调整工程组成。 L 调水工程沿线经过四地市。 L 调水工程水源工程由卤汀河、大三王河工程以及相应的河道疏浚,实施跨河桥梁工程、沿线影响处理工程和拆迁移民安置工程等。灌区调整工程包括根据变换水源灌区调整需要建设规模不等的提水站,疏浚引水河渠、闸、桥等小型建筑物工程。

3.1 确定权重

3.1.1 构造各层此次判断矩阵

建立模糊互补判断矩阵 $A = (a_{ij})$ 。各判断矩阵分别有一级指标判断矩阵,见表2,二级判断矩阵,见表3-表6。

表2 一级指标判断矩阵

Tab. 2 Judgment matrix of first class indexes

A	U_1	U_2	U_3	U_4
U_1	1	1/6	1/6	1/4
U_2	6	1	1/2	2
U_3	6	2	1	3
U_4	4	1/2	1/3	1

表3 U_1 判断矩阵

Tab. 3 Judgment matrix of U_1

A	U_{11}	U_{12}
U_{11}	1	1/3
U_{12}	3	1

表4 U_2 判断矩阵

Tab. 4 Judgment matrix of U_2

A	U_{21}	U_{22}	U_{23}
U_{21}	1	2	1/2
U_{22}	1/2	1	1/3
U_{23}	2	3	1

表 5 U_3 判断矩阵

Tab. 5 Judgment matrix of U_3

A	U_{31}	U_{32}	U_{33}
U_{31}	1	5	3
U_{32}	1/5	1	1/3
U_{33}	1/3	3	1

表 6 U_4 判断矩阵

Tab. 6 Judgment matrix of U_4

A	U_{41}	U_{42}	U_{43}
U_{41}	1	1	2
U_{42}	1	1	2
U_{43}	1/2	1/2	1

$$R_2 = \begin{bmatrix} 0.4 & 0.4 & 0.2 & 0 & 0 \\ 0.4 & 0.5 & 0.1 & 0 & 0 \\ 0.5 & 0.4 & 0.1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_3 = \begin{bmatrix} 0.6 & 0.3 & 0.1 & 0 & 0 \\ 0.6 & 0.3 & 0.2 & 0 & 0 \\ 0.3 & 0.2 & 0.2 & 0.1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_4 = \begin{bmatrix} 0.6 & 0.2 & 0.2 & 0 & 0 \\ 0.6 & 0.2 & 0.2 & 0 & 0 \\ 0.7 & 0.1 & 0.1 & 0.1 & 0 \end{bmatrix}$$

3.3 模糊评价

将通过熵组合得到的权重和隶属度矩阵代入(5), 委托管理模式的模糊综合评判如下:

$$C_1 = w_1 \delta R_1 = (0.5634, 0.3634, 0.0732, 0, 0)$$

$$C_2 = w_2 \delta R_2 = (0.4436, 0.4240, 0.1324, 0, 0)$$

$$C_3 = w_3 \delta R_3 = (0.5065, 0.2490, 0.1510, 0.0312, 0.0624)$$

$$C_4 = w_4 \delta R_4 = (0.6261, 0.1740, 0.1740, 0.0261, 0)$$

由(8)得指标 U 的模糊评价矩阵 C 为:

$$C = \begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \\ C_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.5634 & 0.3634 & 0.0732 & 0 & 0 \\ 0.4436 & 0.4240 & 0.1324 & 0 & 0 \\ 0.5065 & 0.2490 & 0.1510 & 0.0312 & 0.0624 \\ 0.6261 & 0.1740 & 0.1740 & 0.0261 & 0 \end{bmatrix}$$

由模糊评价矩阵 C 和权重 W , 得综合评价向量 B 如下:

$$B = W \delta C = (0.5218, 0.2975, 0.1409, 0.0171, 0.0227)$$

则 $C_i = \text{Max}(0.5218, 0.2975, 0.1409, 0.0171, 0.0227) =$

0.5218 , 根据最大隶属度原则并进行样本别选以保证其有效性^[8], 委托管理模式的评价为: 好。

同理, 重复以上步骤, 可依次计算出直接管理模式和代建管理模式的模糊综合评价结果为 $(0.3075, 0.4966, 0.1417, 0.0278, 0.0184)$ 和 $(0.1807, 0.2646, 0.4320, 0.1158, 0.0304)$ 。最大隶属度的有效性为比较有效^[8], 则直接管理模式的评价结论为较好; 代建管理模式的评价结论为一般。

由模糊评价结果可知, L 调水工程的项目管理模式选择委托管理, 由此可得出决策结论: 在此调水工程中, 应选择委托管理为其项目管理模式。

对比近年来我国南水北调工程及其他调水工程的项目管理模式的具体情况, 委托管理模式已开始广泛地应用于穿过多省市的调水工程^[9], 很好地调动工程所过省市的积极性, 其适宜性已得到证明。由此可见, 综合评价分析的结果与实际情况较为吻合, 本文的评价方法具有较好的实用性与有效性。

4 结语

首先, 本文运用了 AHP 法建立调水工程项目管理模式选择的评价模型, 对一、二级指标分别计算了主观权重, 并使用等权法计算客观权重; 其次, 基于最小相对信息熵原理, 对主观权重和客观权重进行了组合, 得到更符合客观实际情况的权重值; 此外, 对定性指标使用专家打分法确定各指标的隶属度矩阵; 再有, 使用模糊综合评价法进行综合评价, 得出针对于具体的调水工程项目管理模式选择方案; 最后, 将评价方法应用于南水北调东线某段调水工程的具体案例上, 进

3.1.2 一致性检验及确定主观权重

分别在 *Matlab* 软件中输入判断矩阵, 进行计算, 得一级指标主观权重向量 W_i 和二级指标主观权重向量 $w_{z1}, w_{z2}, w_{z3}, w_{z4}$, 如下所示:

$$W_i = (0.0559, 0.2987, 0.4726, 0.1728), \lambda_{\max} = 4.0710, CI = 0.0237, CR = 0.026 < 0.1;$$

$$w_{z1} = (0.2500, 0.7500), \lambda_{\max} = 2, CI = 0, CR = 0 < 0.1;$$

$$w_{z2} = (0.2970, 0.1634, 0.5396), \lambda_{\max} = 3.0092, CI = 0.0046, CR = 0.0088 < 0.1;$$

$$w_{z3} = (0.6370, 0.1047, 0.2583), \lambda_{\max} = 3.0385, CI = 0.0193, CR = 0.0370 < 0.1;$$

$$w_{z4} = (0.4000, 0.4000, 0.2000), \lambda_{\max} = 3, CI = 0, CR = 0 < 0.1.$$

计算得各矩阵 $CR < 0.1$, 则各矩阵的一致性均可以接受。

3.1.3 确定客观权重

L 调水工程项目管理模式选择评价指标客观权重的确定, 采用等权法计算^[13]。计算结果如下:

$$W_k = (1/4, 1/4, 1/4, 1/4);$$

$$w_{k1} = (1/2, 1/2);$$

$$w_{k2} = (1/3, 1/3, 1/3);$$

$$w_{k3} = (1/3, 1/3, 1/3);$$

$$w_{k4} = (1/3, 1/3, 1/3)。$$

3.1.4 确定组合权重

将 3.1.2 和 3.1.3 求得的主、客观权重向量分别带入最小相对信息熵原理的公式(1), 由(3)解得 L 调水工程项目管理模式选择一级指标和各二级指标的组合权重分别为

$$W = (0.1253, 0.2898, 0.3645, 0.2204);$$

$$w_1 = (0.3660, 0.6340);$$

$$w_2 = (0.3236, 0.2401, 0.4363);$$

$$w_3 = (0.4897, 0.1985, 0.3118);$$

$$w_4 = (0.3694, 0.3694, 0.2612)。$$

3.2 确定隶属度矩阵

首先, 对 L 工程的三种备选方案之一的委托管理模式进行评价。本次评价邀请 10 名专家按照评价集 V 对 U_1, U_2, U_3, U_4 的各项指标进行评价^[9], 计算得二级评价指标层的隶属度矩阵分别为:

$$R_1 = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.3 & 0.2 & 0 & 0 \\ 0.6 & 0.4 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

而对本工程的3个方案进行综合评价并做出决策, 得出了符合此段调水工程实际的项目管理模式—委托管理模式。

本文的模型, 将基于熵组合权重的FAHP法应用于调水工程项目管理模式的选择, 既充分体现了评价的模糊性, 又尽量减少了个人主观带来的弊端。实例结果表明, 所得决策结果与实际情况相契合, 因此, 本文所提出的评价方法具有一定的探索性与较好的适用性为各指标权重的合理赋权和调水工程项目管理模式的选择提供了新的方法和思路。

参考文献(References):

- [1] 王卓甫. 工程项目管理: 理论、方法与应用[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2007. (WANG Zhuo fu. Project management: theory, method and application [M]. Beijing: China WaterPower Press, 2007. (in Chinese))
- [2] 陈玉. 南水北调涿干渠延长线工程项目施工管理研究[D]. 华北电力大学, 2013. (CHEN Yu. Construction study of Langzhuo canal extension line of South to North Water Project[D]. North China Electric Power University, 2013. (in Chinese))
- [3] 李智, 崔金印, 王宝生, 等. 南水北调中线工程管理模式优缺点分析[J]. 水利科技与经济. 2009(12): 1039-1042. (LI Zhi, CU I Jir yin, WANG Bao sheng, et al. Research in the project management model of the Middle Route of South to North Water Diversion Project[J]. Water Conservancy Science and Technology and Economy. 2009(12): 1039-1042. (in Chinese))
- [4] 荣迎春, 李松柏, 滕海波. 江苏南水北调工程运行管理浅析[J]. 南水北调与水利科技. 2012(04): 157-160. (RONG Ying chun, LI Song bai, TENG Hai bo. Analysis about operation and management of Jiangsu South to North Water Diversion Project [J]. South to North Water Diversion and Water Science & Technology. 2012(04): 157-160. (in Chinese))
- [5] 郭永成, 李建林, 程德虎. 代建制在水利工程中的实践及改进探讨[J]. 人民长江. 2012(07): 102-106. (GU O Yong cheng, LI Jian lin, CHENG De hu. Practice and improvement of agent construction system in hydropower project [J]. Yangtze River. 2012(07): 102-106. (in Chinese))
- [6] 石静. 浅谈南水北调东线一期苏鲁省界工程委托制管理模式[J]. 治淮. 2011(06): 30-32. (SHI Jing. Introduction to the Sulu province boundary project entrusted management mode of the eastern route first phase of South to North Water Diversion project [J]. Harnessing the Huaihe River. 2011(06): 30-32 (in Chinese))
- [7] 曾晓文. 大型高速公路建设项目管理模式研究[D]. 南昌大学, 2010. (ZEN Xiao wen. Study on management mode of large scale expressway construction project [D]. Nanchang University, 2010. (in Chinese))
- [8] 杜栋, 庞庆华, 吴炎. 现代综合评价方法和案例精选[M]. 北京: 清华大学出版社, 2008. (DU Dong, PANG Qing-hua, WU Yan. Modern comprehensive evaluation method and case selection [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2008. (in Chinese))
- [9] 方国华, 黄显峰. 多目标决策理论、方法及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 2011. (FANG Guo hua, HUANG Xian feng. Multi objective decision making theory, method and application [M]. Beijing: Science Press, 2011. (in Chinese))
- [10] 陈超, 贾尔恒·阿哈提, 文方, 等. 西北内陆典型流域水环境风险源识别研究[J]. 水资源与水工程学报. 2014(01): 187-190. (CHEN Chao, JIAERHENG·Ahati, WEN Fang, et al. Research of risk source recognition of water environment in typical river basin of northwest inland [J]. Journal of Water Resources and Water Engineering, 2014(01): 187-190. (in Chinese))
- [11] 洪伟民, 刘红梅, 王卓甫. 基于熵权模糊综合评判法的工程交易模式决策[J]. 科技管理研究. 2010(03): 122-125. (HONG Wei min, LIU Hong mei, WANG Zhuo fu. Construction project delivery decision based on entropy weight fuzzy comprehensive evaluation [J]. Science and Technology Management Research. 2010(03): 122-125. (in Chinese))
- [12] 李秋元, 刘东. 组合权重模糊模型在区域地下水水质评价中的应用[J]. 中国农村水利水电. 2014(03): 1-4. (LI Qiu yuan, LIU Dong. Application of the fuzzy model based on the combined weight in the evaluation of the regional underground water quality [J]. China Rural Water and Hydropower. 2014(03): 1-4. (in Chinese))
- [13] 郑丽娟, 赵小马, 王英华. 基于熵组合权重—AHP的杭州市下沙海堤社会影响评价[J]. 中国水运(下半月). 2011(4): 48-49. (ZHENG Li juan, ZHAO Xiao ma, WANG Ying hua. Hangzhou Xiasha seawall social impact assessment based on combined weights and entropy principles AHP [J]. China Water Transport (second half). 2011(4): 48-49. (in Chinese))
- [14] 文俊, 李靖, 金菊良. 基于熵组合权重的区域水资源可持续利用预警模型[J]. 水电能源科学. 2006(03): 6-10. (WEN Jun, LI Jing, JIN Ju liang. Forewarning Model of Regional Water Resources Sustainable Utilization Based on Combined Weights and Entropy Principles [J]. Water Resources and Power. 2006(03): 6-10. (in Chinese))
- [15] 吴开亚, 金菊良. 区域生态安全评价的熵组合权重属性识别模型[J]. 地理科学. 2008(06): 754-758. (WU Kai ya, JIN Ju liang. Attribute recognition method of regional ecological security evaluation based on combined weight on principle of relative entropy [J]. Scientia Geographica Sinica. 2008(06): 754-758. (in Chinese))
- [16] 朱雪龙. 应用信息论基础[M]. 北京: 清华大学出版社, 2001. (ZHU Xue long. The basis of information theory application [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2001. (in Chinese))
- [17] 陈立东. 电力工程项目管理模式的选择研究[D]. 华北电力大学, 2013. (Chen Li dong. Study on the selection of project management mode of electric power engineering [D]. North China Electric Power University, 2013. (in Chinese))
- [18] 王静, 董肖丽. 模糊评价中最大隶属度原则的改进[J]. 河北水利, 2011(02): 27-28. (WANG Jing, DONG Xiao li. The improvement of principle of maximum membership degree in fuzzy evaluation principle [J]. Hebei Water Resources, 2011(02): 27-28. (in Chinese))