

基于 Choquet 模糊积分的城市轨道交通 PPP 项目绩效评价

王建波, 刘芳梦*, 有维宝, 张 帅, 彭龙鏢

(青岛理工大学管理学院, 山东 青岛 266520)

摘要:为考察城市轨道交通 PPP 项目实施效果,从 PPP 项目全生命周期角度出发,调查分析主要利益相关者追求的绩效目标,进而根据城市轨道交通 PPP 项目特点,分阶段建立城市轨道交通 PPP 项目绩效评价体系,并以政府为主体采用 Choquet 模糊积分模型对项目进行评价,最后将模型应用到青岛市地铁 3 号线实际案例中,验证模型合理性,同时对青岛市城轨发展存在的问题提出相应建议,为城市轨道交通 PPP 项目的绩效管理提供新思路。

关键词:城市轨道交通;公私合营模式(PPP);Choquet 模糊积分;绩效评价

DOI: 10.3973/j.issn.2096-4498.2017.S2.001

中图分类号: U 45

文献标志码: A

文章编号: 2096-4498(2017)S2-0001-06

Performance Evaluation of Urban Rail Transit Public-private Partnerships (PPP) Project Based on Choquet Fuzzy Integral

WANG Jianbo, LIU Fangmeng*, YOU Weibao, ZHANG Shuai, PENG Longbiao

(School of Management, Qingdao University of Technology, Qingdao 266520, Shandong, China)

Abstract: In order to investigate the implementation effect of public-private partnerships (PPP) in urban rail transit project, the performance aim pursued by major stakeholders are investigated and analyzed from the perspective of the whole life cycle of the PPP projects. According to the characteristics of PPP in urban rail transit project, the performance evaluation system of the urban rail transit PPP project is established by stages. A Choquet fuzzy integral model is adopted to evaluate the project from the perspective of government. Finally, the model is applied to Qingdao Metro Line No. 3. The rationality of the model is verified, and some suggestions are put forward for the development of urban rail in Qingdao. The results can provide new ideas for the performance management of urban rail transit PPP projects.

Keywords: urban rail transit; public-private partnerships (PPP); Choquet fuzzy integral; performance evaluation

0 引言

在城市发展的新型格局中,城市轨道交通将带来巨大的引领作用,而其作为典型的准公共可收费物品,引入公私合营模式(简称 PPP 模式)不仅可以减轻政府的财政压力,同时还可以为社会资本提供更加多元化的盈利模式。但有的地方政府前期不进行调查研究,忽视社会投资人的实力和业绩,仅仅看重企业许诺的投资额和回报率,导致了 PPP 合作的失败。这除了项目前期物有所值评价不到位等原因外,还有一个很重要的原因在于当前的 PPP 绩效评价体系存在诸多问题,如绩效评价标准不统一、评价方法不科学、评价内容没有针对性,再者缺乏权威性的评价机构。因此,针对城市轨道交通 PPP 项目建立更加细致的绩效指

标有着极大的必要性及紧迫性。

袁竞峰等^[1-2]以 VFM 为导向,采用关键绩效指标(key performance indicators, KPI)方法,构建 PPP 项目的 KPI 概念模型,识别出了 48 个 PPP 项目绩效指标,运用结构方程模型进行评价。兰兰等^[3]构造了 PPP 的层次结构模型,并给出了权重的计算办法。孙慧等^[4]在综合考虑了 PPP 项目中各独立相关利益体的基础上,识别出了影响 PPP 项目绩效的 3 大因素以及 18 个可量化的子因素,并运用结构方程模型进行了分析。任红波^[5]通过对城市轨道交通运营绩效考核指标体系和运营绩效评估指标体系的比较,构建了城市轨道交通运营绩效考核指标体系。杜静等^[6]以财政部物有所值指引为基础构建了城市轨道交通 PPP

收稿日期: 2017-05-26; 修回日期: 2017-11-29

基金项目: 山东省自然科学基金项目(ZR2011GL021); 青岛市社科规划项目(QDSKL100403)

第一作者简介: 王建波(1963—),男,山东荣成人,1988年毕业于冶金部马鞍山矿山研究院,岩土工程专业,硕士,教授,主要从事岩土与地下工程项目管理的教学和研究工作。E-mail: wangjianbo2008@126.com。*通信作者: 刘芳梦, E-mail: 578054310@qq.com。

项目 VFM 定性评价体系,并利用专家打分法确定了指标权重。向鹏成等^[7]运用文献分析法识别出可测量 PPP 项目监管绩效的 7 个指标因素与影响 PPP 项目监管的 6 大因素及其 26 个可测量的子因素,构建了 PPP 项目监管绩效影响因素的结构方程模型。

上述研究普遍运用了较为科学的方法,对绩效指标进行了全面且细致的识别,同时也从各个角度进行了相应的评价;然而以上研究或没有具体到城市轨道交通的特性中,或没有针对城市轨道交通的全过程进行绩效指标识别与评价。本文在总结上述研究的基础上,结合城市轨道交通 PPP 项目的特点,基于利益相关者的目标定位,识别相应的绩效指标;同时从项目的全生命周期出发,建立更加灵活的阶段性绩效评价指标,并采用 Choquet 模糊积分进行评价;最后着眼于青岛市的城市轨道交通发展,对已经运营的地铁 3 号线进行评价,为仍处于起步发展阶段的青岛城市轨道交通建设提出建议,为当前城市轨道交通 PPP 项目的绩效管理提供切实可行的方法。

1 城市轨道交通 PPP 项目绩效指标分析

1.1 城市轨道交通 PPP 项目主要参与方的绩效目标

1984 年,Freeman^[8]明确提出了利益相关者管理理论,只有通过研究调查城市轨道交通 PPP 项目相关参与者所追求的利益分布,才能建立准确的绩效目标。邓小鹏等^[9]通过问卷调查方法获得关键项目目标对

三方满意度的影响权重。结合城市轨道交通的特点,识别出利益相关者绩效目标,见表 1。

表 1 利益相关者绩效目标

Table 1 Performance objectives of stakeholder

利益相关者	绩效目标
政府部门	1) 工程项目有可靠的质量; 2) 不出现安全事故; 3) 达到预算目标; 4) 解决财政的紧缺与限制; 5) 提供高质量的交通服务; 6) 项目整体风险最小
社会资本	1) 工程项目有可靠的质量; 2) 不出现安全事故; 3) 降低项目全生命周期成本; 4) 达到预算目标; 5) 项目及时甚至提前完工; 6) 提供高质量的城市轨道交通服务
公众群体	1) 工程项目有可靠的质量; 2) 交通方式的安全性、准时性; 3) 提供高质量的交通服务; 4) 提供更便捷、低廉的交通方式; 5) 交通方式选择的多样性; 6) 项目及时甚至提前完工

1.2 城市轨道交通 PPP 项目评价时段

PPP 项目绩效评价应将绩效目标,通过从项目投入、过程、结果和影响的项目逻辑流程进行系统评价,进而改进和提高项目绩效^[10]。PPP 项目过程一般可以分为 5 个阶段:项目识别阶段、项目准备阶段、项目采购阶段、项目执行阶段和项目移交阶段。每个阶段又可各自细分,如图 1 所示。

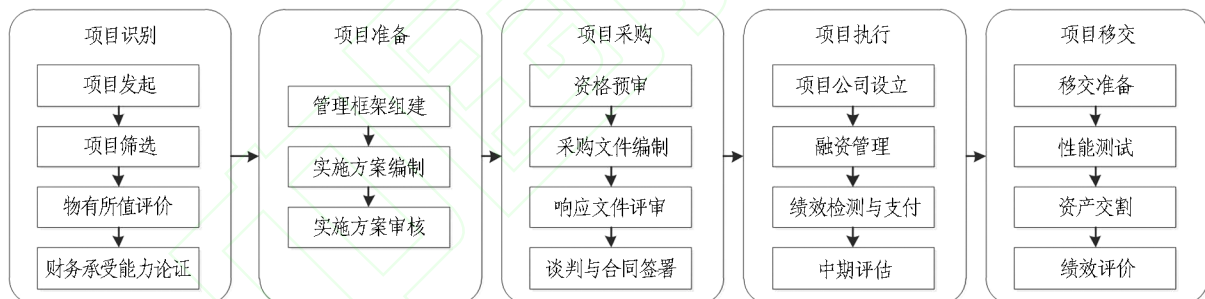


图 1 PPP 项目的一般过程

Fig. 1 General process of PPP project

基于城市轨道交通建设周期较长、涉及群众利益较为突出、对运营期间服务质量要求较高等特点,可将城市轨道交通 PPP 项目具体细分为 6 个阶段:项目立项准备阶段、招标阶段、融资谈判阶段、建设阶段、运营维护阶段和移交阶段。

1.3 城市轨道交通 PPP 项目绩效指标体系

为了体现 PPP 项目作为公共产品的本质特征,国际通用的 PPP 项目绩效考评原则包括经济性、效率性、有效性和公平性的“4E”原则,将上述 6 个阶段进行绩效指标识别如下:

1) 立项准备阶段。在此阶段主要进行的工作是可行性研究报告的编制以及项目审批文件的办理,因此要综合考虑当前的政治法律环境是否对项目的实施

有促进作用,同时放眼于目前的国内外经济环境,考虑资金时间价值、居民收入等因素带来的影响;再者要对城市的交通资源状况,如当前城市的公共交通资源覆盖率和城市的交通拥堵情况,以及社会公众的支持力度(如公众对城市轨道交通规划线路的满意程度等)进行考察;同时发起人的 PPP 项目经验也是项目能够顺利实施的影响因素之一。

2) 招标阶段。此阶段主要完成招标文件等相关准则性文件的制定工作,需要确定项目的建设工期以及相关技术方案的比选;同时还要考察参与投标的各个竞争者的实力,在确保招投标程序顺利进行的基础上,尽量提高在此过程中的竞争性;最终确保所签订合同的规范性、实用性和灵活性。

3) 融资谈判阶段。此阶段作为 PPP 模式的特有阶段,主要指项目参与方对合同相关内容进行谈判;针对城市轨道交通项目而言,政府部门与社会资本的争议点主要集中在特许权期的持续时间、政府的价格补贴机制,以及风险的分担等问题上。随着 PPP 开发模式的不断创新,很多项目公司还同时取得了轨道交通沿线土地的开发权,所以周边土地的溢价率直接影响到各个参与方的经济利益。此外,政府部门还需要在调查公众意见的基础上对相应的公交线路进行针对性的调整,以保证轨道交通的客流来源;同时双方还需完成设计融资结构、制定融资任务和目标、确定放贷方等相关工作。

4) 建设阶段。对于城市轨道交通而言,此阶段建设周期较长,影响范围较广,因此规范、有效的项目管理和可靠、先进的施工技术水平是保证项目建成的关键,同时各参与者之间良好的合作关系是项目建设过程中各方能够合理分担风险、友善且有效解决各种突发事件的前期条件。由于建设阶段不可避免会引发城市交通堵塞和环境污染等损害公众群体切身利益的相关问题,所以必须时刻关注项目建设过程中的社会环境影响评价,引导社会公众群体正确认识其带来的不利影响,努力将其对整个项目的不利影响降到最低,从而保障项目的顺利进行。

5) 运营维护阶段。运营的安全性和准时性是各参与方所共同追求的首要目标。此阶段主要通过收取可收费产品运营所得费用还款付息,同时取得相应的收益,而合理的收益分配是项目顺利运行的前提。在运行过程中,政府主要承担监管责任,对项目收益进行分红或是补贴,这是城市轨道交通能够保证大多数公众群体利益的保障。社会资本的运营管理能力是决定城市轨道交通服务质量的关键。轨道交通运营的舒适度、平稳度以及相应配套设施的完善性和合理性都直接决定公众群体对项目的满意程度,也间接决定着整个项目的财务运营水平。鉴于城市轨道交通项目的公益性,在此阶段有必要考察整个项目带来的社会环境效益,为其他项目的实施提供指导。

6) 移交阶段。此阶段主要是特许期权到期时,政府对项目的运营状况进行综合考察后,社会资本将项目技术等相关产品按照相关合同进行转移。对于城市轨道交通项目而言,完整的技术转移是政府有效经营的前提,顺利且标准化的移交程序是确保所在城市交通系统正常运营的关键,也是此阶段顺利进行的保障。同时考虑到城市轨道交通的生命周期较长、专业技术性要求较高,社会资本必须提供可靠的维修担保才能让整个城市的交通系统一直处于稳定状态。

综上所述,建立绩效评价指标如图 2 所示。

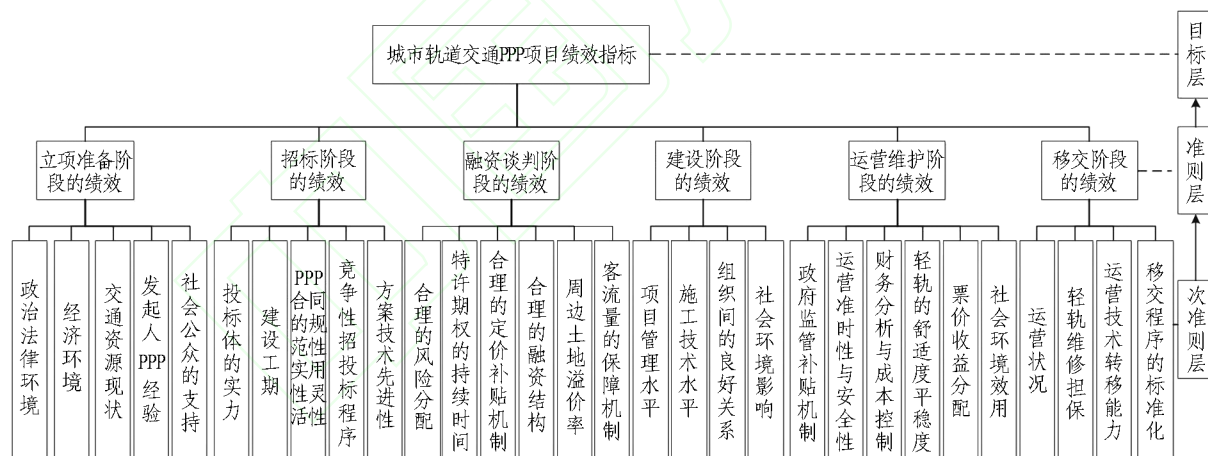


图 2 城市轨道交通 PPP 项目绩效评价指标

Fig. 2 Performance evaluation indices of urban rail transit PPP project

2 构建绩效评价模型

城市轨道交通 PPP 模式涉及团体众多,评价周期较长,在绩效评价中,各指标之间往往是非独立且相互影响的。根据以上特点,建立基于 Choquet 模糊积分的绩效评价模型。由于该方法没有假定各个指标之间的相互独立性,因而可以规避层次分析法中一致性检验的问题,同时该方法不仅考虑了各参与因素的模糊信息关联度,而且充分考虑了评价体系所涉及各参与因素的重要程度,整个评价结果受到各因素相互依赖程度的影响,因此作为一个综合的评价指标方法,比较

适用于城市轨道交通 PPP 项目的绩效评价。

2.1 模糊测度与模糊积分

L. A. Zadeh 于 1965 年首次引入了模糊集的概念,模糊数学的框架第一次被建构,模糊测度也由此诞生。模糊测度有多种具有特殊构造的类型,如必要性测度、可能性测度、信任测度、 λ 模糊测度等。本文主要应用 λ 模糊测度。基本定义如下。

定义 1: 设 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 为非空集合, G 是 X 上的模糊测度。

1) $\forall A, B \in P(X), A \cap B = \emptyset$, 若满足 $G(A \cup B) = G$

$(A) + G(B) + \lambda \cdot G(A) \cdot G(B)$, 则称 $G(A)$ 、 $G(B)$ 是分别关于属性指标集 A 、 B 的 λ 模糊测度, 即属性指标集 A 、 B 的权重^[11]。

式中 $\lambda \in (-1, \infty)$, 当 $\lambda = 0$ 时, 表示指标集之间是相互独立的, 其模糊测度具有可加性; 当 $\lambda > 0$ 时, 存在 $G(A \cup B) > G(A) + G(B)$, 表示指标集之间是互补关系; 当 $\lambda < 0$ 时, 存在 $G(A \cup B) < G(A) + G(B)$, 表示指标集之间是替代关系。以上 3 种情况完全符合现实生活中属性指标与专家偏好之间的交互作用。

2) $\forall \chi_i \in X (i = 1, 2, \dots, n)$, $G(\chi_i)$ 表示 χ_i 的模糊测度, 即为属性 χ_i 的权重,

$$G(\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_n) = \frac{1}{\lambda} \left| \prod_{i=1}^n [1 + \lambda G(\chi_i) - 1] \right|。 (1)$$

当 $G(X) = 1$ 时, 通过式(2)确定参数 λ , 且参数具有唯一性。

$$\lambda + 1 = \prod_{i=1}^n [1 + \lambda \cdot G(\chi_i)]。 (2)$$

定义 2: 设 $X = \{\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_n\}$ 是一个非空经典集合, f 为 X 的可测非负实值函数, 将 X 中的元素重新进行排列, 记为 $X^* = (\chi_1^*, \chi_2^*, \dots, \chi_n^*)$, 使得 $f(\chi_1^*) \geq f(\chi_2^*) \geq \dots \geq f(\chi_n^*)$, 则函数 f 关于 G 的 Choquet 模糊积分定义为

$$\int f d\mu = \sum_{i=1}^n [f(\chi_i^*) - f(\chi_{i-1}^*)] \cdot G(f_i)。 (3)$$

令 Choquet 模糊积分 $\int f d\mu = H$, 则 H 为模糊积分计算后的总评估值。

2.2 语意变量与正三角模糊数

定性属性指标值一般为模糊语言, 因此心理学家 G. A. Miller 经过试验证明, 建立了对于这种属性指标规范化采用的转化规则。设模糊评估语意评价等级 $S = (\text{绝对好}, \text{好}, \text{较好}, \text{一般}, \text{较差}, \text{差}, \text{绝对差})$, 模糊权重语意评价等级 $S' = (\text{绝对重要}, \text{重要}, \text{较重要}, \text{一般重要}, \text{较不重要}, \text{不重要}, \text{绝不重要})$, 其对应规范化模糊数见表 2。

表 2 5 级模糊语评估与三角模糊数对应关系^[12]

Table 2 Corresponding relationship between five-level fuzzy language evaluation and triangular fuzzy number^[12]

模糊评估语意	模糊权重语意	规范化模糊数
很好	绝对重要	(0.75, 1, 1)
好	重要	(0.5, 0.75, 1)
一般	一般	(0.25, 0.5, 0.75)
差	不重要	(0, 0.25, 0.5)
很差	绝不重要	(0, 0, 0.25)

2.3 绩效评价模型

假设待评价部门为 m 个, 考虑 n 个绩效评估准则, 每个准则对应 l 个次评估准则, 则针对城市轨道交通 PPP 项目绩效评价步骤如下:

1) 专家小组对第 $j (j = 1, 2, \dots, n)$ 个评估准则下的模糊评估为 $\tilde{X}_{jk}$, 权重评估为 $\tilde{W}_{jk} (k = 1, 2, \dots, l)$, 则在第 j 个评估准则下的模糊评估值为

$$\tilde{X}_j = (\tilde{X}_{j1} \otimes \tilde{W}_{j1} \oplus \tilde{X}_{j2} \otimes \tilde{W}_{j2} \oplus \dots \oplus \tilde{X}_{jl} \otimes \tilde{W}_{jl}) / l_j; (4)$$

在第 j 个评估准则下的模糊权重值为

$$\tilde{W}_j = (\tilde{W}_{j1} \oplus \tilde{W}_{j2} \oplus \dots \oplus \tilde{W}_{jl}) / l_j。 (5)$$

2) 利用模糊数的相对距离公式, 将模糊数 $\tilde{W}_j$ 解模糊化为明确值 $\bar{W}_j$ 。

3) 将 $G_j = \bar{W}_j$ 代入(2)求得 λ 值。

4) 将式(4)求得的 $\tilde{X}_j$ 利用相对距离公式解模糊化得到 $\bar{X}_j$ 。

5) 将上述得到的 $\bar{X}_j$ 排序, 求得第 i 个部门内的大小。

6) 将求得的 λ 值和 $\bar{X}_j$ 代入式(1)从而得出 G_λ , 即为各评价准则下的模糊测度。

7) 将 $\bar{X}_j$ 、 G_λ 代入式(3)求得 H_i , 即为相应部门的整体模糊积分值。

8) 对 H_i 进行排序, 得到项目绩效评价的优先性。

3 案例分析

为保障项目的建设资金, 减轻政府财政压力, 青岛地铁集团积极探索金融市场, 先后通过发行中期票据、政府与社会资本合作 (PPP 模式) 和融资租赁等渠道筹集资金, 开启了多领域、多元化、多渠道的融资“补血”模式。目前, 城市轨道交通融资已经步入了新的阶段。青岛地铁 3 号线于 2015 年 12 月 16 日试运营, 2016 年 12 月 18 日全线开通运营, 对 3 号线进行绩效评价对其他各个线路具有指导意义。采用上述方法对项目进行评价, 由于 3 号线目前尚未到移交阶段, 为保证整个评价的系统性, 此阶段采用期望值打分模式。

1) 选择在城市轨道交通 PPP 研究领域具有较高威望的 10 位专家 (专家情况见表 3), 针对青岛地铁 3 号线项目, 对上述绩效指标进行评价, 结果见表 4。

表 3 专家基本情况表

Table 3 Expert information

编号	姓名	职称	工作单位	从事 PPP 工作时间/a
1	王**	教授	青岛**大学	10
2	赵**	教授	青岛**大学	10
3	庄*	副教授	青岛**大学	8
4	郭**	副教授	青岛**大学	6
5	张*	副教授	青岛**大学	8
6	宋*	高级工程师	北京**咨询有限责任公司	10
7	张*	高级工程师	北京**咨询有限责任公司	7
8	王**	工程师	北京**咨询有限责任公司	5
9	刘**	工程师	北京**咨询有限责任公司	5
10	高*	工程师	北京**咨询有限责任公司	6

表 4 各个要素的语意值和评估值

Table 4 Semantic values and evaluation values for every element

目标	评估准则	次评估准则	语意权重	权重值	语意评估	评估值
绩效评价	立项准备阶段 X_1	政治法律环境 X_{11}	一般	0.500 0	很好	0.367 3
		经济环境 X_{12}	一般		好	
		交通资源现状 X_{13}	重要		一般	
		发起人 PPP 经验 X_{14}	不重要		差	
		社会公众的支持 X_{15}	一般		一般	
	招标阶段 X_2	投标体的实力 X_{21}	绝对重要	0.529 3	好	0.432 0
		建设工期 X_{22}	重要		好	
		PPP 合同的规范性、实用性、灵活性 X_{23}	一般		一般	
		竞争性招投标程序 X_{24}	不重要		很好	
		方案技术先进性 X_{25}	不重要		好	
	融资谈判阶段 X_3	合理的风险分担 X_{31}	一般	0.537 3	很好	0.632 6
		特许期权的持续时间 X_{32}	绝对重要		好	
		合理的定价补贴机制 X_{33}	重要		很好	
		合理的融资结构 X_{34}	一般		好	
		周边土地溢价率 X_{35}	绝不重要		一般	
		客流量的保障机制 X_{36}	一般		好	
	建设阶段 X_4	项目管理水平 X_{41}	绝对重要	0.481 5	好	0.426 5
		施工技术水平 X_{42}	一般		很好	
		组织间的良好关系 X_{43}	不重要		好	
		社会环境影响 X_{44}	不重要		好	
	运营维护阶段 X_5	政府监管补贴机制 X_{51}	不重要	0.586 7	很好	0.491 6
		运营准时性与安全性 X_{52}	绝对重要		好	
		财务分析与成本控制 X_{53}	绝对重要		好	
		轻轨的舒适度与平稳度 X_{54}	重要		好	
		票价收益分配 X_{55}	一般		好	
		社会环境效用 X_{56}	不重要		很好	
	移交阶段 X_6	运营状况 X_{61}	绝对重要	0.463 1	好	0.347 3
		轻轨维修担保 X_{62}	一般		一般	
		运营技术转移能力 X_{63}	一般		一般	
		移交程序的标准化 X_{64}	绝不重要		好	

2) 利用式(4)计算政府部门在各个准则下的绩效评估值:

$$\tilde{X}_1 = (0.100\ 0, 0.312\ 5, 0.612\ 5),$$

$$\tilde{X}_2 = (0.137\ 5, 0.400\ 0, 0.712\ 5),$$

$$\tilde{X}_3 = (0.234\ 4, 0.593\ 8, 1.046\ 9),$$

$$\tilde{X}_4 = (0.140\ 6, 0.359\ 3, 0.625\ 0),$$

$$\tilde{X}_5 = (0.187\ 5, 0.489\ 6, 0.791\ 7),$$

$$\tilde{X}_6 = (0.078\ 1, 0.234\ 4, 0.546\ 9)。$$

3) 将上述 $\tilde{X}_j$ 解模糊化得到:

$$d(\tilde{X}_1) = \sqrt{\frac{1}{3}(0.1^2 + 0.312\ 5^2 + 0.612\ 5^2)} = 0.401\ 2,$$

$$d^*(\tilde{X}_1) = \sqrt{\frac{1}{3}[(1-0.1)^2 + (1-0.312\ 5)^2 + (1-0.612\ 5)^2]} = 0.691\ 1,$$

$$\bar{X}_1 = \frac{d(\tilde{X}_{11})}{d(\tilde{X}_{11}) + d^*(\tilde{X}_{11})} = \frac{0.462\ 6}{0.462\ 6 + 0.623\ 7} = 0.367\ 3。$$

同理可得 $\bar{X}_2 = 0.432$, $\bar{X}_3 = 0.585\ 5$, $\bar{X}_4 = 0.392$

8, $\bar{X}_5 = 0.491\ 6$, $\bar{X}_6 = 0.319\ 0$ 。

4) 根据以上 2 个步骤, 利用式(5)求得各个准则

的权重值:

$$\bar{W}_1 = 0.5, \bar{W}_2 = 0.5293, \bar{W}_3 = 0.6529, \bar{W}_4 = 0.4429, \bar{W}_5 = 0.5867, \bar{W}_6 = 0.4631。$$

5) 令 $\mu = \bar{W}$ 代入公式(2)求得 $\lambda = -0.9863$ 。

6) 将解模糊化的评估值排序, $\bar{X}_3 > \bar{X}_5 > \bar{X}_2 >$

$$\bar{X}_4 > \bar{X}_1 > \bar{X}_6。$$

7) 根据式(1)求得 $G(X_6) = 0.4631, G(X_6, X_1) = 0.7347, G(X_6, X_1, X_4) = 0.8673, G(X_6, X_1, X_4, X_2) = 0.9438, G(X_6, X_1, X_4, X_2, X_5) = 0.9844, G(X_6, X_1, X_4, X_2, X_5, X_3) = 1$ 。

8) 根据式(3)求得该项目的绩效评价 $H_1 = 0.5426$ 。

针对上述数据整体进行分析可以看出,青岛地铁3号线基本达到其期望水平,进一步对各个阶段进行细部数据分析可以看出:

1) 在城市轨道交通建设的全生命周期中,项目的运营阶段和融资谈判阶段的绩效值对项目影响较大,政府部门应给予足够的重视,在融资谈判阶段充分考虑各方利益,在运营阶段积极配合社会资本,保证项目的顺利运营。

2) 从各阶段评估值可以看出,在立项准备阶段的绩效指标较低,主要原因来自于发起人的PPP经验缺乏以及公众的参与度偏低,因此政府部门应当积极借鉴国内外相关PPP项目经验,同时推进社会资本和大众群体的参与性。

4 结论与建议

1) 结合城市轨道交通PPP项目的特点,针对PPP项目各个阶段构建了较为灵活且具有实用性的以政府部门为主体的绩效评价指标体系。

2) 引进 Choquet 模糊积分对具体案例进行评价,证明了该方法的科学性与适用性,为绩效评价提供了新的评价方法模型。

3) 工程案例表明,不同阶段的绩效评价值存在一定差异,可以为城市轨道交通的绩效管理研究提供参考。同时,如何建立一个较为公平合理的参考绩效值,有待进一步研究。

参考文献(References):

- [1] 袁竞峰,季闯,李启明. 国际基础设施建设PPP项目关键绩效指标研究[J]. 工业技术经济, 2012(6): 109.
YUAN Jingfeng, JI Chuang, LI Qiming. The key performance indicators in international PPP projects [J]. Industrial Technology & Economy, 2012(6): 109.
- [2] 袁竞峰, SKIBNIEWSKI M J, 邓小鹏, 等. 基础设施建设PPP项目关键绩效指标识别研究[J]. 重庆大学学报(社会科学版), 2012, 18(3): 56.
YUAN Jingfeng, SKIBNIEWSKI M J, DENG Xiaopeng, et al. The identification of key performance indicators in public private partnership projects based on structural

equation modeling [J]. Journal of Chongqing University (Social Science Edition), 2012, 18(3): 56.

- [3] 兰兰, 高成修. 基于AHP的PPP绩效评估体系研究[J]. 海南大学学报(人文社会科学版), 2013, 31(3): 115.
LAN Lan, GAO Chengxiu. A study of the performance evaluation system of the public private partnership (PPP) based on the analytic hierarchy process (AHP) [J]. Humanities & Social Sciences Journal of Hainan University, 2013, 31(3): 115.
- [4] 孙慧, 申宽宽, 范志清. 基于SEM方法的PPP项目绩效影响因素分析[J]. 天津大学学报(社会科学版), 2012, 14(6): 513.
SUN Hui, SHEN Kuankuan, FAN Zhiqing. Analysis of factors influencing PPP project performance based on SEM [J]. Journal of Tianjing University (Social Sciences), 2012, 14(6): 513.
- [5] 任红波. 城市轨道交通运营绩效考核指标体系探讨[J]. 城市轨道交通研究, 2013, 16(12): 21.
REN Hongbo. On the appraisal index system for urban rail transit operational performance [J]. Urban Mass Transit, 2013, 16(12): 21.
- [6] 杜静, 吴洪樾. 城市轨道交通PPP项目VFM定性评价分析: 以济青铁路为例[J]. 工程管理学报, 2016, 30(3): 66.
DU Jing, WU Hongyue. Analysis of the VFM evaluation of the urban rail transit PPP project: A case study of Jinan-Qingdao Railway [J]. Journal of Engineering Management, 2016, 30(3): 66.
- [7] 向鹏成, 黄四宝, 蒋秋燕. 基于SEM的PPP项目监管绩效影响因素分析[J]. 建筑经济, 2017, 38(4): 56.
XIANG Pengcheng, HUANG Sibao, JIANG Qiuyan. Analysis of the influencing factors of supervision performance of PPP projects based on SEM [J]. Construction Economy, 2017, 38(4): 56.
- [8] FREEMAN R E. Strategic management: A stakeholder approach [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.
- [9] 邓小鹏, 熊伟, 袁竞峰, 等. 基于各方满意的PPP项目动态调价与补贴模型及实证研究[J]. 东南大学学报(自然科学版), 2009, 39(6): 1252.
DENG Xiaopeng, XIONG Wei, YUAN Jingfeng, et al. Dynamic pricing and subsidy model for PPP projects based on satisfaction of participates [J]. Journal of Southeast University (Natural Science Edition), 2009, 39(6): 1252.
- [10] 赵新博. PPP项目绩效评价研究[D]. 北京: 清华大学, 2009.
ZHAO Xinbo. Research on PPP projects performance evaluation [D]. Beijing: Tsinghua University, 2009.
- [11] MENG Fanyong, ZHANG Qiang, CHENG Hao. Approaches to multiple-criteria group decision making based on interval-valued intuitionistic fuzzy Choquet integral with respect to the generalized λ -shapley index [J]. Knowledge-Based Systems, 2013, 37: 237.
- [12] 孔峰. 模糊多属性决策理论方法及其应用[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2008.
KONG Feng. Fuzzy multi-attribute decision theory and its application [M]. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2008.