

基于模糊可拓的公路基础设施 PPP 项目 融资风险评价

李卓懋, 胡庆国, 袁宁

(长沙理工大学 交通运输工程学院, 湖南 长沙 410004)

摘要: 针对中国公路基础设施建设中政府和社会资本合作(Public-Private Partnership, PPP)项目的融资风险问题, 将 PPP 项目融资风险分为政策、经济、项目、信用及不可抗力五类; 为解决评价指标间的模糊性和不相容问题, 增强公路基础设施项目融资风险评价的科学性和合理性, 采用模糊可拓理论建立公路基础设施 PPP 项目融资风险评价模型, 并用于工程实例评价。

关键词: 工程管理; 公路基础设施; 政府和社会资本合作(PPP)项目; 融资风险; 模糊可拓

中图分类号: U415.11

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2018)02-0178-05

随着“十三五”规划的实行, 中国国民经济进一步发展, 对于公路基础设施建设的需求增大, 公路等基础设施建设面临任务繁重、资金压力大等难题。政府和社会资本合作(Public-Private Partnership, PPP)模式的引入, 有效解决了国家财政紧缺、建设管理效率过低等问题, 增强了社会资本对于公共产品的投资信心。但也引发了一系列问题, 其中融资风险认识不足尤为突出, 一些地方政府将 PPP 简单化作为政府的投融资手段, 只注重 PPP 融资实务, 而对融资过程中出现的风险视而不见, 往往风险发生后才采取补救措施, 造成社会、经济损失。

在公路项目 PPP 融资风险定量分析方面, 周群将高速公路 PPP 项目投资方的主要风险归为政策法律风险、经济风险、建设风险和运营风险; Bing L. 等根据 PPP 项目内外部环境的区别, 将 PPP 项目风险分为宏观、中观和微观 3 个层面, 并把宏观层面的风险归结为外生风险、中观层面和微观层面的风险归结为内生风险。在风险应对方面, 查勇等提出了在公共事业领域推行 PPP 项目的相关措施; 王伟等结合辽宁基础设施 PPP 融资模式现状, 总结了风险控制建议; 朱寅针对 PPP 基础设施项目融资风险, 提出了对政府公共部门的建议。目前关于公路基础设施 PPP 项目融资风险的研究主要集中于定性分析方面。为研究中国公路基础设施 PPP 融资风险问题, 稳定发挥公私双方作用, 提高公路项目管理能力, 该文结合工程实际调研及问卷调查, 分析公路基础设施 PPP 融资风险指标, 引入模糊可拓理论建立公路基础设施 PPP 融资风险评价模型, 结合实

际算例对融资风险进行定量评价。

1 融资风险评价指标体系

通过工程实际调研及专家问卷调查, 参考现有研究成果, 中国公路基础设施 PPP 项目建设中主要存在五类融资风险。

(1) 政策风险。1) 法律变更风险, 即政府法律变动与更改对 PPP 项目融资产生的风险。2) 政策风险。国内外政治环境发生变化或政府政策作出重大调整会对项目经济效益和投资安全产生严重影响, 导致双方合作不稳定的风险。

(2) 经济风险。1) 利率、汇率波动。项目经营过程中, 由于利率、汇率变动直接或间接地造成国内项目价值降低或收益受到损失而带来的风险。2) 通货膨胀。通货膨胀是经济发展中很难避免的, 物价指数上涨会引起建设成本升高, 物价指数超过一定界限时, 项目初步概算会提高, 由此影响对 PPP 项目的融资。

(3) 项目风险。1) 开发风险。为项目决策阶段所面临的风险, 如各类咨询费、调研费、可行性研究费和投标费用都相当高, 不中标会导致较大损失。2) 技术风险。由于技术不过关或对新技术运用不成熟, 可能对项目试生产阶段和生产运营阶段产生影响。3) 材料供应风险。由于政府管制或材料缺乏导致材料供应不足或不及时, 会对项目试生产阶段和生产运营阶段产生影响。4) 成本超支风险。在项目施工过程中, 项目不能按照预定计划建设投产, 使项目建设成本增加造成的风险。5) 工期延误

风险。项目建设期中,由于某种原因导致工期延误,使项目建设成本增加造成的风险。6) 运营风险。投产运营阶段存在的各类风险如公路运营人员、安全、养护管理风险等在特许经营期内会给社会资本方造成经济损失,影响社会资本方对 PPP 项目融资的积极性,也称为生产风险。

(4) 信用风险。1) 参与方信用风险。项目参与方不能履行商定的责任和义务而产生的风险。2) 债务偿还风险。项目参与方不能履行偿还合同约定的债务而产生的风险。

(5) 不可抗力风险。项目参与方因不可抗力等造成损失的风险,如战争、瘟疫、自然灾害等。

基于上述五类风险,建立图 1 所示 PPP 项目融资风险评估体系。

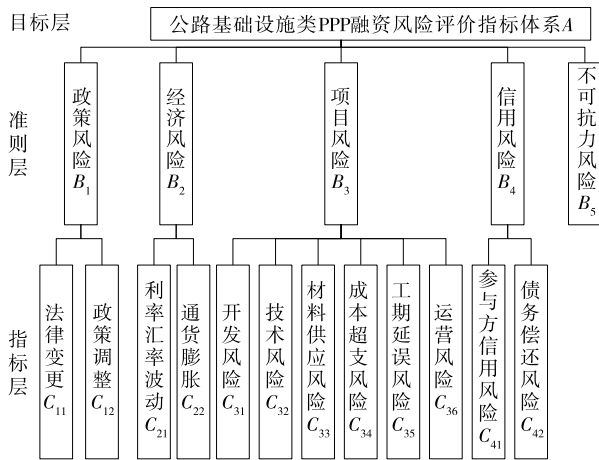


图 1 公路基础设施类 PPP 融资风险评价指标体系

2 模糊可拓风险评价模型

模糊可拓分析把模糊数学和物元分析有机结合在一起,融化提炼,对事物特征相应的量值所具有的模糊性和影响事物因素间的不相容性进行分析、评价、综合,解决模糊不相容问题。

(1) 确定经典域和节域。设 Q 表示物元, C 为公路基础设施 PPP 融资风险评价指标, $C = (c_1, c_2, \dots, c_n)$, 其中 n 为评价指标数。假定公路基础设施 PPP 融资风险有 m 个等级, 则评价等级域 $U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$ 。经典域 Q_j 为:

$$Q_j(U, C, v_j) = \begin{bmatrix} u_j & c_1 & v_{j1} \\ & c_2 & v_{j2} \\ & \dots & \dots \\ & c_n & v_{jn} \end{bmatrix} =$$

$$\begin{bmatrix} u_j & c_1 & [a_{j1}, b_{j1}] \\ & c_2 & [a_{j2}, b_{j2}] \\ & \dots & \dots \\ & c_n & [a_{jn}, b_{jn}] \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中: u_j 为第 j 个评价等级; j 为评价等级数, $j = 1, 2, \dots, m$; c_i 为第 i 个评价指标; i 为评价指标数, $i = 1, 2, \dots, n$; v_{ji} 为 u_j 关于 c_i 的取值范围, 即经典域, 且 $v_{ji} = [a_{ji}, b_{ji}]$ 。

节域 Q_U 为:

$$Q_U(U, C, v_U) = \begin{bmatrix} U & c_1 & v_{U1} \\ & c_2 & v_{U2} \\ & \dots & \dots \\ & c_n & v_{Un} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} U & c_1 & [a_{U1}, b_{U1}] \\ & c_2 & [a_{U2}, b_{U2}] \\ & \dots & \dots \\ & c_n & [a_{Un}, b_{Un}] \end{bmatrix} \quad (2)$$

式中: v_{Ui} 为 c_i 在 U 条件下的取值范围, 即 U 的节域 $[a_{Ui}, b_{Ui}]$ 。

(2) 确定待评物元。待评物元为:

$$Q(R, C, V) = \begin{bmatrix} U & c_1 & v_1 \\ & c_2 & v_2 \\ & \dots & \dots \\ & c_n & v_n \end{bmatrix} \quad (3)$$

式中: R 为待评事物; v_i 为评价指标 c_i 的值。

(3) 关联度计算。第 i 个评价指标关于第 j 个评价等级的关联度 $K_j(v_i)$ 为:

$$K_j(v_i) = \begin{cases} \frac{-\rho(v_i, x_{ji})}{|x_{ji}|} & (v_i \in x_{ji}) \\ \frac{\rho(v_i, x_{ji})}{\rho(v_i, x_{Ui}) - \rho(v_i, x_{ji})} & (v_i \notin x_{ji}) \end{cases} \quad (4)$$

式中: $\rho(v_i, x_{ji})$ 为评价指标值 v_i 与经典域之间的距, 按式(5)计算; $\rho(v_i, x_{Ui})$ 为评价指标值 v_i 与节域之间的距, 按式(6)计算; $|x_{ji}|$ 按式(7)计算。

$$\rho(v_i, x_{ji}) = \left| v_i - \frac{1}{2}(a_{ji} + b_{ji}) \right| - \frac{1}{2}(b_{ji} - a_{ji}) \quad (5)$$

$$\rho(v_i, x_{Ui}) = \left| v_i - \frac{1}{2}(a_{Ui} + b_{Ui}) \right| - \frac{1}{2}(b_{Ui} - a_{Ui}) \quad (6)$$

$$|x_{ji}| = |b_{ji} - a_{ji}| \quad (7)$$

(4) 基于层次分析法(AHP)的评价指标赋权。

在公路设施 PPP 融资风险评价时,各评价指标的权重直接影响评价结果的准确性及合理性。AHP 法是确定评价指标权重的常用方法。设有 s 个专家,假定某专家的判断矩阵 $A = (a_{ij})_{s \times s}$,其中 a_{ij} 表示第 i 个指标对第 j 个指标的影响程度,则根据 AHP 法的计算过程可求得评价指标的权重 $W = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_s)^T$ 。

(5) 确定待评价物元关于等级 j 的关联度和等级。待评价物元 R_{ij} 关于等级 j 的关联度按式(8)计算,若 $K_j = \max K_j(R_{ij})$,则评价物元 R_{ij} 属于等级 j ,得到指标层各二级指标的评价等级。

$$K_j(R_{ij}) = \sum_{i=1}^n \omega_i K_j(v_i) \quad (8)$$

式中: ω_i 为评价指标 i 的权重,且 $\sum_{i=1}^n \omega_i = 1$ 。

(6) 可拓综合评价模型。根据指标层各二级指标关于各评价等级的关联度,按式(9)建立第 h 个一级指标下二级指标的关联度矩阵 K_{hl} ,进而得到式(10)所示可拓综合评价模型。设 $R_h = (R_{h1}, R_{h2}, \dots, R_{hm})$,得到 R_h 关于各评价等级的关联度,根据式(11)可得到一级评价指标 R_h 的评价等级。

$$K_{hl} = \begin{bmatrix} K_1(R_{h1}) & K_2(R_{h1}) & \dots & K_m(R_{h1}) \\ K_1(R_{h2}) & K_2(R_{h2}) & \dots & K_m(R_{h2}) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ K_1(R_{hl}) & K_2(R_{hl}) & \dots & K_m(R_{hl}) \end{bmatrix} \quad (9)$$

式中: l 为第 h 个一级指标下二级指标的个数。

$$R_h = W_{hl} \times K_{hl} = (\omega_{h1}, \omega_{h2}, \dots, \omega_{hl}) \times \begin{bmatrix} K_1(R_{h1}) & K_2(R_{h1}) & \dots & K_m(R_{h1}) \\ K_1(R_{h2}) & K_2(R_{h2}) & \dots & K_m(R_{h2}) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ K_1(R_{hl}) & K_2(R_{hl}) & \dots & K_m(R_{hl}) \end{bmatrix} \quad (10)$$

式中: W_{hl} 为各二级评价指标的权重, $W_{hl} = (\omega_{h1}, \omega_{h2}, \dots, \omega_{hl})$

$$K(R_h) = \max_{j \in 1, 2, \dots, m} (R_{ij}) \quad (11)$$

3 实证分析

3.1 项目概况

A 高速公路是广西高速公路网布局中“横四”与“纵三”的重要组成部分。主线路全长 87.54 km,限速 100 km/h,总投资预算约为人民币 45.53 亿元,其中项目资本金总金额为 113 826 万元(占概算总金额的 25%),项目公司银行贷款为 341 480 万元(占概算总金额的 75%)。由政府方和社会资本方 B 公司签订融资协议,共同出资组建 A 高速公路有限公司,初始注册资本为 31 250 万元,其中政府方出资 6 250 万元,社会资本方出资 25 000 万元,分别占注册资金总金额的 20% 和 80%。项目公司成立后,双方按协议约定分期对公司增资,增资完成后项目公司注册资本金达到 113 826 万元,其中政府方出资 22 765 万元,社会资本方出资 91 061 万元,分别占注册资金总额的 20% 和 80%。

3.2 融资风险评价

针对 A 高速公路的融资风险,采用上述模糊可拓模型进行评价。

(1) 经典域、节域和指标值的确定。通过专家评估确定该项目融资风险评价经典域和节域 $[a_{U_i}, b_{U_i}]$ 。评价等级域 $U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\} = \{\text{优, 良, 中, 合格, 不合格}\}$ 。设评价等级取值范围为 0~1,5 个等级的记分标准分别为优 0.7~1、良 0.5~0.7、中 0.3~0.5、合格 0.1~0.3、不合格 0~0.1。应用德尔菲法对评价指标赋值,结果见表 1。

(2) 关联度计算。根据式(4)~(7)确定该项目融资风险评价指标间的关联度,结果见表 2。

(3) 应用 AHP 法确定评价指标的权重。确定该项目融资风险评价指标的权重,邀请相关专家结合评估标准进行评分,其中目标层判断矩阵见表 3。将该判断矩阵的元素按列相加,并作归一化处理。

表 1 某 PPP 项目融资风险评价指标的经典域、节域和指标值

准则层	指标层	各等级记分标准					$[a_{U_i}, b_{U_i}]$	指标值
		优	良	中	合格	不合格		
B_1	C_{11}	(0.7, 1)	(0.5, 0.7)	(0.3, 0.5)	(0.1, 0.3)	(0, 0.1)	(0, 1)	0.67
	C_{12}	(0.7, 1)	(0.5, 0.7)	(0.3, 0.5)	(0.1, 0.3)	(0, 0.1)	(0, 1)	0.62
B_2	C_{21}	(0.7, 1)	(0.5, 0.7)	(0.3, 0.5)	(0.1, 0.3)	(0, 0.1)	(0, 1)	0.67
	C_{22}	(0.7, 1)	(0.5, 0.7)	(0.3, 0.5)	(0.1, 0.3)	(0, 0.1)	(0, 1)	0.64

续表 1

准则层	指标层	各等级记分标准					$[a_{U_i}, b_{U_i}]$	指标值
		优	良	中	合格	不合格		
B_3	C_{31}	(0.7,1)	(0.5,0.7)	(0.3,0.5)	(0.1,0.3)	(0,0.1)	(0,1)	0.58
	C_{32}	(0.7,1)	(0.5,0.7)	(0.3,0.5)	(0.1,0.3)	(0,0.1)	(0,1)	0.62
	C_{33}	(0.7,1)	(0.5,0.7)	(0.3,0.5)	(0.1,0.3)	(0,0.1)	(0,1)	0.33
	C_{34}	(0.7,1)	(0.5,0.7)	(0.3,0.5)	(0.1,0.3)	(0,0.1)	(0,1)	0.54
	C_{35}	(0.7,1)	(0.5,0.7)	(0.3,0.5)	(0.1,0.3)	(0,0.1)	(0,1)	0.66
	C_{36}	(0.7,1)	(0.5,0.7)	(0.3,0.5)	(0.1,0.3)	(0,0.1)	(0,1)	0.66
B_4	C_{41}	(0.7,1)	(0.5,0.7)	(0.3,0.5)	(0.1,0.3)	(0,0.1)	(0,1)	0.56
	C_{42}	(0.7,1)	(0.5,0.7)	(0.3,0.5)	(0.1,0.3)	(0,0.1)	(0,1)	0.60
B_5		(0.7,1)	(0.5,0.7)	(0.3,0.5)	(0.1,0.3)	(0,0.1)	(0,1)	0.47

表 2 某 PPP 项目融资风险评价指标关联度计算结果

准则层	指标层	与各等级的关联度				
		优	良	中	合格	不合格
B_1	C_{11}	-0.08	-0.15	-0.34	-0.53	-0.63
	C_{12}	-0.17	-0.40	-0.24	-0.46	-0.58
B_2	C_{21}	-0.08	-0.15	-0.34	-0.53	-0.63
	C_{22}	-0.14	-0.30	-0.28	-0.49	-0.60
B_3	C_{31}	-0.22	-0.40	-0.16	-0.40	-0.53
	C_{32}	-0.17	-0.40	-0.24	-0.46	-0.58
	C_{33}	-0.53	-0.34	-0.15	-0.08	-0.41
	C_{34}	-0.26	-0.20	-0.08	-0.34	-0.49
	C_{35}	-0.11	-0.20	-0.32	-0.51	-0.62
	C_{36}	-0.11	-0.20	-0.32	-0.51	-0.62
B_4	C_{41}	-0.24	-0.30	-0.12	-0.37	-0.51
	C_{42}	-0.20	-0.50	-0.20	-0.43	-0.56
B_5		-0.33	-0.06	-0.15	-0.27	-0.44

表 3 某 PPP 项目融资风险专家评估结果

A	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5
B_1	1	2	3	4	5
B_2	1/2	1	2	2	3
B_3	1/3	1/2	1	1/5	2
B_4	1/4	1/2	5	1	3
B_5	1/5	1/3	1/2	1/3	1

设 $r_j = \sum_{i=1}^n r_{ij}$, 则归一化后的判断矩阵元素 $r'_{ij} = r_{ij} / r_j$, 得到归一化后判断矩阵; 然后将归一化判断矩阵按行向量相加, 并作归一化处理, 得到准则层指标的权重向量 $W = (0.4097, 0.2207, 0.1035, 0.2013, 0.0647)$ 。进行一致性检验, 得 $\lambda_{\max} = 5.400$ 、 $CI = 0.10$ 、 $CR = 0.10/1.12 = 0.0892 < 0.1$, 该判断矩阵是一致性矩阵。同理可得各指标层的权重向量:

$$W_{1j} = (0.4576, 0.5424)$$

$$W_{2j} = (0.5059, 0.4941)$$

$$W_{3j} = (0.2650, 0.4106, 0.0434, 0.1110, 0, 0.0714, 0.0996)$$

$$W_{4j} = (0.6512, 0.3488)$$

(4) 综合评价。根据式(8)和式(9), 政策风险 B_1 关于评价等级的关联度 $K_1 = (w_{11}, w_{12})K_{1l} = (-0.13, -0.29, -0.29, -0.49, -0.60)$ 。同理可得各准则层关于评价等级的关联度矩阵 K_j [见式(12)]。从而得目标层 A 关于评价等级的关联度 $K = (w_1, w_2, w_3, w_4, w_5)K_j = (-0.17, -0.28, -0.25, -0.45, -0.58)$ 。根据最大关联度原则, $\max(K(R)) = -0.17$, 该项目 PPP 融资风险等级为优。根据项目实际调研情况, 该项目双方协调合作良好, 合同约定双方权利、职责明确详细, 投资资金到位及时, 应对融资风险的准备措施充足, 预防融资风险的能力优良, 与计算结果较为一致。

$$K_j = \begin{bmatrix} -0.13 & -0.29 & -0.29 & -0.49 & -0.60 \\ -0.11 & -0.22 & -0.31 & -0.51 & -0.62 \\ -0.20 & -0.34 & -0.21 & -0.42 & -0.56 \\ -0.23 & -0.37 & -0.15 & -0.39 & -0.53 \\ -0.33 & -0.06 & -0.15 & -0.27 & -0.44 \end{bmatrix} \quad (12)$$

4 结语

该文通过文献分析法及工程实践调研, 提出了政策、经济、项目、信用及不可抗力五类公路基础设施

施 PPP 项目融资风险指标,建立了 PPP 融资风险指标体系。基于层次分析法确定各指标权重,结合模糊可拓理论建立 PPP 融资风险评价模型,该模型可有效解决指标间的模糊性和不相容问题,增强公路基础设施项目融资风险评价的科学性和合理性。工程实例评价结果与现场调研结果相吻合,验证了该模型的正确性及实用性,表明该模型能为 PPP 公路项目融资提供风险预判,降低融资风险,为 PPP 公路项目融资的顺利进行提供保障。

参考文献:

[1] 周群.高速公路 PPP 项目投资方风险评价研究[J].公路与汽运,2016(2).
 [2] Bing L, Akintoye A, Edwards P J, et al. The allocation of risk in PPP/PFI construction projects in the UK[J]. International Journal of Project Management, 2005, 23(1).
 [3] 查勇,梁云凤.在公用事业领域推行 PPP 模式研究[J].中央财经大学学报,2015,35(5).
 [4] 王伟,夏秀龙,张雅博.辽宁基础设施 PPP 融资风险合理化分担研究[J].地方财政研究,2016,13(4).

[5] 朱寅.PPP 模式下基础设施项目融资风险管理[J].现代国企研究,2017(8).
 [6] 李凯风.城镇基础设施建设 PPP 融资模式风险管理研究[J].求索,2016,21(1).
 [7] 张明磊,张益东,季明,等.基于模糊可拓综合评价方法的巷道支护参数优化[J].采矿与安全工程学报,2016,33(6).
 [8] 黄飞澜.基于模糊可拓的农村公路桥梁养护质量评价[J].中外公路,2014,34(4).
 [9] 潘晓宇.基于模糊综合评价法的高速公路 PPP 项目承包商风险分析[J].公路与汽运,2017(6).
 [10] 陈纯.基于 PPP 融资模式的农村基础设施企业风险管理研究[J].企业改革与管理,2016(13).
 [11] 李妍.基于博弈论的基础设施 PPP 模式风险分担研究[J].徐州:中国矿业大学,2017.
 [12] 江春霞.公共部门视角下高速公路 PPP 项目前期决策研究[D].西安:长安大学,2017.
 [13] 蔡晓琰.收费公路 PPP 项目投资回报机制研究[D].西安:长安大学,2017.

收稿日期:2017-10-21

 (上接第 172 页)

[4] 王佩贤,刘永睿,王婷.Excel VBA 在 GPS 坐标转换计算中的应用[J].测绘科学,2012(5).
 [5] 王汉雄,乔景顺.Excel VBA 在测量数据处理中的应用[J].测绘科学,2008(2).
 [6] 杨亭,常霞,粘丹妮.卫星遥测数据处理软件 Excel VBA 实现[J].计算机测量与控制,2014,22(8).
 [7] 汪莲,左胜,邵亚会,等.公路桥梁技术状况评定标准技术问题研究[J].合肥工业大学学报:自然科学版,2015,38(11).

[8] 鲁巍巍,郭鑫.湖南省高速公路桥梁管理系统的研究与开发[J].公路与汽运,2009(3).
 [9] 陈照全,陈卫全.在用公路桥梁承载能力检测评定分析[J].公路与汽运,2015(4).
 [10] 沈海华,王银辉.基于 BIM 的桥梁养护管理应用初探[J].公路与汽运,2016(4).
 [11] 刘俊杰,李佑钢,吕振淑,等.浅谈三维 GIS 在桥梁群管理中的应用[J].公路交通科技:应用技术版,2015(5).

收稿日期:2017-12-08

 (上接第 177 页)

交通运输部.公路建设项目经济评价方法与参数[M].北京:中国计划出版社,2010.
 [3] 曹光前,石勇民.高速公路收费标准分析方法研究[J].西安公路交通大学学报,1999,19(4).
 [4] 龙涌,蒋葛夫,冯云才.高速公路收费标准制定方法探讨[J].西南交通大学学报,2001,36(4).
 [5] 胡耀龙,蓝万炼,梁小文.基于四阶段法的高速公路收费收入预测研究:以宁常、镇溧高速公路为例[J].公路与汽运,2017(6).
 [6] 董梅.我国高速公路收费政策影响因素与预测[J].农村经济与科技,2016(10).

[7] 肖润谋,闫晟煜,孟庆鹏.交通流分流模式下高速公路收费年限研究[J].公路与汽运,2012(3).
 [8] 刘新杰.计重收费高速公路收费额预测方法研究[J].道路交通安全,2008(5).
 [9] 谷桂芳.计重收费模式下高速公路通行费收入预测研究[D].西安:长安大学,2009.
 [10] 林艳宁,宋晓磊.计重收费模式下高速公路收费额预测方法研究[A].中国公路学会高速公路运营管理分会 2011 年度年会暨第十八次全国高速公路运营管理工作会议论文集[C].2011.

收稿日期:2017-07-09