

文章编号: 1673 - 9469(2014) 04 - 0090 - 04

doi: 10. 3969/j. issn. 1673 - 9469. 2014. 04. 022

## 基于灰色 AHP 的水利工程项目投资风险分析

叶智峰

(河海大学 水利水电学院 江苏 南京 211100)

**摘要:** 以水利水电工程项目为研究对象,从自然风险、经济风险、政治风险、技术风险、组织与管理风险、招投标风险六个方面构建了水利水电工程项目投资风险评估体系。针对水利工程风险评估常用方法的缺陷和不足,建立基于灰色 AHP 的综合评价模型,利用 AHP 确定评价指标权重,运用灰色系统理论计算综合评价值,得出评价结论。最后,选取水利工程实例进行计算分析,验证了模型的适用性。结果表明:该模型能够为水利水电工程项目投资风险决策和风险管理提供有力的理论依据。

**关键词:** 水利水电工程; 投资风险; 风险评估; 灰色评价法; 层次分析法

中图分类号: TV - 9

文献标识码: A

### Investment risk assessment of water conservancy project based on Grey - AHP

YE Zhi - feng

(College of Water Conservancy and Hydropower Engineering, Hohai university, Jiangsu Nanjing 211100, China)

**Abstract:** The project's investment risk evaluation system was built from six aspects of the natural risk, economic risk, political and social risk, technology risk, management risk and the bidding risk. In view of the defects and the insufficiency of common methods of risk assessment of water conservancy projects, Grey AHP comprehensive risk evaluation model was used to evaluate. Firstly, determination of the weights of evaluation indexes based on AHP, and then integrated assessment value was calculated by grey theory, lastly to get the verdict. Moreover, water conservancy engineering project was selected to verify the applicability of the model. The results show that the method can provide strong theoretical basis for decision-making and risk management of investment risk in Water Conservancy and Hydropower Engineering project.

**Key words:** water conservancy project; investment risk; risk assessment; grey evaluation; AHP

水利工程项目是既利国又利民的国家重要基础设施,但它投资额巨大、工期长、技术复杂,项目投资过程中不确定性因素非常多,因此存在着由多种风险因素引起的巨大风险,准确有效的项目投资风险评估对项目投资风险管理起着至关重要的作用。目前,风险分析方法已被广泛应用于水利水电工程领域,例如吴泽宁等引入模糊事件和模糊概率,提出基于模糊不确定性的水电工程项目投资风险评估指标及分析方法<sup>[1]</sup>;杨敬飏运用层次分析法分析了洪江水电工程建设风险<sup>[2]</sup>;付金强采用蒙特卡罗方法进行项目结构分解(WBS)对项目投资风险及其指标进行分析评价<sup>[3]</sup>;彭馄等采用模糊层次分析法对巴基斯坦 Du-

berKhar 水电项目进行风险评估<sup>[4]</sup>。除此之外, BP 神经网络法<sup>[5]</sup>、最大熵法等也应用于水电项目投资风险分析中。考虑到常用方法的不足,及水利项目风险的复杂性和模糊性,本文运用定性分析与定量分析结合的思想,提出基于 AHP 的灰色风险分析模型,并利用此模型对水电工程投资风险进行综合评价。

### 1 风险评估指标体系的建立

#### 1.1 项目风险识别

水利水电工程项目投资周期内存在着多种风险因素,本文采用根据风险成因的分类方式,将水

收稿日期: 2014 - 08 - 28

作者简介: 叶智峰(1990 -),男,安徽南陵人,硕士,从事水利水电工程方面的研究。

电工程项目投资风险因素归纳为6大类,即自然风险、经济风险、政治风险、技术风险、组织与管理风险、招投标风险。

(1) 自然风险: 水利水电工程项目所在位置往往地质构造复杂,地形陡峻高差大,当前地址勘探技术难以精确反映地址实际情况,同时水电工程建设往往是在水下作业,受水文、气候变化影响大。除此之外同时自然的不可抗力,包括泥石流、暴风雨、洪涝灾害、雷击等也会造成施工难度大,而引起工期延长增加投资等风险。

(2) 经济风险: 水利水电工程项目投资金额少则数百万元,多则上千亿元。投资过程往往经历几年甚至几十年,如此大的投资规模和历时长的投资过程,社会经济条件发生变化的可能很大,包括通货膨胀风险、利率变化、偿还期限风险、融资信用风险、物价波动等风险。

(3) 政治风险: 主要指由于战争、内乱引起的政治风险及由于国家或地方法律和政策的变更而给水利水电项目投资带来的风险。政治风险的发生会引起一系列其他风险的发生,是项目投资中最大的一种风险,尤其是在国际工程项目中。

(4) 技术风险: 它是伴随科技发展而来的风险,由于理论研究水平所限,对技术标准的选择、计算模型的选择、安全系数的确定等方面出现偏差而形成的风险。如设计风险,涉及项目选址风险、工程地质勘测风险、水文调查分析风险以及设计质量风险等;施工质量风险,如泄洪消能、地下厂房的施工质量等。技术风险一般贯穿水利水电工程项目的整个生命周期。

(5) 组织与管理风险: 在水电工程投资活动过程中,因为管理和组织不善,如施工质量达不到要求、材料供应不足、设计与承包商配合不够、人员组织协调不到位等均会影响水利水电工程的进度、质量和投资。

(6) 招标风险: 按照工程阶段可分为设计招标风险、材料设备招标风险、施工招标风险,各阶段中的设计风险包括有招投标制度未严格执行、虚假招投标、投标行为不规范、低价中标隐患、工程保险和担保制度不健全等造成的风险,这些风险都将影响整个项目的投资和综合效益。

## 1.2 项目风险指标体系构建

根据以上风险识别的结果,在总结前人的研究基础上,设计了水利水电工程项目的投资风险

指标体系(见表1),客观地反应了水利水电工程项目投资风险的内涵。风险因素集C标示水利水电工程项目整体风险,其中包含6个风险源,分别为C1自然风险、C2经济风险、C3政治风险、C4技术风险、C5组织与C6管理风险和招标风险,22个子风险源,分别为C11水文变化风险、C12地形地质条件风险、C13气候变化风险、C14不可抗力风险、C21利率变化风险、C22通货膨胀风险、C23财务风险、C24偿还期限风险、C25融资信用风险、C31战争和内战风险、C32政策法律变更风险、C33移民风险、C34行政性风险、C41设计质量风险、C42施工风险、C43制造工艺风险、C44原材料风险、C51项目控制风险、C52经营管理风险、C61设计招标风险、C62施工招标风险、C63材料设备招标风险。

## 2 AHP 灰色综合评价模型

影响水利水电工程项目投资风险的因素大多都是模糊的,评价体系的构建难以排除许多个人情感因素,因此本文运用AHP与灰色系统理论相结合的方法构建评价模型。

### 2.1 利用 AHP 确定指标的权重

利用层次分析法,即通过专家或项目管理者对每项风险因素相对重要性给出判断,对各层风险因素进行两两比较,建立判断矩阵,然后利用方根法进行一致性检验。假设求得的一级指标的权重为:  $A = (a_1, a_2, \dots, a_n)$ , 且  $a_i > 0, \sum_{i=1}^n a_i = 1$ ; 二级指标权重  $A_i = (a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{im})$ , 且  $a_{im} > 0, \sum_{j=1}^m a_{ij} = 1$ 。

### 2.2 专家打分建立样本矩阵

将水利水电工程项目投资风险二级指标定性描述成5个分值段: {高风险, 较高风险, 一般风险, 较低风险, 低风险}, 对应赋值为: {5, 4, 3, 2, 1}。最后,组织q位专家打分,将结果整理后得到一个评价样本矩阵  $B = (d_{ij}^k, i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n; k=1, 2, \dots, q)$

### 2.3 确定灰类的评价标准

由于本文中的指标为定性指标不便于分析,所以通过制定评分等级标准实现定性到定量的转化。将灰类分为5个等级,用e来表示,分别对应“高风险”、“较高风险”、“一般风险”、“较低风

险”、“低风险”,由此得到相应的白化权函数如下:

- 第一灰类—高风险( $e = 1$ ),灰数 $\otimes_1 \in (5, +\infty)$ ,白化权函数 =  $f_1$
- 第二灰类—较高风险( $e = 2$ ),灰数 $\otimes_2 \in (0, 4)$ ,白化权函数 =  $f_2$
- 第三灰类—一般风险( $e = 3$ ),灰数 $\otimes_3 \in (0, 3)$ ,白化权函数 =  $f_3$
- 第四灰类—较低风险( $e = 4$ ),灰数 $\otimes_4 \in (0, 2)$ ,白化权函数 =  $f_4$
- 第五灰类—低风险( $e = 5$ ),灰数 $\otimes_5 \in (0, 1)$ ,白化权函数 =  $f_5$

### 2.4 计算各级指标灰色评价权向量和权矩阵

(1) 二级评价指标灰色权矩阵计算。计算灰类评价系数  $X_{ije} = \sum_{k=1}^q f_c(d_{ijk})$ ,待评价指标属于其评价灰类的总灰类系数为  $X_{ij} = \sum_{e=1}^5 X_{ije}$ ,则受评价指标的灰色评价权重为  $r_{ije} = \frac{X_{ije}}{X_{ij}}$ 。由此可得到二级评价指标对于5个灰类的灰色评价权向量  $r_{ij} = (r_{ije})$ ,其中  $e = 1, 2, 3, 4, 5$ 。从而可得待评价项目所有二级评价指标对应的各个灰色权矩阵  $R_i = (r_{ij})_{n_i \times 5}$ ,其中  $i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n_i$ 。

(2) 一级评价指标灰色权矩阵计算。利用公式  $D_i = A \cdot R_i$  计算出一级评价指标灰色权向量  $D_i$ ,从而得到一级评价指标灰色权矩阵  $R = (D_i)_{i \times 5}$ ,其中  $i = 1, 2, \dots, m$ 。

(3) 由公式  $D = A \cdot R = (b_1, b_2, b_3, b_4, b_5)$  计算出项目综合评判灰色权矩阵。

### 2.5 项目风险综合评价

由于得到的权矩阵无法直接用来评判项目投资的风险大小,此时可将  $B$  单值化,对各灰类等级进行赋值,得到值化向量:  $G = (g_1, g_2, g_3, g_4, g_5) = (5, 4, 3, 2, 1)$ ,并与权矩阵相结合来进行评判,即计算受评价项目的综合评价值  $T = D \cdot G^T$ 。除此之外,还可根据以上计算出的一级评价指标和二级评价指标的灰色权向量,结合值化向量  $E$ ,计算各风险源的综合评价值,来评估各风险源的风险情况,同时可以判断项目的主要风险来源。

## 3 实证分析

W 工程项目是一座位于我国西南省份的水利枢纽工程项目,建立水利工程投资风险因素指标体系,具体评估过程如下:

(1) 通过整理调查问卷和专家意见,得到各因素的重要性程度的顺序,建立两两判断矩阵,确定一级指标  $C = \{C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6\}$  的权重向量  $A = (0.142, 0.067, 0.314, 0.312, 0.092, 0.073)$ ,各二级指标的权重向量:  $A_1 = (0.302, 0.498, 0.06, 0.14)$ ;  $A_2 = (0.094, 0.457, 0.032, 0.15, 0.267)$ ;  $A_3 = (0.1, 0.236, 0.575, 0.089)$ ;  $A_4 = (0.576, 0.227, 0.117, 0.08)$ ;  $A_5 = (0.42, 0.58)$ ;  $A_6 = (0.117, 0.56, 0.323)$ 。

(2) 组织 30 位专家为各项二级指标风险程度打分,整理得到灰色评判矩阵。根据灰色评判矩阵以及灰度分类、对应的白化全函数进行计算,得到各项二级指标的灰色权向量  $r_{ij}$ ,根据  $R_i = (r_{ij})_{n_i \times 5}$  整理得以下灰色权矩阵:

$$R_1 = \begin{bmatrix} 0.231 & 0.241 & 0.263 & 0.179 \\ 0.289 & 0.302 & 0.329 & 0.223 \\ 0.264 & 0.329 & 0.313 & 0.285 \\ 0.215 & 0.128 & 0.094 & 0.237 \\ 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.076 \end{bmatrix}^T$$

$$R_2 = \begin{bmatrix} 0.171 & 0.143 & 0.231 & 0.173 & 0.162 \\ 0.213 & 0.179 & 0.289 & 0.217 & 0.203 \\ 0.284 & 0.239 & 0.264 & 0.289 & 0.271 \\ 0.294 & 0.296 & 0.215 & 0.321 & 0.364 \\ 0.038 & 0.143 & 0.000 & 0.000 & 0.000 \end{bmatrix}^T$$

$$R_3 = \begin{bmatrix} 0.124 & 0.153 & 0.176 & 0.276 \\ 0.155 & 0.191 & 0.220 & 0.345 \\ 0.206 & 0.255 & 0.293 & 0.292 \\ 0.289 & 0.344 & 0.293 & 0.087 \\ 0.227 & 0.057 & 0.018 & 0.000 \end{bmatrix}^T$$

$$R_4 = \begin{bmatrix} 0.179 & 0.156 & 0.179 & 0.204 \\ 0.224 & 0.195 & 0.224 & 0.255 \\ 0.299 & 0.260 & 0.299 & 0.322 \\ 0.280 & 0.331 & 0.299 & 0.219 \\ 0.019 & 0.058 & 0.000 & 0.000 \end{bmatrix}^T$$

$$R_5 = \begin{bmatrix} 0.168 & 0.239 \\ 0.210 & 0.299 \\ 0.280 & 0.325 \\ 0.267 & 0.138 \\ 0.076 & 0.000 \end{bmatrix}^T$$

$$R_6 = \begin{bmatrix} 0.143 & 0.146 & 0.166 \\ 0.179 & 0.183 & 0.207 \\ 0.239 & 0.243 & 0.276 \\ 0.299 & 0.303 & 0.351 \\ 0.139 & 0.125 & 0.000 \end{bmatrix}^T$$

(3) 根据公式  $D_i = A \cdot R_i$  计算出一级评价指标灰色权矩阵:

$$R = \begin{bmatrix} 0.231 & 0.158 & 0.172 & 0.176 & 0.209 & 0.152 \\ 0.289 & 0.198 & 0.215 & 0.220 & 0.261 & 0.190 \\ 0.302 & 0.260 & 0.273 & 0.292 & 0.306 & 0.254 \\ 0.168 & 0.315 & 0.286 & 0.289 & 0.192 & 0.318 \\ 0.011 & 0.069 & 0.047 & 0.024 & 0.032 & 0.086 \end{bmatrix}^T$$

(4) 计算综合评价值。

$$D = A \cdot R = (0.142 \ 0.067 \ 0.314 \ 0.312 \ 0.092 \ 0.073) \times$$

$$\begin{bmatrix} 0.231 & 0.158 & 0.172 & 0.176 & 0.209 & 0.152 \\ 0.289 & 0.198 & 0.215 & 0.220 & 0.261 & 0.190 \\ 0.302 & 0.260 & 0.273 & 0.292 & 0.306 & 0.254 \\ 0.168 & 0.315 & 0.286 & 0.289 & 0.192 & 0.318 \\ 0.011 & 0.069 & 0.047 & 0.024 & 0.032 & 0.086 \end{bmatrix} =$$

$$(0.182 \ 0.228 \ 0.284 \ 0.266 \ 0.038)$$

$$\text{综合评价值 } T = D \cdot G^T = (0.182, 0.228, 0.284, 0.266, 0.038) (5 \ 4 \ 3 \ 2 \ 1)^T = 3.24$$

(5) 结果分析

由 AHP 得到的权重向量  $A = (0.142, 0.067, 0.314, 0.312, 0.092, 0.073)$ , 可知政治和社会风险、技术风险是该项目投资风险的主要来源, 其次是自然风险、组织与管理风险、招投标风险、经济风险。而根据二级指标权重可知, 在政治风险中的几项风险因素中, 移民风险是政治风险的主要来源, 主要是因为水电工程移民搬迁安置过程中涉及利益相关者很多, 利益关系复杂, 移民工作中政府面临着复杂巨大的系统失稳的风险, 如遇到大规模突发性移民群体性事件还可能导致系统瘫痪<sup>[6]</sup>。这种不确定性导致水利水电工程项目投资风险的急剧增加。在技术风险的几项风险因素中, 设计质量风险是主要风险来源, 这是因为水电工程设计是工程项目建设的基础和核心, 工程的主要质量情况由设计方案确定并且不可逆转, 同时设计质量问题往往具有潜伏期长、事故发生突然和生命财产损失巨大等特点<sup>[7]</sup>, 所以设计质量风险是整个工程投资风险评估必须要重点关注的—个风险源。

由 AHP 灰色综合评价结果来看, 综合评价值为 3.24, 该项目总体风险一般。评价结果表明投资者若投资该项目, 仍需有较强的风险管理意识, 加强风险的事前控制, 采取积极有效的预防措施为实现项目的投资收益预期目标提供保障。将各项一级指标和二级指标的灰色权向量通过向量  $G$  单值化, 可知该项目自然风险的评价值为 3.56, 其

中地形地质条件风险评价值为 3.66, 且权重为 0.498, 虽然自然风险不是权重最大的风险源, 但是由于项目建设地址地形地质构造复杂, 风险较大, 因此在项目建设过程中, 需进行认真细致的地质勘探, 系统的研究地质条件, 评估地形地质风险。政治风险评价值为 3.15, 战争和内战风险评价值为 2.66, 虽然是政治风险是权重最大的风险源, 但是由于当地政治局势较为稳定, 风险一般, 但是其中移民风险评价值为 3.24, 同时又是权重最大的风险源, 在投资过程中, 仍然需要积极关注政府移民政策, 紧密配合政府开展移民工作, 重视移民风险管理。

## 4 结论

实例分析结果表明, 运用基于灰色 AHP 的综合评价模型对水利水电工程进行投资风险评价, 可根据 AHP 得到的指标权重, 了解项目风险的主要来源; 根据灰色理论计算得到的综合评价值可评估项目的整体投资风险, 同时, 通过计算各项风险源的综合评价, 可确定不同风险源的风险大小。评价结果能够为决策者提供依据, 并且方便风险管理者有针对性的进行风险管理, 对一些发生概率大的风险提前做好风险预案。综上所述, 基于灰色 AHP 的综合评价模型能够为水利水电工程项目投资风险决策和风险管理提供有力的理论支持。

## 参考文献:

- [1] 吴泽宁, 索丽生, 王海政. 水利水电项目经济风险的模糊分析方法[J]. 河海大学学报, 2003, 31(3): 276-280.
- [2] 杨敬飏. 五凌水电项目建设风险管理研究[D]. 湖南: 湖南大学, 2003.
- [3] 付金强. 基于蒙特卡罗方法的水电工程投资风险分析及其应用[D]. 天津: 天津大学, 2005.
- [4] 彭 馄, 强茂山. 模糊层次分析法在 DuberKhwar 项目风险评价和投标决策中的应用研究[J]. 水力发电学报, 2004, 23(3): 44-50.
- [5] 黄伟杰, 刘晓平, 李 军, 等. 基于 BP 网络的水利工程投资风险评价[J]. 长沙理工大学学报, 2004, 1(2): 34-35.
- [6] 侯建刚. 水利水电工程移民风险评价与控制研究[D]. 湖北: 武汉理工大学, 2011.
- [7] 邵等玲. 工程项目设计风险控制[J]. 铁路工程造价管理, 2009(3): 25-26.

(责任编辑 王利君)