

文章编号: 1000-5013(2011)06-0689-05

# 改进的国际工程项目投资风险模糊评价

刘进, 高轩能

(华侨大学 土木工程学院, 福建 泉州 362021)

**摘要:** 首先在全面分析国际工程项目投资风险影响因素的基础上, 建立合理的国际工程项目投资风险评价指标体系; 其次, 针对使用层次分析法确定的固定权重存在较大主观性的缺陷, 引入激励与惩罚并举的局部变权原理对固定权重进行调整, 提出使用变权层次分析法和熵权法相结合的方法确定综合权重, 进而提出改进的国际工程项目投资风险模糊综合评价模型; 最后, 通过实例分析与计算, 验证该模型的有效性和合理性。

**关键词:** 投资风险评价; 国际工程项目; 评价指标体系; 变权层次分析法; 熵权法; 模糊评价

**中图分类号:** TU 72; F 284

**文献标志码:** A

国际工程项目具有投资大、周期长、复杂性、风险较大等特点, 业主稍有不慎就可能造成重大损失, 因此, 如何有效地对国际工程项目的投资风险进行评估就成为了重要的研究内容。目前的层次分析法在确定固定权重时存在较大的主观性, 大多按照专家的知识 and 经验来确定, 容易使结果与实际情况产生偏差。本文引入局部变权原理对固定权重进行调整, 提出改进的国际工程项目投资风险模糊综合评价模型, 并建立了国际工程项目投资风险评价指标体系。

## 1 模型的建立

### 1.1 建立国际工程项目投资风险评价指标体系

国际工程项目的投资风险复杂多样。文中以大量的实际调查资料为基础, 广泛收集有关专家学者的经验, 经过综合归纳、分析、研究和对比后, 将国际工程项目的投资风险分为以下 6 个大类。

(1) 政治风险, 主要是指由战争、国际局势、政权更迭和政策变化带来的风险。如东道国的政局、外交关系和项目所在地区的社会稳定、行政审批, 以及东道国有意或无意变更政策等不确定因素可能给业主造成的损失<sup>[1]</sup>。

(2) 经济风险, 主要指国家或社会一些经济政策或其他因素的不确定性变化所带来的风险<sup>[2]</sup>。如东道国的汇率、利率、通货膨胀及资金流动的管制政策和业主的融资能力等, 都是影响投资的重要因素。

(3) 自然风险, 主要指工程项目所在地的地理、地质、水文和气象等自然环境因素, 以及洪水、地震、火灾、台风、雷电等不可抗拒自然力因素带来的不可预测的风险。

(4) 管理风险, 主要指由合同订立的严谨程度、承包商的履约情况、材料和设备供应商的履约情况、监理工程师是否尽职, 以及工程质量是否达标等不确定因素带来的风险<sup>[3]</sup>。

(5) 设计风险, 主要指由设计带来的风险, 包括设计方声誉、技术成熟度和勘测准确性等 3 方面。工程设计是工程质量的根本, 如果设计上出现失误, 轻则返工修复, 重则可能导致工程毁损, 给业主造成重大损失。

(6) 技术风险, 主要指业主经验和管理能力不足带来的风险<sup>[4]</sup>。国际工程项目的风险庞杂多样, 因此对业主的决策能力、经验和项目管理水平都是严峻的考验。

将上述国际工程项目的各种风险因素层层分解, 构建出国际工程项目投资风险评价指标体系, 如表

**收稿日期:** 2011-04-15

**通信作者:** 高轩能(1962-), 男, 教授, 主要从事工程结构理论与项目管理的研究. E-mail: gaoxn1962@163.com.

**基金项目:** 中央高校基本科研课题资助项目(JB-JC1005)

1 所示. 表 1 中: 国际工程项目投资风险称为总风险, 下一个层次的风险称为 A 级风险, 即政治风险、经济风险、自然风险、管理风险、设计风险、技术风险, 它显示了风险的来源, A 级风险之下的风险称为 B 级风险, 即最低层次的风险, 是指具体的风险因素.

表 1 国际工程项目投资风险评价指标体系  
Tab. 1 Investment risk index system of international engineering project

总风险	A 级风险	B 级风险
国际 工程 项目 投资 风险	政治风险 $R_1$	战争和内乱 $R_{1,1}$ 、外交关系 $R_{1,2}$ 、政策多变 $R_{1,3}$
	经济风险 $R_2$	外汇风险 $R_{2,1}$ 、市场动荡 $R_{2,2}$ 、业主融资能力 $R_{2,3}$
	自然风险 $R_3$	不可抗力 $R_{3,1}$ 、恶劣气候与环境 $R_{3,2}$ 、地理位置 $R_{3,3}$
	管理风险 $R_4$	合同是否严谨 $R_{4,1}$ 、能源、劳动力、材料和设备的供应 $R_{4,2}$ 、 承包商的履约情况 $R_{4,3}$ 、监理工程师是否尽职 $R_{4,4}$ 、工程质量 $R_{4,5}$
	设计风险 $R_5$	勘测准确性 $R_{5,1}$ 、设计方声誉 $R_{5,2}$ 、技术成熟度 $R_{5,3}$
	技术风险 $R_6$	决策水平 $R_{6,1}$ 、业主的经验 $R_{6,2}$ 、业主项目管理水平 $R_{6,3}$

1.2 建立评语集

由于风险分析的需要, 将评语集划分为“很大、大、中、小、很小”5 个级别. 评语集一般用大写字母 Y 表示, 即  $Y = \{\text{很大, 大, 中, 小, 很小}\}$ , 对其赋值为  $\{90, 70, 50, 30, 10\}$ .

1.3 建立评价矩阵

$$R = \begin{bmatrix} R_{1,1} & R_{1,2} & \cdots & R_{1,l} \\ R_{2,1} & R_{2,2} & \cdots & R_{2,l} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ R_{m,1} & R_{m,2} & \cdots & R_{m,l} \end{bmatrix}.$$

(1)

式(1)中:  $R_{i,j}$  ( $i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, l$ ) 为第  $i$  个评价指标对于第  $j$  个评价等级的隶属度, 它反映了评价指标与评价等级之间用隶属度表示的模糊关系<sup>[5]</sup>;  $m$  表示评价指标的数目;  $l$  表示评语集中评价等级的数目.

1.4 变权层次分析法确定权重

层次分析法是一种把定性和定量分析相结合的系统分析方法, 在风险评价中经常使用. 其基本步骤<sup>[6]</sup>: (1) 建立递阶层次结构, 将有关的各个评价指标按照不同属性自上而下分解成若干层次, 形成递阶层次结构; (2) 构造两两比较的判断矩阵, 在建立了递阶层次结构以后, 对同一层次的各评价指标关于上一层次中某一准则的重要性进行两两比较, 根据评定尺度确定其相对重要程度, 构造两两比较判断矩阵; (3) 由判断矩阵计算被比较评价指标对于该准则的权重并作一致性检验; (4) 组合一致性检验.

用层次分析法确定的指标权重是固定的, 不会因状态或评价指标的不同而改变; 但实际上, 人们对客观事物进行评价时所运用的并不是固定权重<sup>[7-8]</sup>. 变权重的根本思想在于引入激励惩罚机制, 即某个风险项的评价值较低时, 说明该项风险较小, 则给予一定的激励, 增加其权重, 使整体风险评价价值降低; 反之, 当某个风险项的评价值较高时, 表明该项风险较大, 则给予一定的惩罚, 增加其权重, 使整体风险评价价值升高, 从而使整体风险评价价值更趋科学、合理.

根据局部变权的公理化定义, 设评价指标的固定权重为  $a_i^0$ , 局部状态变权向量为  $S_j(x)$ , 则变权向量  $a'_i(x)$  可表示为

$$a'_i(x) = \frac{a_i^0 S_j(x)}{\sum_{k=1}^n a_k^0 S_k(x)}.$$

(2)

局部状态变权向量  $S_j(x)$  的定义为

$$S_j(x) = \begin{bmatrix} 1 & 0 \leq x_j < 0.3 \\ -4x_j + 2.2 & 0.3 \leq x_j < 0.5 \\ 0.2 & 0.5 \leq x_j < 0.85 \\ 5.3x_j - 4.3 & 0.85 \leq x_j \leq 1 \end{bmatrix}.$$

(3)

因此,当  $0 \leq x_j < 0.3$  时,惩罚程度最大;当  $0.3 \leq x_j < 0.5$  时,惩罚程度随着  $x_j$  的减小而增大;而当  $0.5 \leq x_j < 0.85$  时,既不惩罚也不激励;当  $0.85 \leq x_j \leq 1$  时,激励程度随  $x_j$  的增大而增大。

经过以上步骤,得到变权重集  $A' = \{a'_1, a'_2, \dots, a'_n\}$ . 其中:  $n$  为某个  $B$  级风险评价指标的个数。

1.5 熵权法确定权重

熵权法是一种客观赋权方法,其原理是根据各指标数值的变异程度所反映的信息量大小来确定权重. 设有  $h$  个评价指标,  $k$  个评价对象,由它们形成的原始数据矩阵  $W' = (w'_{i,j})_{h \times k}$ ,则熵权值的计算步骤<sup>[9]</sup>: (1) 对  $W'$  各个指标值的数据归一化处理,得到矩阵  $W = (w_{i,j})_{h \times k}$ ; 然后,计算第  $i$  项指标下第  $j$  个评价对象指标值  $w$  权重,即有

$$p_{i,j} = w_{i,j} \sum_{j=1}^k w_{i,j};$$

(2) 计算第  $i$  项指标的熵值

$$e_i = -f \sum_{j=1}^k p_{i,j} \ln p_{i,j}, \quad f = 1/\ln h;$$

(3) 计算指标  $i$  的差异性因数  $g_i = 1 - e_i$ ; (4) 确定指标  $i$  的熵权值  $a''_i = g_i \sum_{i=1}^h g_i$ .

1.6 综合权重的确定

变权层次分析法在确定权重时,虽然考虑了专家的知识 and 经验,并且引入了局部变权原理计算变权重,使权重的确定具有较高的合理性和科学性,但仍然存在主观随意性的缺陷. 熵可以度量评价指标体系中指标数据所蕴含的信息量,并依此确定各指标的权重,结果较为客观,但是这种客观权值有时与实际情况相差较大. 综合分析这两种方法的优势和劣势,文章把变权层次分析法和熵权法相结合,得到综合考虑主客观评价指标的权重向量  $a = (a_i)_{1 \times n}$ ,即

$$a_i = \beta a'_i + (1 - \beta) a''_i, \quad 0 \leq \beta \leq 1, \tag{4}$$

组合权重随  $\beta$  的改变而改变,当  $\beta = 1$  和  $\beta = 0$  时,分别对应于变权层次分析法和熵权法. 关于  $\beta$  如何合理取值有很多讨论,通过比较各指标的重要程度等级、变权层次分析法所得权重和熵权法所得权重的 3 种排序可知,  $\beta$  分别取 0, 0.5 和 1.0. 文中根据国际工程项目的具体情况,取  $\beta = 0.5$ .

1.7 模糊综合评价

运用模糊运算法则<sup>[10-11]</sup>,进行综合运算,有

$$B = A \times R. \tag{5}$$

式中:  $A$  为评价指标的权重集;  $R$  为评价矩阵. 先进行一级模糊综合评价,得出一级模糊综合评价的结果  $B_i = A_i \times R_i$ ; 然后,进行二级模糊综合评价,由  $R = [B_1, B_2, \dots, B_i, \dots, B_m]^T$  组成二级评价矩阵,  $m$  为  $A$  级风险的个数,得到总评价向量  $B = A \times R$ ; 最后,使用加权平均法处理,得出综合评价结果。

2 应用实例

2.1 确定一级评价矩阵

由多位专家对  $B$  级风险评价指标的风险程度进行评价,组成一级评价矩阵,如表 2 所示。

表 2 一级评价矩阵列表  
Tab. 2 One-level evaluation matrix

$R_{1,1}$	$R_{1,2}$	$R_{1,3}$	$R_{1,4}$	$R_{2,1}$	$R_{2,2}$	$R_{2,3}$	$R_{3,1}$	$R_{3,2}$	$R_{3,3}$	$R_{4,1}$	$R_{4,2}$	$R_{4,3}$	$R_{4,4}$	$R_{4,5}$	$R_{5,1}$	$R_{5,2}$	$R_{5,3}$	$R_{6,1}$	$R_{6,2}$	$R_{6,3}$
0.02	0.04	0.13	0.14	0.04	0.23	0.05	0.06	0.07	0.09	0.04	0.03	0.03	0.06	0.02	0.03	0.06	0.07	0.15	0.07	0.11
0.05	0.08	0.16	0.18	0.18	0.46	0.13	0.08	0.08	0.11	0.06	0.09	0.05	0.14	0.05	0.05	0.08	0.10	0.17	0.12	0.13
0.17	0.19	0.35	0.38	0.57	0.16	0.17	0.39	0.48	0.36	0.73	0.58	0.07	0.47	0.12	0.25	0.47	0.38	0.46	0.57	0.35
0.33	0.27	0.21	0.19	0.12	0.12	0.26	0.29	0.21	0.25	0.10	0.23	0.77	0.20	0.55	0.53	0.23	0.27	0.14	0.15	0.26
0.43	0.42	0.15	0.11	0.09	0.03	0.39	0.18	0.16	0.19	0.07	0.07	0.08	0.13	0.26	0.14	0.16	0.18	0.08	0.09	0.15

2.2 权重的确定

2.2.1 变权重 使用专家调查法和层次分析法来确定固定权重. 根据评价矩阵和风险等级量化集计算风险评价指标的综合评分,由综合评分所对应的区间得到  $S_j(x)$ ,再确定变权重. 各级风险变权重的

确定,如表 3 所示.

2.2.2 熵权重 由上述熵权法的计算式计算各级评价指标的熵权重,结果如表 3 所示.

2.2.3 综合权重 根据式(4),计算各级评价指标的综合权重,结果如表 3 所示.

表 3 投资风险评价指标的权重确定  
Tab.3 Weight determination of investment risk index

A 级风险	固定权重	变权重	熵权重	综合权重	B 级风险	固定权重	变权重	熵权重	综合权重
政治风险 $R_1$	0.12	0.17	0.10	0.13	$R_{1,1}$	0.14	0.36	0.10	0.23
					$R_{1,2}$	0.08	0.20	0.13	0.17
					$R_{1,3}$	0.15	0.11	0.21	0.16
					$R_{1,4}$	0.63	0.33	0.56	0.44
经济风险 $R_2$	0.22	0.14	0.31	0.23	$R_{2,1}$	0.56	0.44	0.67	0.55
					$R_{2,2}$	0.32	0.21	0.25	0.23
					$R_{2,3}$	0.12	0.35	0.08	0.22
自然风险 $R_3$	0.15	0.15	0.14	0.14	$R_{3,1}$	0.27	0.31	0.16	0.24
					$R_{3,2}$	0.33	0.30	0.37	0.34
					$R_{3,3}$	0.40	0.39	0.47	0.42
管理风险 $R_4$	0.20	0.27	0.21	0.24	$R_{4,1}$	0.41	0.24	0.38	0.31
					$R_{4,2}$	0.23	0.17	0.31	0.24
					$R_{4,3}$	0.21	0.37	0.17	0.26
					$R_{4,4}$	0.08	0.07	0.08	0.08
					$R_{4,5}$	0.07	0.15	0.06	0.11
设计风险 $R_5$	0.14	0.17	0.13	0.15	$R_{5,1}$	0.09	0.13	0.19	0.16
					$R_{5,2}$	0.13	0.12	0.33	0.23
					$R_{5,3}$	0.78	0.75	0.48	0.61
技术风险 $R_6$	0.17	0.10	0.11	0.11	$R_{6,1}$	0.37	0.27	0.35	0.31
					$R_{6,2}$	0.25	0.22	0.18	0.20
					$R_{6,3}$	0.38	0.51	0.47	0.49

2.3 模糊综合评价

根据式(5)进行一级模糊综合评价,有

$$B_1 = A_1 \times R_1 = [0.23, 0.17, 0.16, 0.44] \times$$
$$\begin{bmatrix} 0.02 & 0.05 & 0.17 & 0.33 & 0.43 \\ 0.04 & 0.08 & 0.19 & 0.27 & 0.42 \\ 0.13 & 0.16 & 0.35 & 0.21 & 0.15 \\ 0.14 & 0.18 & 0.38 & 0.19 & 0.11 \end{bmatrix} =$$
$$[0.093\ 8, 0.129\ 9, 0.294\ 6, 0.239\ 0, 0.242\ 7].$$

同理可得

$$B_2 = [0.085\ 9, 0.233\ 4, 0.387\ 7, 0.150\ 8, 0.142\ 2],$$
$$B_3 = [0.076\ 0, 0.092\ 6, 0.408\ 0, 0.246\ 0, 0.177\ 4],$$
$$B_4 = [0.034\ 4, 0.069\ 9, 0.434\ 5, 0.362\ 9, 0.098\ 3],$$
$$B_5 = [0.061\ 3, 0.087\ 4, 0.379\ 9, 0.302\ 4, 0.169\ 0],$$
$$B_6 = [0.114\ 4, 0.140\ 4, 0.428\ 1, 0.200\ 8, 0.116\ 3].$$

然后,进行二级模糊综合评价,有

$$B = A \times R = [0.13, 0.23, 0.14, 0.24, 0.15, 0.11] \times$$
$$\begin{bmatrix} 0.093\ 8 & 0.129\ 9 & 0.294\ 6 & 0.239\ 0 & 0.242\ 7 \\ 0.085\ 9 & 0.233\ 4 & 0.387\ 7 & 0.150\ 8 & 0.142\ 2 \\ 0.076\ 0 & 0.092\ 6 & 0.408\ 0 & 0.246\ 0 & 0.177\ 4 \\ 0.034\ 3 & 0.069\ 9 & 0.434\ 5 & 0.362\ 9 & 0.098\ 3 \\ 0.061\ 3 & 0.087\ 4 & 0.379\ 9 & 0.302\ 4 & 0.169\ 0 \\ 0.114\ 4 & 0.140\ 4 & 0.428\ 1 & 0.200\ 8 & 0.116\ 3 \end{bmatrix} =$$

$$[0.072\ 6, 0.128\ 9, 0.392\ 9, 0.254\ 7, 0.150\ 8].$$

对结果做加权平均处理,有  $0.072\ 6\times 90+0.128\ 9\times 70+0.392\ 9\times 50+0.254\ 7\times 30+0.150\ 8\times 10=44.351$ ,最终得出该国际工程项目投资风险的综合评分为 44.351,风险等级属于中等偏小.

### 3 结束语

文中引入局部变权原理计算变权重,实现对某些风险评价指标的奖励和惩罚.采用变权层次分析法和熵权法相结合的方法确定综合权重,将主观判断与客观计算相结合,使得权重的确定更加科学、合理,从而确保了评价结果的可靠性.建立全面合理的国际工程项目投资风险评价指标体系,提出基于变权层次分析法和熵权法的二级模糊综合评价模型,为业主提供了重要的参考和依据.

#### 参考文献:

[1] 陈伟珂. 工程项目风险管理[M]. 北京:人民交通出版社,2008.

[2] 陈勇,吴静. 国际工程风险管理[J]. 资源环境与工程,2010,24(4):2-3.

[3] 章凌云,黄奕辉,张云波. 工程质量管理及工程质量保证担保[J]. 华侨大学学报:自然科学版,2005,26(3):275-278.

[4] 刘尔烈. 国际工程管理概论[M]. 天津:天津大学出版社,2003.

[5] 罗云,樊运晓,马晓春. 风险分析与安全评价[M]. 北京:化学工业出版社,2004.

[6] 王艳红,王秀丽. 国际工程风险模糊综合评价[J]. 山西建筑,2007,33(31):2-3.

[7] 熊兰,刘钰,林荫宇,等. 模糊变权法在绝缘子状态综合评判中的应用[J]. 电力系统及其自动化学报,2010, 22(1): 2-3.

[8] 李彦鹏,黎湘,王宏强,等. 应用变权模糊综合评判的目标识别效果评估[J]. 现代雷达,2010,26(12):1-2.

[9] 陈亚哲,刘桂珍,刘挺,等. 基于熵权的产品广义质量模糊综合评价[J]. 东北大学学报:自然科学版,2010,31(2):2-3.

[10] 杨伦标. 模糊数学原理及应用[M]. 广州:华南理工大学出版社,2002.

[11] 郭玉翠,王励成,钮心忻. 一个用于多个实体信任度评估的模糊数学模型[J]. 华侨大学学报:自然科学版,2009,30(6):637-641.

## Improved Fuzzy Evaluation of Investment Risk in International Engineering Project

LIU Jin, GAO Xuan-neng

(College of Civil Engineering, Huaqiao University, Quanzhou 362021, China)

**Abstract:** Based on a comprehensive analysis of the factors affecting investment risk in international engineering project, the investment risk evaluation index system was established. Since there exist subjective shortcomings in the fixed weight determined by analytic hierarchy, the local variable weight principle combining penalty with incentive was introduced to adjust the fixed weight. The synthetic weight was determined by the combination of analytic hierarchy process based on variable weight and entropy weight method. A model based on improved fuzzy synthetic evaluation was put forward. A case study was presented to verify the feasibility and rationality of the model.

**Keywords:** investment risk evaluation; international engineering project; risk evaluation index system; analytic hierarchy process based on variable weight; entropy weight method; fuzzy evaluation

(责任编辑: 黄晓楠      英文审校: 方德平)