

文章编号:1001-4098(2016)12-0153-06

城市轨道交通项目融资风险动态评价*

刘维庆, 邓少波, 项志芬

(石家庄铁道大学 经济管理学院, 河北 石家庄 050043)

摘 要:项目融资在解决城市轨道交通建设所需资金问题的同时也面临高风险,为减少和避免投资者的损失,应对城市轨道交通项目融资风险进行准确客观的评价。本文对城市轨道交通项目融资过程中各阶段的风险因素进行识别,基于可拓理论,建立城市轨道交通项目融资风险评价模型,通过关联度的计算结果确定风险等级,进而反映各阶段风险因素的动态变化。结合案例分析,提出相应的风险管理措施。

关键词:城市轨道交通;项目融资;风险评价;可拓集合;ANP

中图分类号:U121 **文献标识码:**A

项目融资的引入有效的解决了城市轨道交通建设的资金问题,但城市轨道交通项目融资的风险程度远高于传统融资,因此对其进行风险评价并有效管理就极为重要。

有关城市轨道交通项目融资风险的研究以定性为基础,关于其风险分类呈现出多样化的特点。对风险定量评价的研究也取得了一定的成果:唐文彬^[1]、Zhang 和 Zou^[2]利用模糊层次分析法对地铁工程投融资风险、合作投资环境风险进行评价。Ebrahimnejad 等^[3]认为发展中国家的项目对国家依赖程度高所以其复杂性尤其高,并通过模糊集和理想解贴近度法对 BOT 项目中的风险进行评价。有些学者注意到风险因素随时间变化而变化的特点,并进行了研究。范小军^[4]、王雪青^[5]等从项目融资的阶段性的考虑,根据模糊理论以动态的角度对融资风险定量评价。屈哲^[6]、张曼^[7]等对大型基础设施项目融资风险引入 B_i 指标判断风险大小。可见,已经开展了关于融资风险动态评价的研究,但没有达成统一的共识,而且以上评价方法都具有一定的局限性,如层次分析法权重主观性较强,模糊综合评价容易忽略次要因素,灰色关联度计算公式不满足无量纲化处理的保序效应。

鉴于此,考虑风险在项目生命周期不同阶段的变化,随项目进展进行评价,反映风险的动态变化。本文采用可

拓评价法,根据指标互相影响的特点,用网络层次分析法确定权重,由关联函数计算关联度,以此确定待评风险的动态变化,并通过实例验证该方法的可行性。

1 城市轨道交通项目融资风险识别

近年来,国内外学者关于城市轨道交通项目融资风险划分的研究趋于成熟。元霞等^[8]对我国 16 个失败典型 PPP 项目总结并根据风险表现形式得出 13 个主要风险因素;聂凌毅^[9]按照风险水平程度将城市轨道交通 PPP 项目风险划分为宏观、中观和微观三个层面;邓小鹏^[10]、刘继才^[11]则通过问卷调查的方式获得我国 PPP 项目的关键风险因素。

为了更加客观全面分析影响项目成败的风险因素,本文在现有项目融资风险研究成果的基础上,以动态的思维,从风险在项目生命周期的不同阶段表现出不同形式这一特征出发,按照前期阶段、建设阶段、运营阶段三个阶段,从投资方的角度识别风险因素,为融资风险动态评价提供条件。风险识别结果见表 1。

以上识别结果通过查阅相关文献^[13]、文献^[14]、文献^[15]等方式得到,从三个阶段将影响城市轨道交通项目融资的风险因素进行列举和分类。

* 收稿日期:2015-08-01;修订日期:2016-01-27

基金项目:教育部人文社会科学研究规划项目(11YJA630066);河北省社科基金资助项目(HB15GL033)

作者简介:刘维庆(1963-),男,山西平遥人,教授,研究方向:工程管理,风险管理;邓少波(1991-),男,湖北钟祥人,石家庄铁道大学研究生,研究方向:工程管理,风险管理;项志芬(1971-),女,河北赵县人,副教授,博士,研究方向:项目管理,项目融资。

表1 城市轨道交通项目融资风险识别结果

风险类别	风险细分	前期阶段	建设阶段	运营阶段
政治风险	项目审批延误风险	√		
	政府干预	√	√	√
	政府信用风险		√	√
	城市轨道交通产业结构调整	√	√	√
法律风险	法律变更	√	√	√
	法律完善性	√	√	√
	行业规定变化			√
	城市轨道交通收费政策变化			√
金融风险	通货膨胀	√	√	√
	利率风险	√	√	√
	汇率风险	√	√	√
	金融市场不健全	√		
建设风险	土地拆迁风险		√	
	合同风险		√	
	完工风险		√	
	安全风险		√	
运营风险	市场客流量风险			√
	运营管理风险			√
	基础设施建设配套风险			√
	设备维护风险			√
技术风险	设计不足	√	√	
	设计变更		√	
	施工技术风险		√	
	运营技术风险			√

注：表格中√表示对应的阶段存在该风险因素。

2 城市轨道交通项目融资风险评价模型

2.1 可拓学基本原理

可拓学是1983年由蔡文等创立的一门横断学科,旨在研究事物拓展的可能性,用来解决现实中的矛盾问题^[16]。可拓学主要以基元理论、可拓集合理理论和可拓逻辑三大支柱构成可拓理论的框架,其中基元理论由物元、事元和关系元组成,是可拓学的逻辑细胞^[17]。在解决矛盾问题时,经典数学模型只考虑数量关系和空间形式,而现实案例发现可以利用“变换拓展”的思维找到解决问题的方法,定量的表述量变和质变的过程^[18]。目前,可拓评价已经广泛的应用于安全评价^[19]、风险测度^[20]、方案评

价^[21]等领域。

2.2 可拓学应用于城市轨道交通项目融资风险动态评价的可行性分析

现有风险评价的方法,如层次分析法、模糊评判法等,大都未考虑到客观事物之间的依存与关联性,而且从定性转化为定量的过程不够理想,具有较强的主观性。可拓评价法不仅采用大量原始数据对定量指标进行计算,克服以往评价方法定量转化时缺乏精确性的缺点,而且经典域与节域的确定采用定性分析,最后通过关联函数的计算将定性定量较好的结合。

其次,风险评价是一个多目标非线性规划问题,采用一般数学模型很难建立满意的评价模型,可拓学可以较好

地适用于复杂系统, 该模型兼顾数量关系与事物本身的同时, 将待评价事物的质与量的转变过程充分体现出来, 在评价中反映风险的动态性。风险评价需要确定待评对象的风险大小, “大”与“小”两者具有本质的差别但却不存在绝对的界线, 在可拓评价中, 风险大小的界定与风险标准的等级制定紧密相关, 关联函数作为待评对象与风险标准之间的桥梁, 不但可以根据隶属度原则确定代评对象的等级, 还可以用数值精确的表示出待评对象与风险标准的关联度。

2.3 城市轨道交通项目融资风险评价模型

(1) 融资风险指标集的建立

城市轨道交通项目融资三个阶段风险可用风险指标集 $U^t = \{U_1^t, U_2^t, \dots, U_m^t\} (t = 1, 2, 3)$ 表示, 其中每个风险指标子集 U_i^t 又包括 n_i 个风险指标, 即 $U_i^t = \{u_{i1}^t, u_{i2}^t, \dots, u_{in_i}^t\} (i = 1, 2, \dots, m)$, 应满足 $n = n_1 + n_2 + \dots + n_m, U_h^t \cap U_l^t = \varnothing (h \neq l)$, 将风险等级 j 划分为 y 级。

(2) 评估指标权重的确定

针对指标间的互相影响状况, 本文采用网络层次分析法 (ANP) 确定指标的权重, 并借助 Super Decision 软件实现指标权重系数的计算^[22]。在项目不同阶段, 风险指标权重也会发生变化。

(3) 对阶段风险指标子集进行评价

① 经典域确定

$$\begin{aligned} R_{0j} &= (N_{0j}, c_i, v_{0ji}) \\ &= \begin{bmatrix} N_{0j} & c_1 & v_{0j1} \\ & c_2 & v_{0j2} \\ & \dots & \dots \\ & c_n & v_{0jn} \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} N_{0j} & c_1 & \langle a_{0j1}, b_{0j1} \rangle \\ & c_2 & \langle a_{0j2}, b_{0j2} \rangle \\ & \dots & \dots \\ & c_n & \langle a_{0jn}, b_{0jn} \rangle \end{bmatrix} \end{aligned}$$

式中, R_{0j} 是第 $j (j = 1, 2, \dots, y)$ 级城市轨道交通项目融资风险评价的物元评价模型, c_i 是城市轨道交通项目融资评价指标, v_{0ji} 是风险等级为 j 时, 对应的 c_i 取值范围。

② 节域的确定

$$\begin{aligned} R_p &= (N_p, c_i, v_{pi}) \\ &= \begin{bmatrix} N_p & c_1 & v_{p1} \\ & c_2 & v_{p2} \\ & \dots & \dots \\ & c_n & v_{pn} \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} N_p & c_1 & \langle a_{p1}, b_{p1} \rangle \\ & c_2 & \langle a_{p2}, b_{p2} \rangle \\ & \dots & \dots \\ & c_n & \langle a_{pn}, b_{pn} \rangle \end{bmatrix} \end{aligned}$$

式中, N_p 为城市轨道交通项目融资风险评级等级的全体, v_{pi} 为指标 c_i 的取值范围, 即为 N_p 的节域。

③ 确定待评物元

$$R = (P, c_i, v_i) = \begin{bmatrix} P & c_1 & v_1 \\ & c_2 & v_2 \\ & \dots & \dots \\ & c_n & v_n \end{bmatrix}$$

其中, P 为待评城市轨道交通项目融资对象, v_i 为评价指标 c_i 的量值, 即待评对象的实际数值。

④ 确定评价指标的关联函数

城市轨道交通项目融资风险评价指标 c_i 属于第 j 个等级的关联函数为:

$$K_j(v_i) = \begin{cases} \frac{-\rho(v_i, v_{0ji})}{|v_{0ji}|}, & v_i \in v_{0ji} \\ \frac{\rho(v_i, v_{0ji})}{\rho(v_i, v_{pi}) - \rho(v_i, v_{0ji})}, & v_i \notin v_{0ji} \end{cases} \quad (1)$$

式中

$$\rho(v_i, v_{0ji}) = \left| v_i - \frac{(a_{0ji} + b_{0ji})}{2} \right| - \frac{(b_{0ji} - a_{0ji})}{2} \quad (2)$$

$$\rho(v_i, v_{pi}) = \left| v_i - \frac{(a_{pi} + b_{pi})}{2} \right| - \frac{(b_{pi} - a_{pi})}{2} \quad (3)$$

⑤ 计算关联度及评定风险等级

城市轨道交通项目融资风险待评对象 P 关于等级 j 的关联度为:

$$K_j(P) = \sum_{k=1}^n \omega_k K_j(v_k) \quad (4)$$

式中, ω_k 表示每个城市轨道交通项目融资风险指标的权重系数。若:

$$K_{j0} = \max\{K_j(P), j = 1, 2, \dots, m\} \quad (5)$$

根据得分级, 可以评级 P 属于等级 j 。

通过各级指标关联度的计算结果确定风险大小、所属风险等级, 根据风险因素在不同阶段的发展变化情况, 进而提出相应的风险管理对策。

3 案例分析

以地铁 M 号线为例, 该项目采用 PPP 模式投资建设后运营, 总投资约 153 亿, 由三家公司成立公私合营公司, 其中, A 公司出资 2%, B 和 C 公司各出资 49%。地铁 M 号线历经前期阶段 (2003~2006 年), 建设阶段 (2006~2010 年), 运营阶段 (2009 年至今)。现以项目建设阶段为例分析, 前期阶段和运营阶段类似。

3.1 建设阶段指标权重确定

① 构造 ANP 模型。根据上述城市轨道交通项目融资风险识别结果, 通过头脑风暴法得到各元素组以及元素之间的关系, 建立网络层次结构模型, 如图 1 所示。

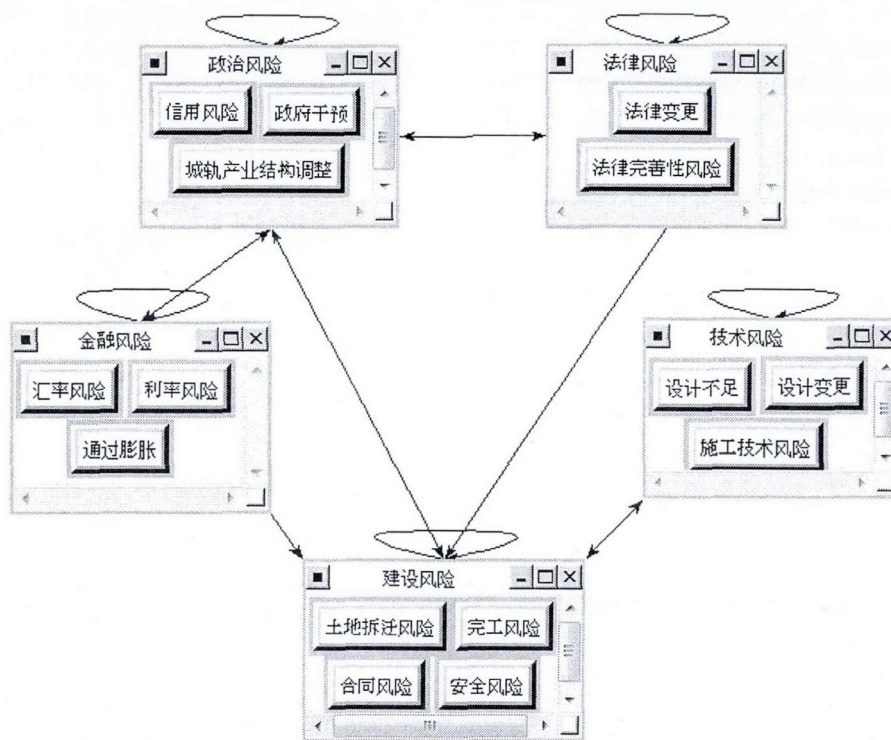


图1 地铁M号线建设阶段融资风险评价 ANP 结构模型

② ANP 模型计算权重。本文采用专家打分法构造判断矩阵,采用 Super Decision 软件得到地铁 M 号线融资风险权重系数。

3.2 建设阶段可拓评价

根据可拓评价方法,确定经典物元矩阵和节域矩阵、

确定待评物元、计算关联度函数值,得到建设阶段融资风险评价一级指标关联度,见表 2。

从表 2 可以看出,该阶段建设、技术风险较大。

表 2 地铁 M 号线建设阶段融资风险评价一级指标关联度

一级指标	I 级	II 级	III 级	IV 级	max
政治风险	-0.1080	0.0563	-0.0418	-0.1471	0.0563
法律风险	-0.0300	0.0153	-0.0111	-0.0404	0.0153
金融风险	-0.0020	0.0006	-0.0005	-0.0025	0.0006
建设风险	-0.2989	-0.1829	0.1344	-0.0953	0.1344
技术风险	-0.0025	-0.0003	0.00001	-0.0026	0.00001

3.3 前期阶段及运营阶段可拓评价

同理,可得出前期阶段及运营阶段融资风险评价一级指标关联度,见表 3、表 4。

从表 3 可以看出,该阶段金融、技术风险较大。

从表 4 可以看出,该阶段金融、运营风险较大。

表 3 地铁 M 号线前期阶段融资风险评价一级指标关联度

一级指标	I 级	II 级	III 级	IV 级	max
政治风险	-0.1210	0.0759	-0.0531	-0.1724	0.0759
法律风险	-0.0724	0.0511	-0.0355	-0.1060	0.0511
金融风险	-0.0875	-0.0078	0.0138	-0.0793	0.0138
技术风险	-0.0389	-0.0062	0.0071	-0.0332	0.0071

表 4 地铁 M 号线运营阶段融资风险评价一级指标评关联度

一级指标	I 级	II 级	III 级	IV 级	max
政治风险	-0.0300	0.0266	-0.0159	-0.0454	0.0266
法律风险	-0.0672	0.0232	-0.0148	-0.0823	0.0232
金融风险	-0.0853	-0.0124	0.0203	-0.0727	0.0203
运营风险	-0.1807	-0.0450	0.0563	-0.1244	0.0563
技术风险	-0.0135	0.0089	-0.0064	-0.0195	0.0089

3.4 评价结果

利用式(4)可以得出建设阶段风险的关联度, $K_1^2(P) = -0.1999$, $K_2^2(P) = -0.0752$, $K_3^2(P) = 0.0551$, $K_4^2(P) = -0.1071$, 风险等级为 III 级。同理, 前期阶段风险的关联度为 $K_1^1(P) = -0.0925$, $K_2^1(P) = 0.0413$, $K_3^1(P) = -0.0266$, $K_4^1(P) = -0.1194$, 风险等级为 II 级; 运营阶段风险的关联度为 $K_1^3(P) = -0.1123$, $K_2^3(P) = -0.0135$, $K_3^3(P) = 0.0230$, $K_4^3(P) = -0.0910$, 风险等级为 III 级。

由计算结果可以看出, 同一风险因素在不同阶段的大小有所不同, 随项目进展发生动态变化。如技术风险在前期和建设阶段较大, 运营阶段风险逐渐减少; 金融风险前期阶段风险较大, 建设阶段减少, 运营阶段又逐渐增大。

4 结语

①本文将可拓学方法应用于城市轨道交通项目融资风险动态评价, 建立了基于 ANP 的可拓学评价模型, 该方法可以实现城市轨道交通项目融资全过程的风险评价, 客观评价不同阶段的风险状况。

②项目投资者可以根据动态风险评价结果, 针对风险评价中较大风险因素制定对应的风险管理措施。例如金融风险存在项目每个阶段, 可由私人部门承担, 公共部门提供担保, 同时在合同中附带价格费用条款; 建设阶段最突出的是完工风险, 应选择信誉良好、技术可靠地承包商承担设计和施工, 并在合同中规定违约赔偿金额; 运营阶段最大的市场客流量风险, 对此项目前期要做好充分的市场调研工作, 另外在合同中也需确定好定价策略。

③实际应用时, 应根据项目特点, 充分考虑环境因素, 细化风险评价指标, 进行多级评价, 提出相应风险管理应对策略。

参考文献:

- [1] 唐文斌. 城市轨道交通投融资风险评价方法[J]. 系统工程, 2011, 29(1): 117~122.
- [2] Zhang G M, Zou P X W. Fuzzy analytical hierarchy process risk assessment approach for joint venture construction projects in China[J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2007, 133(10): 771~779.
- [3] Ebrahimnejad S, Mousavi S M, Seyrafiandpour H. Risk identification and assessment for built operate transfer projects: A fuzzy multi attribute decision making model[J]. Expert Systems with Application, 2010, 37: 575~586.
- [4] 范小军. 大型基础项目融资风险的动态模糊评价[J]. 上海交通大学学报, 2004, 38(3): 450~454.
- [5] 王雪青. 高速公路项目融资风险的动态灰色模糊评价[J]. 重庆建筑大学学报, 2008, 30(5): 81~85.
- [6] 屈哲. 项目融资风险评估——引入动态分析的定量评估[J]. 辽宁师范大学学报, 2003, 26(1): 97~99.
- [7] 张曼. 大型项目融资风险动态管理方法[J]. 系统工程理论方法应用, 2004, 13(1).
- [8] 亓霞, 柯永建, 王守清. 基于案例的中国 PPP 项目的主要风险因素分析[J]. 中国软科学, 2009, 5: 107~

- 113.
- [9] 聂凌毅,邓隆添.公私合作模式下城市轨道交通项目风险识别研究[J].铁路工程造价管理,2010,9:27~30.
- [10] 邓小鹏,李启明,熊伟.城市基础设施建设 PPP 项目的关键风险研究[J].现代管理科学,2009,(12):55~59.
- [11] 刘继才,王颖林.我国 PPP 项目关键风险实证研究[J].生产力研究,2012,4:93~96.
- [12] 冯柯,王守清,伍迪.基于案例的中国 PPP 项目特许权协议动态调节措施的研究[J].工程管理学报,2015,3:88~93.
- [13] 董留群.论高速公路全生命周期风险的识别[J].项目管理技术,2008,6:37~41.
- [14] 严杰,白思俊.基础设施 ABS 项目融资模式风险评价研究[J].项目管理技术,2012,4:33~37.
- [15] 周光国,江春霞.交通基础设施 PPP 项目失败因素分析[J].技术经济与管理研究,2015,(11):8~13.
- [16] 蔡文,杨春燕.一门新的交叉学科——可拓学[J].中国科学基金,2004,(5):268~272.
- [17] 蔡文,杨春燕.可拓学的基础理论与方法体系[J].中国科学,2013,(13):1190~1199.
- [18] 杨春燕,蔡文.可拓集中关联函数的研究进展[J].广东工业大学学报,2012,(2).
- [19] 潘科.多级可拓评价方法在地铁运营安全评价中的应用[J].铁道学报,2011,(5).
- [20] 李晓峰.基于物元与可拓集合理论的企业技术创新综合风险测度模型[J].中国管理科学,2011,19(3):103~109.
- [21] 钱琴珍.多级可拓综合评价法在绿色建筑评价中的应用[J].工程管理学报,2014,28(2):11~16.
- [22] 陈可嘉.逆向物流服务供应商选择的 ANP 方法及 Super Decisions 的软件实现[J].福州大学学报,2012,40(1):31~37.

The Dynamic Evaluation of Urban Rail Transit Project Financing Risk

LIU Wei-qing, DENG Shao-bo, XU Zhi-fen

(School of Economics and Management, Shijiazhuang Tiedao University, Shijiazhuang 050043, China)

Abstract: Project financing in solving urban rail transit development facing money problems at the same time also faces high risks, in order to reduce and avoid the loss of investors, we should make accurate and objective evaluation for the urban rail transit project financing risk. This paper based on extension theory, from the dynamic perspective of urban rail transit project financing risk establishes a dynamic evaluation model which considers all phases in the process of urban rail transit project financing risk factors, and reflect the status and influence degree of various kinds of risk factors.

Key words: Urban Rail Transit; Project Financing; Risk Assessment; Extension Set; ANP