

城市轨道交通 PPP 项目运营期绩效评价研究 ——以徐州地铁 1 号线为例

刘祖容 谢玉美 肖志涵

(广西大学土木建筑工程学院, 广西 南宁 530400)

摘要:我国城市轨道交通建设面临资金不足、建设周期长等问题,政府倡导采用 PPP 融资模式。随着城市轨道交通 PPP 项目进入运营期,运营期绩效评价体系亟须建立。针对运营期绩效评价,首先,基于相关概念与方法,构建符合《政府和社会资本合作(PPP)项目绩效管理操作指引》(“13 号文”)的评价体系,由 3 个一级指标、15 个二级指标和 34 个三级指标构成;其次,利用 AHP-CRITIC 赋权及模糊物元分析法构建评价模型;最后,以徐州地铁 1 号线项目为例,验证所构建绩效评价模型的可行性与适用性,为 PPP 项目的健康发展提出相关对策与建议。

关键词:PPP 项目;运营期绩效评价;模糊物元分析;徐州地铁 1 号线

0 引言

近年来,在城市化进程不断加速的背景下,城市交通拥堵问题已成为限制城市发展和影响居民生活的重要因素。城市轨道交通作为现代城市公共交通体系的重要组成部分,能显著缓解交通拥堵、改善城市环境、提升居民生活质量。随着城市轨道交通的迅速扩张,我国城市覆盖数量由 2015 年的 26 座增至 55 座,运营线路总长度从 3618.00km 增加至 10 291.95km。

然而,传统的政府财政资金模式难以应对日益增长的基础设施建设需求。为了解决此矛盾,我国早在 2014 年开始引入政府和社会资本合作(PPP)模式。该投融资模式引入了民间资本与运营管理经验,能更好地满足基础设施建设资金需求,为城市基础设施建设提供了支持。

PPP 模式应用于城市轨道交通建设中,能有效解决资金短缺问题,减轻政府财政压力,加速项目进程,提升效率,降低风险。同时,与私营企业合作还能激发市场活力,促进产业升级和创新发展,推动就业和经济增长。现有数万亿元级

的投资项目即将进入绩效管理阶段,然而,目前针对 PPP 项目运营期绩效评价的研究尚不深入。为此,财政部于 2020 年发布了《政府和社会资本合作(PPP)项目绩效管理操作指引》(“13 号文”),明确规定政府补贴与社会资本方当年绩效挂钩,促进社会资本方在项目运营中更加注重绩效与效果。鉴于此,本文结合城市轨道交通项目特点,采用适当的绩效评价方法,对城市轨道交通 PPP 项目运营期绩效进行评价。

1 绩效评价指标体系的构建与分析

本文根据科学性、实用性、独立性、定性与定量相结合的原则,以“PPP”“城市轨道交通”“运营期”和“绩效评价”为主题词,在中国知网数据库进行大量的文献检索。结合指标在文献中出现的频次和重要性,按照产出、效果、管理三个维度进行选择。该指标体系包含 3 个一级指标、15 个二级指标和 34 个三级指标。以 2021 年 1 月 1 日为研究时点,对徐州地铁 1 号线运营期绩效进行评价。城市轨道交通 PPP 项目运营期绩效评价指标体系如图 1 所示。

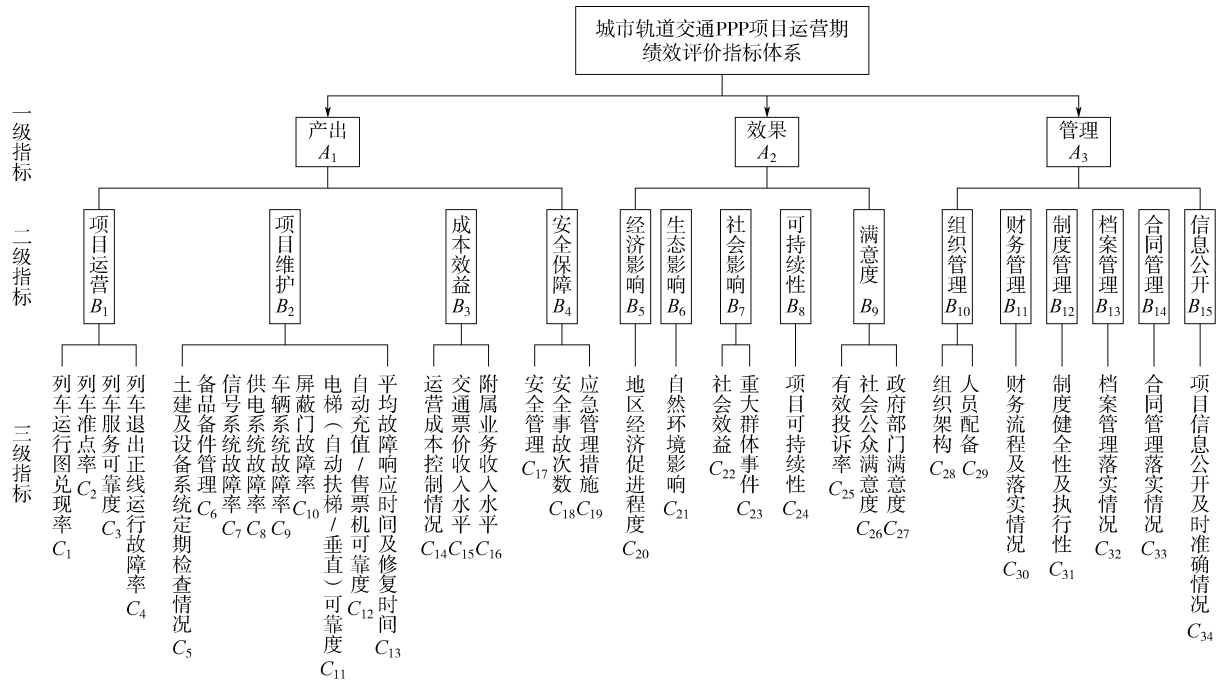


图1 城市轨道交通PPP项目运营期绩效评价指标体系

以上评价指标覆盖了地铁项目运营关键领域，确保了项目综合运营质量。在项目运营方面，通过列车运行图兑现率、准点率、服务可靠度和退出正线运行故障率4个指标，全面评估了列车正常运行情况，保证了运营的时效性和稳定性。在项目维护方面，通过土建及设备系统定期检查情况、备品备件管理及各系统故障率等指标，有效监控了项目的设备状态和运行可靠性，提升了项目的可维护性和稳定性。

2 研究方法和模型

2.1 权重赋予方法

邀请20名专家对各项指标重要度进行评分，将问卷数据组建成专家库，分别构建判断矩阵，利用几何平均法计算得出集结后的综合判断矩阵。

为了让权重更加合理，本文将利用AHP法所求的主观权重与CRITIC所求的客观权重相结合，综合权重线性加权组合法计算公式如下

$$\omega_j = \alpha \rho_j + \beta v_j \quad (1)$$

其中， α 、 β 为权重系数， $\alpha + \beta = 1$ ； ω_i 为综合权重； ρ_i 为主观权重； v_i 为客观权重。

将主观权重和客观权重平等对待，即将其分配为相等的比例，公式如下

$$\omega_j = 0.5 \rho_j + 0.5 v_j \quad (2)$$

基于城市轨道交通PPP项目运营期绩效评价指标体系，结合AHP法和CRITIC法的优点，采用AHP-CRITIC综合评价方法确定各指标权重，以提高评价权重的准确性和可靠性。

2.2 评价模型

2.2.1 确定评价物元

N_i 为城市轨道交通PPP项目运营期绩效评价等级，分别为优秀、良好、一般、较差和极差5个等级，以1、2、3、4、5表示，假设 N 有 n 个特征，以 $C_1, C_2, \dots, C_{34}$ 表示，其对应量值为 $Z_1, Z_2, \dots, Z_{34}$ ，则评价物元可表示如下

$$R = \begin{pmatrix} N & C_1 & Z_1 \\ & C_2 & Z_2 \\ & \vdots & \vdots \\ & C_{34} & Z_{34} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R_1 \\ R_2 \\ \vdots \\ R_{34} \end{pmatrix} \quad (3)$$

其中, R 为 34 维 PPP 项目评价物元, 记作

$$\mathbf{R} = (\mathbf{N}, \mathbf{C}, \mathbf{Z}), \mathbf{C} = (C_1, C_2, \dots, C_{34})^T, \\ \mathbf{Z} = (Z_1, Z_2, \dots, Z_{34})^T$$

2.2.2 确定经典域与节域

根据评价指标体系中的三级指标评价等级, 确定经典域, 公式如下

$$\mathbf{R}_j = (\mathbf{N}_j, \mathbf{C}_i, \mathbf{Z}_j) \\ = \begin{pmatrix} \mathbf{N}_j & C_1 & Z_{j1} \\ & C_2 & Z_{j2} \\ & \vdots & \vdots \\ & C_{34} & Z_{j34} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mathbf{N}_j & C_1 & (a_{j1}, b_{j1}) \\ & C_2 & (a_{j2}, b_{j2}) \\ & \vdots & \vdots \\ & C_{34} & (a_{j34}, b_{j34}) \end{pmatrix} \quad (4)$$

式中, $n=34$, 对应评价指标体系中确定的三级指标; $j=1, 2, 3, 4, 5$, 分别代表运营期绩效评价的 5 个等级; $\mathbf{R}_j$ 为第 j 个评价等级对应的模糊物元评价模型; $\mathbf{N}_j$ 为第 j 个评价等级; $\mathbf{C}_i$ 为第 i 个评价指标对应的评价等级; $\mathbf{Z}_{ji} = (a_{ji}, b_{ji})$ ($i=1, 2, \dots, 34$) 为 C_i 在该评价等级下对应的量值范围; a_{ji} 、 b_{ji} 分别表示 C_i 的上限和下限。

结合式 (4), 得出本次城市轨道交通 PPP 项目运营期绩效评价经典域 $\mathbf{R}_j$, 即

$$\mathbf{R}_1 = \begin{pmatrix} \mathbf{N}_1 & C_1 & (99.9, 100) \\ & C_2 & (99.9, 100) \\ & \vdots & \vdots \\ & C_{34} & (4, 5) \end{pmatrix} \\ \mathbf{R}_2 = \begin{pmatrix} \mathbf{N}_2 & C_1 & (99.5, 99.9) \\ & C_2 & (99.4, 99.9) \\ & \vdots & \vdots \\ & C_{34} & (3, 4) \end{pmatrix} \\ \mathbf{R}_3 = \begin{pmatrix} \mathbf{N}_3 & C_1 & (99, 99.5) \\ & C_2 & (98.5, 99.4) \\ & \vdots & \vdots \\ & C_{34} & (2, 3) \end{pmatrix} \\ \mathbf{R}_4 = \begin{pmatrix} \mathbf{N}_4 & C_1 & (97, 99) \\ & C_2 & (97, 98.5) \\ & \vdots & \vdots \\ & C_{34} & (1, 2) \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{R}_5 = \begin{pmatrix} \mathbf{N}_5 & C_1 & (99, 99.5) \\ & C_2 & (98.5, 99.4) \\ & \vdots & \vdots \\ & C_{34} & (0, 1) \end{pmatrix}$$

根据上述 5 个经典域, 确定节域, 即

$$\mathbf{R} = (\mathbf{N}, \mathbf{C}_i, \mathbf{Z}_u) \\ = \begin{pmatrix} \mathbf{N} & C_1 & Z_{u1} \\ & C_2 & Z_{u2} \\ & \vdots & \vdots \\ & C_{34} & Z_{u34} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mathbf{N} & C_1 & (a_{u1}, b_{u1}) \\ & C_2 & (a_{u2}, b_{u2}) \\ & \vdots & \vdots \\ & C_{34} & (a_{u34}, b_{u34}) \end{pmatrix} \quad (5)$$

式中, $\mathbf{R}$ 为节域; $\mathbf{N}$ 为运营期绩效评价等级; $Z_{u1} \sim Z_{u34}$ 分别对应 34 个绩效评价指标的等级取值范围; a_{un} 、 b_{un} 分别为运营期绩效评价指标 C_n 的上限和下限; $n=34$ 。

本次城市轨道交通 PPP 项目运营期绩效评价节域 $\mathbf{R}$ 如下

$$\mathbf{R} = \begin{pmatrix} \mathbf{N} & C_1 & (0, 100) \\ & C_2 & (0, 100) \\ & \vdots & \vdots \\ & C_{34} & (0, 5) \end{pmatrix}$$

2.2.3 确定隶属度物元

三角隶属度函数用 $\mu(x)$ 表示, 取值范围为 $[0, 1]$ 。根据上述城市轨道交通 PPP 项目运营期绩效评价指标体系建立的 5 个评价等级, 可将定量范围记为 $\theta_1(a_1, b_1)$ 、 $\theta_2(a_2, b_2)$ 、 $\theta_3(a_3, b_3)$ 、 $\theta_4(a_4, b_4)$ 、 $\theta_5(a_5, b_5)$ 。根据模糊隶属度特征, 当 x 接近 $\sigma_i = (a_i + b_i)/2$ 时, σ_i 的隶属度越大; 反之亦然。当指标值小于 σ_1 时, 该指标隶属于 $\mathbf{N}_1$ 级, 其他评价等级隶属度为 0; 当指标值大于 σ_5 时, 该指标隶属于 $\mathbf{N}_5$ 级; 当绩效评价指标介于不同评价等级时, 三角隶属度函数为分段式函数, 如图 2 所示。

其中, $\mu_1(x)$ 、 $\mu_2(x)$ 、 $\mu_3(x)$ 、 $\mu_4(x)$ 、 $\mu_5(x)$ 隶属度函数确定如下

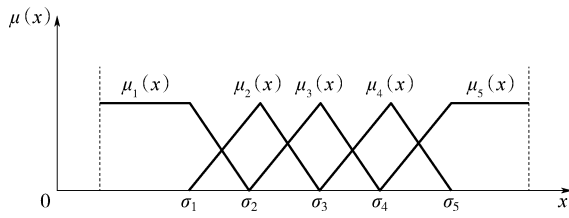


图2 函数分布图

$$\mu_1(x) = \begin{cases} 1 & (x \leq \sigma_1) \\ \frac{\sigma_2 - x}{\sigma_2 - \sigma_1} & (\sigma_1 < x \leq \sigma_2) \\ 0 & (x > \sigma_2) \end{cases} \quad (6)$$

$$\mu_2(x) = \begin{cases} 1 - \mu_1(x) & (\sigma_1 < x \leq \sigma_2) \\ \frac{\sigma_3 - x}{\sigma_3 - \sigma_2} & (\sigma_2 < x \leq \sigma_3) \\ 0 & (x > \sigma_3, x < \sigma_1) \end{cases} \quad (7)$$

$$\mu_3(x) = \begin{cases} 1 - \mu_2(x) & (\sigma_2 < x \leq \sigma_3) \\ \frac{\sigma_4 - x}{\sigma_4 - \sigma_3} & (\sigma_3 < x \leq \sigma_4) \\ 0 & (x > \sigma_4, x < \sigma_3) \end{cases} \quad (8)$$

$$\mu_4(x) = \begin{cases} 1 - \mu_3(x) & (\sigma_3 < x \leq \sigma_4) \\ \frac{\sigma_5 - x}{\sigma_5 - \sigma_4} & (\sigma_4 < x \leq \sigma_5) \\ 0 & (x > \sigma_5, x < \sigma_4) \end{cases} \quad (9)$$

$$\mu_5(x) = \begin{cases} 1 - \mu_4(x) & (\sigma_4 < x \leq \sigma_5) \\ 1 & (\sigma_5 < x \leq b_5) \\ 0 & (x > b_5, x < \sigma_4) \end{cases} \quad (10)$$

2.2.4 确定各级指标权重物元

根据上文 AHP-CRITIC 综合权重指标得出的计算结果, 构建城市轨道交通 PPP 项目运营期各级指标的权重物元, 即

$$R_w = \begin{pmatrix} W \\ C_1 & W_1 \\ C_2 & W_2 \\ \vdots & \vdots \\ C_{34} & W_{34} \end{pmatrix} \quad (11)$$

因此, 目标层绩效评价指标的权重物元如下

$$R_{WA} = \begin{pmatrix} A_1 & A_1 & A_1 \\ W_A & 0.804\ 4 & 0.102\ 6 & 0.093\ 0 \end{pmatrix}$$

一级指标权重物元如下

$$R_{WA_1} = \begin{pmatrix} B_1 & B_2 & B_3 & B_4 \\ W_{A_1} & 0.220\ 3 & 0.282\ 3 & 0.101\ 0 & 0.109\ 9 \end{pmatrix}$$

$$R_{WA_2} = \begin{pmatrix} B_5 & B_6 & B_7 & B_8 & B_9 \\ W_{A_2} & 0.028\ 3 & 0.031\ 1 & 0.034\ 4 & 0.030\ 4 & 0.033\ 5 \end{pmatrix}$$

$$R_{WA_3} = \begin{pmatrix} B_{10} & B_{11} & B_{12} & B_{13} & B_{14} & B_{15} \\ W_{A_3} & 0.016\ 3 & 0.026\ 8 & 0.024\ 2 & 0.018\ 7 & 0.028\ 8 & 0.014\ 4 \end{pmatrix}$$

二级指标权重物元如下

$$R_{WB_1} = \begin{pmatrix} C_1 & C_2 & C_3 & C_4 \\ W_{B_1} & 0.030\ 7 & 0.023\ 8 & 0.042\ 6 & 0.028\ 3 \end{pmatrix}$$

$$R_{WB_2} = \begin{pmatrix} C_5 & C_6 & C_7 & C_8 & C_9 & C_{10} & C_{11} & C_{12} & C_{13} \\ W_{B_2} & 0.027\ 7 & 0.016\ 1 & 0.026\ 0 & 0.047\ 6 & 0.039\ 3 & 0.030\ 1 & 0.040\ 6 & 0.029\ 1 & 0.034\ 3 \end{pmatrix}$$

$$R_{WB_3} = \begin{pmatrix} C_{14} & C_{15} & C_{16} \\ W_{B_3} & 0.067\ 6 & 0.036\ 8 & 0.038\ 0 \end{pmatrix}$$

$$R_{WB_4} = \begin{pmatrix} C_{17} & C_{18} & C_{19} \\ W_{B_4} & 0.054\ 5 & 0.034\ 5 & 0.027\ 0 \end{pmatrix}$$

$$R_{WB_5} = \begin{pmatrix} C_{20} \\ W_{B_5} & 0.021\ 4 \end{pmatrix}$$

$$R_{WB_6} = \begin{pmatrix} C_{21} \\ W_{B_6} & 0.021\ 1 \end{pmatrix}$$

$$R_{WB_7} = \begin{pmatrix} C_{22} & C_{23} \\ W_{B_7} & 0.024\ 6 & 0.014\ 3 \end{pmatrix}$$

$$R_{WB_8} = \begin{pmatrix} C_{24} \\ W_{B_8} & 0.023\ 3 \end{pmatrix}$$

$$R_{WB_9} = \begin{pmatrix} C_{25} & C_{26} & C_{27} \\ W_{B_9} & 0.015\ 6 & 0.024\ 3 & 0.020\ 2 \end{pmatrix}$$

$$R_{WB_{10}} = \begin{pmatrix} C_{28} & C_{29} \\ W_{B_{10}} & 0.023\ 2 & 0.018\ 3 \end{pmatrix}$$

$$R_{WB_{11}} = \begin{pmatrix} C_{30} \\ W_{B_{11}} & 0.020\ 5 \end{pmatrix}$$

$$R_{WB_{12}} = \begin{pmatrix} C_{31} \\ W_{B_{12}} & 0.020 & 2 \end{pmatrix}$$

$$R_{WB_{13}} = \begin{pmatrix} C_{32} \\ W_{B_{13}} & 0.023 & 6 \end{pmatrix}$$

$$R_{WB_{14}} = \begin{pmatrix} C_{33} \\ W_{B_{14}} & 0.024 & 0 \end{pmatrix}$$

$$R_{WB_{15}} = \begin{pmatrix} C_{34} \\ W_{B_{15}} & 0.030 & 8 \end{pmatrix}$$

2.2.5 确定指标关联度

关联度是用来度量评价指标与评价等级之间联系程度的指标,关联度越高,则表明评价指标与评价等级之间的接近程度越高。通过对隶属度向量与权重向量的运算,计算得到绩效评价指标的关联度,从而建立城市轨道交通 PPP 项目运营期绩效评价指标的关联度复合物元,即

$$R_v = \begin{pmatrix} N_1 & N_2 & N_3 & N_4 & N_5 \\ V_i & V_1 & V_2 & V_3 & V_4 & V_5 \end{pmatrix} \quad (12)$$

其中, $V_i = \sum_{i=1}^5 W_i V_i$

综合评价物元,即

$$R_z = \begin{pmatrix} N_1 & N_2 & \cdots & N_5 \\ z_1 & z_{11} = w_1 \times g_1 & z_{21} = w_1 \times g_2 & \cdots & z_{m1} = w_1 \times g_5 \\ z_2 & z_{12} = w_2 \times g_1 & z_{22} = w_2 \times g_2 & \cdots & z_{m2} = w_2 \times g_5 \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ z_n & z_{1n} = w_n \times g_1 & z_{2n} = w_n \times g_2 & \cdots & z_{mn} = w_n \times g_5 \end{pmatrix} \quad (13)$$

式中, W_i 为第 i 个评价指标的权重值; g_i 为各指标的关联度复合物元值; Z_{mn} ($m=1, 2, \dots, 5; n=1, 2, \dots, 34$) 为第 i 个评价指标对第 m 等级隶属度加权后的值。

为了考虑更全面,本文将评价指标的关联度复合物元值的平均值、最小值和最大值作为代表值,分别记作 d_1 、 d_2 、 d_3 ,即

$$\begin{cases} d_{i1} = \frac{\sum_{j=1}^n z_{ij}}{n} \\ d_{i2} = \max(z_{i1}, z_{i2}, \dots, z_{i5}) \\ d_{i3} = \min(z_{i1}, z_{i2}, \dots, z_{i5}) \end{cases} \quad (14)$$

经处理后,建立综合评价模糊复合物元 R_d ,即

$$R_d = \begin{pmatrix} N_1 & N_2 & \cdots & N_5 \\ d_{i1} & d_{i1} & d_{21} & \cdots & d_{51} \\ d_{i2} & d_{i2} & d_{22} & \cdots & d_{52} \\ d_{i3} & d_{i3} & d_{23} & \cdots & d_{53} \end{pmatrix} \quad (15)$$

2.2.6 确定绩效评价的优劣等级

通过对式 (15) 进行加权平均计算,即

$$d_i = \frac{1}{3} \sum_{j=1}^3 d_{ij} \quad (16)$$

得到城市轨道交通 PPP 项目运营期绩效综合评价结果为

$$R_D = \begin{pmatrix} N_1 & N_2 & \cdots & N_5 \\ d_i & d_1 & d_2 & \cdots & d_5 \end{pmatrix} \quad (17)$$

式中, d_i 为第 i 个评价等级的综合评价数值。对比 5 个等级对应的 d_i 值,其中最大值对应的评价等级为城市轨道交通 PPP 项目运营期绩效评价的最终等级。

3 案例分析

本文参考徐州市国资委、交通运输局、地铁官网等相关数据,以及财政部 PPP 中心发布的关于徐州地铁 1 号线的相关信息及调研访谈结果,对徐州地铁 1 号线的指标评价量值进行综合分析。

3.1 确定隶属度物元

基于前文所确定的徐州地铁 1 号线运营期绩效评价的经典域和节域,通过隶属函数来计算各项评价指标的隶属度。以列车准点率 C_2 为例,选取各个评价等级的中值作为参考值,不再逐一阐述其他指标的具体过程。三级指标列车准点率 C_2 的 5 个评价等级范围的中值如下

$$\theta_1 = 48.5; \theta_2 = 97.75; \theta_3 = 98.95; \theta_4 = 99.65; \theta_5 = 99.95$$

则列车准点率 C_2 隶属度函数分别如下

$$\mu_1(x) = \begin{cases} 1 & (x \leq 48.5) \\ \frac{97.75 - x}{97.75 - 48.5} & (48.5 < x \leq 97.75) \\ 0 & (x > 97.75) \end{cases}$$

$$\mu_2(x) = \begin{cases} 1 - \mu_1(x) & (48.5 < x \leq 97.75) \\ \frac{98.95 - x}{98.95 - 97.75} & (97.75 < x \leq 98.95) \\ 0 & (x > 98.95, x < 48.5) \end{cases}$$

$$\mu_3(x) = \begin{cases} 1 - \mu_2(x) & (97.75 < x \leq 98.95) \\ \frac{99.65 - x}{99.65 - 98.95} & (98.95 < x \leq 99.65) \\ 0 & (x > 99.65, x < 97.75) \end{cases}$$

$$\mu_4(x) = \begin{cases} 1 - \mu_3(x) & (98.95 < x \leq 99.65) \\ \frac{99.95 - x}{99.95 - 99.65} & (99.65 < x \leq 99.95) \\ 0 & (x > 99.95, x < 98.95) \end{cases}$$

$$\mu_5(x) = \begin{cases} 1 - \mu_4(x) & (99.65 < x \leq 99.95) \\ 1 & (99.95 < x \leq 100) \\ 0 & (x > 100, x < 99.65) \end{cases}$$

得到列车准点率 C_2 的评价值为 99.97。同理, 将其余指标带入上述公式, 计算得到徐州地铁 1 号线运营期绩效评价各级指标隶属度。

3.2 确定关联度复合模糊物元

计算各评价指标的复合物元如下

$$R_{gB_1} = R_{WB_1} R_{B_1} \\ = (0.023\ 8 \quad 0.047\ 1 \quad 0.035\ 6 \quad 0.018\ 9 \quad 0.000\ 0)$$

则一级指标“产出”的关联度复合物元如下

$$R_{g_1} = \begin{pmatrix} N_1 & N_2 & N_3 & N_4 & N_5 \\ R_{gB_1} & 0.023\ 8 & 0.047\ 1 & 0.035\ 6 & 0.018\ 9 & 0.000\ 0 \\ R_{gB_2} & 0.090\ 3 & 0.125\ 1 & 0.075\ 5 & 0.000\ 0 & 0.000\ 0 \\ R_{gB_3} & 0.011\ 5 & 0.094\ 1 & 0.027\ 6 & 0.009\ 2 & 0.000\ 0 \\ R_{gB_4} & 0.103\ 2 & 0.012\ 8 & 0.000\ 0 & 0.000\ 0 & 0.000\ 0 \end{pmatrix}$$

一级指标“效果”的关联度复合物元如下

$$R_{g_2} = \begin{pmatrix} N_1 & N_2 & N_3 & N_4 & N_5 \\ R_{gB_5} & 0.000\ 3 & 0.021\ 2 & 0.000\ 0 & 0.000\ 0 & 0.000\ 0 \\ R_{gB_6} & 0.009\ 7 & 0.011\ 4 & 0.000\ 0 & 0.000\ 0 & 0.000\ 0 \\ R_{gB_7} & 0.032\ 3 & 0.006\ 6 & 0.000\ 0 & 0.000\ 0 & 0.000\ 0 \\ R_{gB_8} & 0.021\ 4 & 0.001\ 9 & 0.000\ 0 & 0.000\ 0 & 0.000\ 0 \\ R_{gB_9} & 0.032\ 7 & 0.027\ 4 & 0.000\ 0 & 0.000\ 0 & 0.000\ 0 \end{pmatrix}$$

一级指标“管理”的关联度复合物元如下

$$R_{g_3} = \begin{pmatrix} N_1 & N_2 & N_3 & N_4 & N_5 \\ R_{gB_{10}} & 0.013\ 1 & 0.028\ 4 & 0.000\ 0 & 0.000\ 0 & 0.000\ 0 \\ R_{gB_{11}} & 0.003\ 7 & 0.016\ 8 & 0.000\ 0 & 0.000\ 0 & 0.000\ 0 \\ R_{gB_{12}} & 0.004\ 2 & 0.016\ 0 & 0.000\ 0 & 0.000\ 0 & 0.000\ 0 \\ R_{gB_{13}} & 0.000\ 0 & 0.020\ 0 & 0.003\ 5 & 0.000\ 0 & 0.000\ 0 \\ R_{gB_{14}} & 0.000\ 0 & 0.022\ 8 & 0.001\ 2 & 0.000\ 0 & 0.000\ 0 \\ R_{gB_{15}} & 0.000\ 0 & 0.014\ 5 & 0.016\ 3 & 0.000\ 0 & 0.000\ 0 \end{pmatrix}$$

则其一级指标“产出”的综合评价复合物元优化后如下

$$R_{D_1} = \begin{pmatrix} N_1 & N_2 & N_3 & N_4 & N_5 \\ d_1 & 0.012\ 5 & 0.017\ 0 & 0.009\ 8 & 0.001\ 8 & 0.000\ 0 \end{pmatrix}$$

依据前文的公式, 同理计算得出 R_{D_2} 、 R_{D_3} , 目标层指标权重分别与 R_{D_1} 、 R_{D_2} 、 R_{D_3} 相加后, 可得出该项目运营期绩效综合评价复合物元如下

$$R_D = \begin{pmatrix} N_1 & N_2 & N_3 & N_4 & N_5 \\ d & 0.010\ 1 & 0.013\ 6 & 0.007\ 9 & 0.001\ 5 & 0.000\ 0 \end{pmatrix}$$

3.3 绩效评价结果分析

通过计算可知, 在徐州地铁 1 号线运营期绩效评价中, $R_{D_{MAX}} = 0.013\ 6$, 即对 N_2 的隶属度达到最高。因此, 可以确定徐州地铁 1 号线运营期绩效评价为“良好”。徐州地铁 1 号线的建设对徐州市的交通系统和城市发展产生了积极影响, 为徐州市的经济社会发展做出了重要贡献。

具体指标隶属度结果显示, “产出”指标最大隶属度为 $R_{D_1} = 0.017\ 0$, 属于 N_2 隶属度, 因此该指标的评价水平为“良好”。但是, “列车退出正线运行故障率”相对于其他指标表现较差, 这可能是由多种原因引起的。从“效果”指标和“管理”指标来看, 它们的最大隶属度分别属于 N_1 和 N_2 , 评价水

平分别为“优秀”和“良好”。“地区经济促进程度”和“社会效益”指标的隶属度等级很高,表明该项目对区域经济做出了较大贡献。“社会公众满意度”及“政府部门满意度”较高,反映了徐州地铁 1 号线在乘客舒适度、购票便捷度及积极配合政府措施等方面表现为“良好”。

4 建议与对策

基于以上研究,从政府方和社会资本方两个角度入手,提出如下提升城市轨道交通 PPP 项目绩效评价的建议与对策。

4.1 政府方

4.1.1 做好政府内部的分工协调

首先,财政部门应负责建立绩效管理制度和标准,明确 PPP 项目的绩效评价指标和评价方法。其次,行业主管部门应加强对 PPP 项目绩效管理的指导和监督,确保项目运营过程中的合规性和规范性。最后,项目实施机构应按照制度和标准开展 PPP 项目的绩效评价工作,确保绩效评价的准确性和可靠性。此外,需要强调 PPP 项目绩效评价的时效性,及时进行评价反馈和改进,以便及时发现和解决问题,提高 PPP 项目的管理水平和运营效率。同时,还需要加强对 PPP 项目绩效评价过程的监督和审计,确保评价过程的透明度和公正性。只有这样,才能更好地实现城市轨道交通 PPP 项目的绩效管理目标,推动 PPP 模式在城市轨道交通领域的应用和发展。

4.1.2 实现“按效付费”,避免 PPP 模式的异化

政府应当认识到 PPP 项目的本质是在提供公共服务的同时通过引入社会资本和市场机制,实现资源优化配置和风险共担。因此,首先,应当强化项目管理,确保项目按照合同约定和业务规范进行运营,从而保障项目的服务质量。其次,政府在 PPP 项目中应避免过早锁定支出,即在项目启动阶段就对项目的全部支出进行提前承诺。这种做法可能导致项目成本的不合理增加,从而削弱了 PPP 项目的成本优势。政府应合理控制项

目的支出承诺,根据项目实际进展和绩效评价结果进行支付,确保项目资金的合理使用。此外,政府在 PPP 项目中应注重绩效与付费的对接。绩效评价应基于 PPP 项目的服务质量、运营状况、社会资本的投入和运营管理情况等多方面考虑,从而确保绩效评价结果客观、准确。付费应与绩效评价结果相匹配,既要激励社会资本参与项目并提供优质服务,也要防范绩效与付费脱钩导致的资源浪费和项目成本上升。最后,政府应合理激励社会资本参与 PPP 项目,通过合理的利润机制、税收优惠、资金支持等方式,引导社会资本增加对 PPP 项目的投入运营。

4.1.3 与第三方咨询机构开展深度合作

城市轨道交通 PPP 项目运营期绩效评价涉及多个专业领域的知识,包括工程技术、运营管理、财务分析等,需要与高水平的第三方咨询机构进行密切合作。这些咨询机构应当具备丰富的经验和专业知识,能够深入了解项目的运营情况,从多个角度对项目的履约情况进行评估。绩效评价不仅仅是简单的打分和扣分行为,而且是对项目履约情况的全面评估。为确保评价结果客观、公正,具备可靠性和可信度,在绩效管理中可适当引入第三方咨询机构参与城市轨道交通 PPP 项目绩效目标制定、指标体系构建、评价实施及结果应用等全过程。通过更科学、专业的绩效评价方式,帮助政府更加全面地了解 PPP 项目的运营情况,评估 PPP 项目社会资本合作方的履约情况,为政府付费提供科学依据。

4.2 社会资本方

4.2.1 规范项目运营,配合绩效评价

首先,社会资本方应当按照特许经营的合同约定和相关法律法规,履行运营管理职责。同时,应建立健全资金管理制度,定期向政府方报告资金使用情况,保持财政补贴资金的透明度和合规性。其次,积极配合绩效评价,做好信息记录。社会资本方应积极配合政府方进行绩效评价工作,提供项目运营数据和相关信息,确保评价的客观性和公正性。同时,社会资本方应做好项目运营

的信息记录工作,包括运营状况、问题发现和解决情况等,以便及时向政府方报告,并在必要时采取措施解决问题。最后,社会资本方应及时了解项目运营状况。通过建立健全的项目管理和监控机制,社会资本方应密切关注项目运营的各项指标和运营情况,及时发现问题并采取措施加以解决,并定期与政府方进行项目运营情况的沟通和交流,共同解决运营过程中的问题,确保项目的顺利运营和绩效的有效评价。

4.2.2 加强人才队伍建设和技术创新

城市轨道交通 PPP 项目的运营需要专业的人才和高水平的技术支持。因此,社会资本方应该加强人才队伍建设,招聘和培养具备相关专业知识和技能的管理人员和技术人员。同时,应积极推进技术创新,引入先进的数字化、智能化技术和设备,提高运营效率和服务质量。例如,可以引入自动驾驶技术、人脸识别技术、物联网技术等,实现智能化调度、安全监控、运营管理等。此外,社会资本方还应积极开展技术合作与创新研发,与相关高校、科研机构、技术公司等建立合作关系,推进技术的不断升级和更新,为城市轨道交通 PPP 项目的可持续发展提供有力支持。此外,社会资本方还应该积极探索创新的运营模式,降低运营成本,提高运营效率。例如,可以通过数字化技术、智能化设备等手段提高运营效率,降低人工成本;可以采用新能源技术,降低能耗成本;可以拓展非票务收入渠道,如广告宣传、商业开发等,增加收入来源,减轻运营资金压力。

5 结语

本文以城市轨道交通 PPP 项目运营期绩效评

价为研究对象,通过细化指标体系、采用 AHP-CRITIC 组合赋权方式和建立模糊物元评价模型,实现对项目的全面评估。以徐州地铁 1 号线为例,本文验证了所构建模型的可行性和适用性,为城市轨道交通 PPP 项目的高质量可持续发展提供了有力支持。通过充分考虑公益属性、关注政府和公众满意度等关键因素,本文为政府和社会资本提供了相应的对策与建议,旨在推动 PPP 项目在运营期取得更优异的绩效,促进城市交通体系的可持续发展,对于未来类似项目管理和决策具有积极的启示作用,为构建更加科学、合理的 PPP 项目绩效评价体系提供了有益经验。

参考文献

- [1] 魏少辉. 城市轨道交通 PPP 项目绩效评价研究 [D]. 北京: 北京交通大学, 2022.
- [2] 杨媛竹, 杨梅. 基于改进 AHP 的地铁 PPP 项目绩效评价 [J]. 天津理工大学学报, 2023, 39 (1): 42-47.
- [3] 王雨哲. 城市轨道交通 PPP 项目财政支出绩效评价研究 [D]. 北京: 北京建筑大学, 2020.
- [4] 吴梦. 协同视角下新市镇 PPP 项目运营期绩效评价研究 [D]. 南京: 南京师范大学, 2021.
- [5] 卜波, 蔡春明, 罗聪. 基于组合赋权-改进可拓云模型的城市水生态 PPP 项目绩效综合评价 [J]. 工程管理学报, 2022, 36 (1): 94-99. **PMT**

收稿日期: 2024-02-23

作者简介:

刘祖容 (1971—), 女, 副教授, 研究方向: 工程项目管理、项目融资、建设管理。

谢玉美 (通信作者) (1999—), 女, 研究方向: 工程项目管理、绿色建筑、建设管理。

肖志涵 (1998—), 男, 研究方向: 工程项目管理、建设管理。