

公路项目投资风险变权模糊综合评价

石勇民, 张正明, 肖 亮

(长安大学公路学院, 陕西 西安 710064)

摘 要:影响公路建设项目投资风险的因素众多, 现有的风险评价方法仅限于对风险指标进行局部的、定性的评价, 不能系统地量化风险指标体系、反映风险数量特征。基于系统评价的原理, 确定风险评价指标, 建立风险评价体系, 引入模糊一致矩阵计算基础权重, 提出惩罚与激励相结合的局部变权法计算变权重, 并采用模糊层次分析法预测项目风险。实验验证了该方法的有效性和可行性。

关键词:公路建设; 投资风险; 模糊评价; 变权综合

中图分类号: F540.31

文献标识码: A

文章编号: 1671-6248(2006)02-0001-05

Fuzzy synthetic evaluation on variable weight of investment risk in road project

SHI Yong-min, ZHANG Zheng-ming, XIAO Liang

(School of Highway, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China)

Abstract: There are lots of investment risks in road project, but the common method is to conduct qualitative and partial evaluation for the risks. On the principle of systematic evaluation, risk analysis system and risk index are set up, fuzzy consistent matrix is introduced to calculate basic weight, partial variable weight with the combination of penalty-incentive is put forward to calculate variable weight, and fuzzy-AHP method is adopted to analyze the investment risks in road project. The feasibility of the method is verified in the experiment and engineering.

Key words: road construction; investment risk; fuzzy evaluation; variable synthesis

0 引言

公路项目的投资大、环节多、投资回收期长, 极易受到政治、经济等方面变化的影响, 直接关系到项目投资的成败, 因此如何正确地评价公路项目投资风险就成为一个重要问题。现有的投资风险的评价方法很不完善, 主要表现在两个方面: 一是仅注重局部个别指标的评价没有建立起全面的评价体系, 例如现有的评价多考虑财务评价, 而财务评价又多选用净现值(NPV)、内部收益率(IRR)和投资回收期等指标; 二是现有的评价方法对许多评价指标的评价还停留在定性评价阶段, 这些定性指标的评价很

容易受到评价人的主观影响。鉴于以上不足, 本文从多方面考虑公路项目投资风险, 进而建立一套比较完整的评价体系; 在评价方法上, 提出将变权重的模糊评价方法应用于公路项目投资风险评价。

1 项目投资风险和风险指标体系

公路项目投资风险是由其自身特点决定的。公路项目所需的投资规模大, 投资回收期长, 资产流动性差, 专用程度高, 参与方多; 项目从立项到建成运营需要经历多个环节, 参与者众多, 主要有政府、投资人、设计单位、建筑承包商等, 因此公路项目涉及的风险因素十分庞杂, 主要有以下几个方面¹⁻³。

1.1 自然风险

自然风险主要是指公路穿越区的地理、地质、水文和气象等自然环境因素给项目带来的不可预测的风险。此外,地震、海啸等不可抗力风险也要考虑。

1.2 政治风险

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。政治风险主要包括两方面:一方面是指东道国的政局、外交关系和项目所在地区的社会稳定、行政审批等方面的不确定因素带来的风险;另一方面是指东道国的政策延续性、当地政府的协作性和项目审批的难易程度等方面的不确定因素带来的风险。

1.3 经济风险

经济风险主要是指未来金融市场的不确定性变化带来的风险。公路项目投资一般利用大量的贷款进行融资,所以东道国的汇率、利率、通货膨胀及资金流动的管制政策是影响投资是否成功的重要因素。

1.4 法律风险

法律风险主要是指法律变化带来的风险。这类风险主要考虑法律变化后对项目合同履行以及未来纠纷解决的影响。如果公路项目所在国是在发展中国家,应特别注意法律风险。

1.5 设计风险

设计风险主要是指由设计带来的风险。如果设计方在选择设计方案时能充分考虑到造价、施工和养护等方面的问题,将大大降低设计风险。

1.6 建设风险

建设风险主要是指由建设承包商和供应商造成的工程无法完工、工期延期以及达不到工程质量要求的风险。政府与项目投资人以交钥匙合同的方式将风险转移给建筑承包商,然而工程质量和工期的风险一旦发生,仍会给投资人带来巨大的损失。

1.7 运营风险

运营风险主要是由两部分组成:一部分是指公路建成后交通量和收费率达不到预期效果,项目发生财务危机,给投资人带来风险;另一部分是经营者在经营和养护方面因管理不善带来的风险。

1.8 投资人风险

投资人风险主要是指投资人经验和管理能力不足所带来的风险。因为公路项目经历的环节多,时间长,合作者多,所以对投资者的经验、项目管理能力和融资能力都是严峻的考验。

以上各风险因素及其评价指标见表 1。

表 1 公路项目投资风险

第一层 A	第二层 B
自然风险 A ₁	地理 B ₁₁ 、地质 B ₁₂ 、水文 B ₁₃ 、气候 B ₁₄ 、不可抗力 B ₁₅
政治风险 A ₂	政局稳定 B ₂₁ 、外交关系 B ₂₂ 、项目审批 B ₂₃ 、特许经营 B ₂₄
经济风险 A ₃	汇率变化 B ₃₁ 、利率变化 B ₃₂ 、通货膨胀 B ₃₃ 、资金流动限制 B ₃₄
法律风险 A ₄	相关法律 B ₄₁ 、相关合同 B ₄₂
设计风险 A ₅	设计单位声誉 B ₅₁ 、勘测准确性 B ₅₂ 、工程量 B ₅₃ 、技术成熟度 B ₅₄
建设风险 A ₆	建筑承包商声誉 B ₆₁ 、项目管理水平 B ₆₂ 、劳动力、能源、材料和设备供应 B ₆₃ 、工程质量 B ₆₄ 、工程工期 B ₆₅
运营风险 A ₇	运营成本 B ₇₁ 、交通量 B ₇₂ 、收费率 B ₇₃ 、相关运输方式和路线的竞争 B ₇₄
项目投资人风险 A ₈	投资人经验 B ₈₁ 、融资能力 B ₈₂ 、项目管理水平 B ₈₃

2 项目投资风险变权模糊评价

公路项目投资风险涉及的因素较多,而这些风险因素很难用具体数据表示,只能用“大、小、高、低”这样具有模糊性的词语描述。将风险分为低、中、高、极高 4 个等级,各等级之间的界定也具有模糊性,因此采用变权重的多层次模糊评价是合适的。

2.1 建立风险评价体系

评价指标集通常用 U 表示, $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ 。如果评价体系复杂,可将 U 分为多级,例如第二级中 $U_{li} = \{U_{l1}, U_{l2}, \dots, U_{lm}\}$ 。指标评价值用 X 表示,对应于 U 的 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 。由于影响公路项目投资风险的因素众多,所以将这些风险因素为 A 、 B 两层,如表 1 所示。

2.2 确定评价集 V

评价集是由可能做出的各种风险评价结果组成的集合,通常用 V 表示, $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ 。本文将公路项目投资风险分为 4 个等级,即 $V = \{\text{低}, \text{中}, \text{高}, \text{极高}\}$ 。

2.3 确定权重集 W

变权重的确定方法将在下文详细叙述。

2.4 确定隶属度 R

$R_k = (r_{ij}^k)_{m \times n}$, $R = \{R_1, R_2, \dots, R_n\}$, r_{ij}^k 表示风险指标 B_k 对于上层因素 B_k ($B_k = A_k$) 的第 j 级评语的隶属程度。隶属度的计算可依据多位专家的评价结果进行统计,可得到隶属度矩阵^[3]

表 2 设计风险评价指标基础权重计算

专家 1	B_{51}	B_{52}	B_{53}	B_{54}	转换成模糊一致矩阵				W_i
B_{51}	0 5	0 4	0 3	0 2	0 500 000	0 433 333	0 366 667	0 300 000	0 183 3
B_{52}	0 6	0 5	0 4	0 3	0 566 667	0 500 000	0 433 333	0 366 667	0 227 8
B_{53}	0 7	0 6	0 5	0 4	0 633 333	0 566 667	0 500 00	0 433 333	0 272 2
B_{54}	0 8	0 7	0 6	0 5	0 700 000	0 633 333	0 566 667	0 500 000	0 316 7
专家 2	B_{51}	B_{52}	B_{53}	B_{54}					
B_{51}	0 5	0 4	0 1	0 3	0 500 000	0 416 667	0 266 667	0 350 000	0 172 2
B_{52}	0 6	0 5	0 3	0 4	0 583 333	0 500 000	0 350 000	0 433 333	0 227 8
B_{53}	0 9	0 7	0 5	0 6	0 733 333	0 650 000	0 500 000	0 583 333	0 327 8
B_{54}	0 7	0 6	0 4	0 5	0 650 000	0 566 667	0 416 667	0 500 000	0 272 2
专家 3	B_{51}	B_{52}	B_{53}	B_{54}					
B_{51}	0 5	0 3	0 1	0 2	0 500 000	0 383 333	0 200 000	0 316 667	0 150 0
B_{52}	0 7	0 5	0 2	0 4	0 616 667	0 500 000	0 316 667	0 433 333	0 227 8
B_{53}	0 9	0 8	0 5	0 7	0 800 000	0 683 333	0 500 000	0 616 667	0 350 0
B_{54}	0 8	0 6	0 3	0 5	0 683 333	0 566 667	0 383 333	0 500 000	0 272 2
专家 4	B_{51}	B_{52}	B_{53}	B_{54}					
B_{51}	0 5	0 2	0 1	0 3	0 500 000	0 283 333	0 216 667	0 400 000	0 150 0
B_{52}	0 8	0 5	0 4	0 7	0 716 667	0 500 000	0 433 333	0 616 667	0 294 4
B_{53}	0 9	0 6	0 5	0 8	0 783 333	0 566 667	0 500 000	0 683 333	0 338 9
B_{54}	0 7	0 3	0 2	0 5	0 600 000	0 383 333	0 316 667	0 500 000	0 216 7

2.5 综合评价

一级模糊评价是对风险因素 B_i 的评价, $B_i = w_i \circ R_i = \{w_{i1}, w_{i2}, \cdots, w_{ij}, \cdots, w_{im}\} \circ (r_{jk}^i)_{m \times n}$

二级模糊评价是综合各个风险因素的评价结果, $A = W \circ B = \{W_1, W_2, \cdots, W_i, \cdots, W_m\} \circ (B_1, B_2, \cdots, B_m)^T$ 式中:“ \circ ”为模糊运算符; w_{ij} 为风险因素 B_i 中指标 B_{ij} 的权重; W_i 为风险因素 B_i 的权重。

3 变权重的确定

不同公路项目的投资风险具有很大的差异, 这种差异表现在风险因素和风险程度的不同, 但是现有的评价方法中都使用固定权重(即本文中所称的常权重)进行评价。这种评价方法不能体现不同公路项目投资风险的差异。采用变权重即根据风险程度的不同对基础权重予以调整, 可以克服以上的不足, 体现不同项目投资风险的实际情况。

3.1 基础权重的确定

本文在利用层次分析法的基础上采用模糊一致矩阵计算基础权重, 因为模糊一致矩阵不仅构造简单, 而且它的中分传递性更符合人类决策思维的心理特性。

模糊一致矩阵是指模糊矩阵 $D = (d_{ij})_{m \times n}$, 若对

任意的 k , 均有 $d_{ij} = d_{jk} - d_{kj} + 0.5$, 则称 D 是模糊一致矩阵^[4]。

确定基础权重的步骤如下:

(1)建立优先关系模糊互补矩阵 F 。当模糊矩阵 $F = (f_{ij})_{m \times n}$ 满足 $f_{ii} = 0.5, f_{ij} + f_{ji} = 1$, 则称 F 是模糊互补矩阵。 $F_k = (f_{ij}^k)_{m \times n}, f_{ij}^k$ 表示属于上层第 k 个风险影响因素下的 m 个评价指标中指标 u_i 与 u_j 的优先关系。

(2)采用专家评价法得到的矩阵不一定是模糊一致矩阵, 可以将模糊互补矩阵 $F = (f_{ij})_{m \times n}$ 转换成模糊一致矩阵 $D = (d_{ij})_{m \times n}$, 其中 $d_{ij} = \frac{f_i - f_i}{2(n-1)} +$

$0.5, f_i = \sum_{j=1}^m f_{ij}。$

则第 k 位专家对指标 u_i 给出的基础权重^[5] $w_k^o(u_i) = \frac{1}{m} - \frac{1}{m-1} + \frac{2}{m(n-1)} \sum_{j=1}^m d_{ij}$

综合 n 位专家的评价结果, 得到指标 u_i 的基础权重

$$w^o(u_i) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n w_k^o(u_i)$$

3.2 变权重的确定

公路项目投资风险的综合评价结果取决于评价

表 3 公路项目投资风险一级评价

第二层 B	权重		常权综合	变权综合	风险评价				指标综合	S(x)
	基础	变换	评价	评价	极高	高	中	低	评分	
地理 B ₁₁	0 13	0 04	0 068	0 020	0 03	0 08	0 86	0 03	0 52	0 40
地质 B ₁₂	0 36	0 23	0 247	0 161	0 06	0 83	0 08	0 03	0 69	0 89
水文 B ₁₃	0 34	0 65	0 295	0 561	0 73	0 13	0 06	0 08	0 87	2 60
气候 B ₁₄	0 12	0 06	0 078	0 037	0 20	0 24	0 56	0	0 65	0 66
不可抗力 B ₁₅	0 05	0 02	0 016	0 008	0 06	0 09	0 11	0 74	0 33	0 65
政局稳定 B ₂₁	0 13	0 15	0 038	0 044	0	0 02	0 28	0 70	0 29	0 71
外交关系 B ₂₂	0 09	0 12	0 022	0 029	0	0 05	0 05	0 90	0 24	0 82
项目审批 B ₂₃	0 42	0 27	0 221	0 144	0 07	0 20	0 57	0 16	0 53	0 40
特许经营 B ₂₄	0 36	0 45	0 095	0 120	0	0 06	0 11	0 83	0 26	0 77
汇率变化 B ₃₁	0 45	0 22	0 285	0 139	0 13	0 57	0 15	0 15	0 63	0 58
利率变化 B ₃₂	0 30	0 64	0 259	0 551	0 65	0 20	0 14	0 01	0 86	2 53
通货膨胀 B ₃₃	0 23	0 08	0 118	0 040	0 03	0 18	0 67	0 12	0 52	0 40
资金流动限制 B ₃₄	0 02	0 06	0 019	0 060	0 83	0 10	0 05	0 02	0 93	3 86
相关法律 B ₄₁	0 33	0 20	0 202	0 123	0 12	0 35	0 47	0 06	0 61	0 46
相关合同 B ₄₂	0 67	0 80	0 184	0 220	0 02	0 07	0 08	0 83	0 28	0 91
设计单位声誉 B ₅₁	0 16	0 14	0 053	0 047	0 03	0 12	0 16	0 69	0 33	0 64
勘测准确性 B ₅₂	0 25	0 26	0 166	0 171	0 12	0 66	0 12	0 10	0 66	0 74
工程量 B ₅₃	0 32	0 39	0 219	0 267	0 15	0 65	0 13	0 07	0 68	0 87
技术成熟度 B ₅₄	0 27	0 22	0 096	0 079	0 01	0 09	0 34	0 56	0 36	0 59
建筑承包商声誉 B ₆₁	0 11	0 10	0 038	0 036	0 02	0 13	0 20	0 65	0 34	0 62
项目管理水平 B ₆₂	0 13	0 08	0 068	0 042	0 05	0 07	0 83	0 05	0 52	0 40
劳动力、能源、材料和设备供应 B ₆₃	0 15	0 18	0 040	0 047	0 03	0 05	0 06	0 86	0 27	0 77
工程质量 B ₆₄	0 43	0 37	0 159	0 137	0 05	0 12	0 23	0 60	0 37	0 56
工程工期 B ₆₅	0. 18	0. 27	0. 128	0. 192	0. 06	0. 90	0. 04	0	0. 71	0. 98
运营成本 B ₇₁	0. 25	0. 13	0. 130	0. 066	0. 03	0. 06	0. 89	0. 02	0. 52	0. 40
交通量 B ₇₂	0. 22	0. 30	0. 158	0. 216	0. 21	0. 63	0. 11	0. 05	0. 72	1. 08
收费率 B ₇₃	0. 37	0. 44	0. 258	0. 309	0. 04	0. 91	0. 03	0. 02	0. 70	0. 95
相关运输方式和路线的竞争 B ₇₄	0. 16	0. 13	0. 054	0. 043	0 00	0. 12	0. 25	0. 63	0. 34	0. 63
投资人经验 B ₈₁	0. 12	0. 11	0. 084	0. 080	0. 16	0. 67	0. 13	0. 04	0. 70	0. 99
融资能力 B ₈₂	0. 58	0. 59	0. 414	0. 425	0. 23	0. 54	0. 20	0. 03	0. 71	1. 07
项目管理水平 B ₈₃	0. 30	0. 29	0. 212	0. 206	0. 11	0. 80	0. 06	0. 03	0. 71	1. 02

指标值及其相应的权重两部分。变权重的根本思想是激励与惩罚并举,即某项风险评价值较低时,表明此项风险较小,则给予一定的激励,增加其权重,使整体风险评价值降低;反之,当某项风险评价值较高时,表明此项风险较大,则给予一定的惩罚,增加其权重,使整体风险评价值上升。一般来说,惩罚的幅度大于激励的幅度。指标的变权重为^[6]

$$w_i(u) = w_i^0 S_i(x) / \sum_{j=1}^m w_j^0 S_j(x) \quad i = 1, 2, \cdots, m$$

其中, x 是评价指标 u_i 的综合评分值; $S = \{S_1(x), S_2(x), \cdots, S_m(x)\}$ 。 S 是结合了激励与惩罚的局部状态权重。在文献[7] 的基础上, $S_j(x)$ 构造为

$$S_j(x) = \begin{cases} 0.2 \ln \frac{0.2}{x_j} + 0.9 & x_j \in [0, 0.2] \\ -2x_j + 1.3 & x_j \in [0.2, 0.4] \\ 10(0.5 - x_j)^2 + 0.4 & x_j \in [0.4, 0.5] \\ 0.4 & x_j \in [0.5, 0.6] \\ 2 \ln \frac{0.4}{1 - x_j} + 0.4 & x_j \in [0.6, 1.0] \end{cases}$$

其中, 当 $0 \leq x_j \leq 0.2$ 时, 激励程度最大; 当 $0.2 < x_j \leq 0.4$ 时, 激励程度随 x_j 的增大而显著减小; 当 $0.4 < x_j \leq 0.5$ 时, 激励程度随 x_j 的增大而缓慢减小; 当 $0.5 < x_j \leq 0.6$ 时, 不激励也不惩罚; 当 $0.6 < x_j \leq 1$ 时, 惩罚程度随 x_j 的增大而显著增大。

4 实例评价

邀请多位专家对一个公路投资项目的各种风险进行评价, 然后利用本文给出的方法进行综合计算。

4.1 建立风险评价体系

在综合考虑多方面风险因素的基础上, 建立风险评价体系, 如表 1。

4.2 确定隶属度

由多位专家对各指标的风险程度进行评价, 同一风险因素被评价为某等级的专家个数占总专家数的比例, 即该因素隶属于该风险等级的隶属度。对

不同等级赋值, 分值越高, 风险越大。采用一分制, 则低对应于 0.2, 中对应于 0.5, 高对应于 0.7, 极高对应于 1。各个评价指标的隶属度见表 3。

4.3 确定基础权重

首先将专家给出的模糊互补矩阵改造成模糊一致矩阵, 然后综合各位专家给出的权重计算基础权重。本文在此仅给出设计风险评价指标基础权重的确定过程, $W_{BS} = (0.16, 0.25, 0.32, 0.27)$ 。

4.4 综合评价

(1) 一级评价。首先根据风险隶属度矩阵和风险评语集计算各个指标的综合评分, 再由各个指标的综合评分所对应的区间得到 $S(x)$, 随后确定变权重。一级评价的具体计算过程见表 3。

(2) 二级评价。在一级评价的基础上重复以上计算过程得到二级评价结果, 具体计算过程见表 4。

采用模糊综合评价对项目风险进行量化, 给投

表 4 公路项目投资风险二级评价

第一层 A	权重		常权综合评价	变权综合评价	常权指标值	变权指标值	S(x)
	基础	变换					
自然风险 A ₁	0.13	0.216	0.092	0.170	0.704 0	0.786 3	1.654
政治风险 A ₂	0.05	0.031	0.019	0.011	0.375 8	0.337 3	0.625
经济风险 A ₃	0.21	0.355	0.143	0.280	0.680 9	0.789 6	1.685
法律风险 A ₄	0.04	0.025	0.015	0.008	0.386 2	0.342 5	0.615
设计风险 A ₅	0.13	0.052	0.070	0.029	0.538 2	0.563 4	0.400
建设风险 A ₆	0.12	0.051	0.052	0.023	0.432 2	0.452 5	0.423
运营风险 A ₇	0.14	0.081	0.084	0.051	0.598 9	0.633 9	0.577
项目投资人风险 A ₈	0.18	0.189	0.128	0.134	0.710 2	0.710 3	1.045

资人一个最直观的结果; 而采用变权重既可以体现权重随指标状态变化, 又能体现评价过程中的激励与惩罚机制。这都是传统评价方法不具备的。由表 4 得到此公路项目投资风险评价的最终结果: 常权重模糊评价值为 0.60, 其风险等级属于高; 变权重模糊评价值为 0.71, 其风险等级属于极高。从二级评价看, 由于自然风险的变权评价指标值明显大于常权评价指标值, 且处于惩罚区间 $0.6 < 0.7863 \leq 1$, 所以自然风险变权综合评价值明显大于常权综合评价值; 建设风险的变权评价值虽然略大于常权评价值, 但由于其变权指标值处于激励区间 $0.4 < 0.45625 \leq 0.5$, 所以变权综合评价值明显小于常权综合评价值。

5 结 语

引入变权重和模糊综合评价的方法对公路项目投资风险的量化进行了初步的研究。变权重的引入提高了项目风险评价的科学性; 模糊综合评价法更

加适于具有模糊特性的公路项目投资风险的评价。但模糊评价方法中隶属度的确定仍然受到较强的主观因素影响, 所以在加强客观评价方面还需改进。

参考文献:

[1] 蒋先玲. 项目融资[M]. 北京: 中国金融出版社, 2001.
[2] 张 星, 孙建军, 李 胜. BOT 项目风险的模糊评价[J]. 上海经济研究, 2004, 10(10): 69-73.
[3] 李士勇. 工程模糊数学及应用[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2004.
[4] 姚 敏, 张 森. 模糊一致矩阵及其在决策中的分析中的应用[J]. 系统工程理论与实践, 1998, 18(5): 78-81.
[5] 张吉军. 模糊一致矩阵三种排序方法的比较研究[J]. 系统工程与电子技术, 2003, 25(11): 1370-1372.
[6] 陈引社. 提高道路运输市场集中度设想[J]. 长安大学学报: 社会科学版, 2003, 5(3): 17-21.
[7] 段树乔. 电力企业安全管理变权综合评价方法[J]. 数学实践与认识, 2003, 33(8): 17-22.