

doi: 10.3969/j.issn.1672-6073.2023.01.012

考虑乘客需求的城市轨道交通 服务质量评价

何静, 徐钰婷

(昆明理工大学交通工程学院, 昆明 650500)

摘要:城市轨道交通服务质量评价是行业监管部门为监督和评估轨道交通运营服务水平, 定期开展的考核工作。传统的城市轨道交通服务质量评价采用比较各线路总体得分的形式, 对乘客的主体感知和真实需求的探讨较少。为提高城市轨道交通服务质量, 基于乘客的感知及需求构建城市轨道交通服务质量评价指标体系, 建立基于结构方程模型(structural equation modeling, SEM)及贝叶斯网络的综合评价模型。通过 SEM 评估模型中变量之间的关系, 利用贝叶斯推理与诊断对其进行辅助决策, 以更准确地揭示各变量对服务质量的影响程度, 有针对性地优化服务方案, 多维度地满足乘客需求。最后以昆明市轨道交通为例, 对其服务质量进行评价。研究结果表明: 设施可靠、人工服务与出行安全对服务质量的影响幅度较大; 通过对模型未知参数的拟合优度进行评价, 得到偏差信息准则 $DIC=29>10$, 验证了本文所提模型的可行性与适用性。

关键词:城市轨道交通; 服务质量; 乘客需求; 结构方程模型; 贝叶斯网络

中图分类号: U231

文献标志码: A

文章编号: 1672-6073(2023)01-0080-07

Urban Rail Transit Service Quality Evaluation Considering Passenger Demand

HE Jing, XU Yuting

(Faculty of Transportation Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650500)

Abstract: The evaluation of urban rail transit service quality is regularly carried out by the industry supervisory department to monitor and evaluate the operation service level of rail transit. The traditional evaluation of urban rail transit service quality involves comparing the overall scores of each line with less exploration of the main perceptions and real needs of passengers. To improve the service quality of urban rail transit, an evaluation index system of urban rail transit service quality was constructed based on passengers' perceptions and demands, and a comprehensive evaluation model based on SEM and a Bayesian network were developed. The relationship between variables in the model is evaluated by SEM, and the auxiliary decision is made by Bayesian inference and diagnosis, to more accurately reveal the influence degree of each variable on the quality of service, optimize the service plan targeted, and meet the demands of passengers in multiple dimensions. Finally, take Kunming rail transit as an example to evaluate its service quality. The results show that the reliability of facilities, manual service, and travel safety has a great influence on service quality. By evaluating the goodness of fit of the unknown parameters of the model, the Deviance Information Criterion $DIC=29>10$ was obtained, which verified the feasibility and applicability of the model proposed in this paper.

Keywords: urban rail transit; service quality; passenger demand; SEM; bayesian network

收稿日期: 2021-12-07 修回日期: 2022-05-16

第一作者: 何静, 女, 博士, 教授级高级工程师, 从事轨道交通运营管理、公共交通规划与管理等研究, abbey0929@163.com

基金项目: 云南省科技厅科技计划面上项目(2019FB086); 昆明理工大学引进人才科研启动基金资助项目(KKSY201802016)

引用格式: 何静, 徐钰婷. 考虑乘客需求的城市轨道交通服务质量评价[J]. 都市轨道交通, 2023, 36(1): 80-86.

HE Jing, XU Yuting. Urban rail transit service quality evaluation considering passenger demand[J]. Urban rapid rail transit, 2023, 36(1): 80-86.

城市轨道交通服务质量评价是行业监管部门为监督和评估轨道交通运营服务水平,定期开展的考核工作。乘客为城市轨道交通的主要服务对象,通过乘客视角,了解其在乘坐城市轨道交通时的体验感受,可以准确识别乘客的出行需求,切实把握服务质量与乘客需求之间的差距,从而有针对性地改善服务方案,优化企业形象,吸引更多客流。因此,从乘客感知及需求角度构建城市轨道交通服务质量评价指标体系,对影响服务质量的因素及其相互间的作用关系展开研究,切实把握乘客真实需求,考虑乘客主体感受,对优化服务方案至关重要。目前学者们在服务质量评价指标体系的建立及评价方法的使用上进行了广泛的研究^[1],其中层次分析法^[2-3]、模糊综合评价法^[4-6]等理论多为主观赋权法,主要依赖人为主观判断,导致分析问题不够客观。为了解决上述问题,部分学者开始探索新的测评方法^[7-8]。陈坚等^[9]对结构方程模型(structural equation modeling, SEM)方法进行改进,提出了城市轨道交通乘客满意度多群组分析模型,结果表明不同分群条件下的乘客满意度评价结果存在差异性。李林波等^[10]建立云模型评价方法,通过评价云图直观反映出乘客对上海地铁2号线的总体满意度。郭晓凡等^[11]在云模型基础上结合熵权法,通过权重大小确定各评价指标的重要程度,为嘉定区公交服务改进提供依据。谷素斐等^[12]对深圳地铁线路服务质量进行评价,验证了所构建指标的科学与合理性。刘斌等^[13]对武汉地铁运营服务质量进行实测评价,并针对其存在的问题提出了改进对策。

传统的评价大多侧重于计算各线路的整体服务质量水平,对乘客主体感知和真实需求的探讨相对较少。同时,传统SEM方法的预测能力与诊断功能有限,而贝叶斯网络在因果建模技术方面又存在局限性。因此,基于以上考虑,本文以乘客感知与需求为切入点,构建了基于SEM及贝叶斯网络的城市轨道交通服务质量评价模型,将SEM理论实证能力的优点与贝叶斯网络预测和诊断能力的特点结合,通过数据来识别和检验因素之间的因果关系,并利用先验知识推理和后验概率诊断来对其进行辅助决策。该模型不仅能使未知参数估计更加精确,还能评估模型中某一变量变化时对其余变量的影响,达到更深层次的聚焦乘客感知,揭示乘客需求,以期成为地铁运营管理者制定针对性改善方案、提升运营服务质量、满足乘客需求的有效手段。

1 构建服务质量评价指标体系

评价指标体系的建立不仅要全面真实地反映轨道交通运营服务内容,还应充分考虑乘客的主体感知及出行需求。影响乘客感知体验的评价因素主要包含出行时间、出行环境、出行安全、出行便捷经济、列车服务、车站服务及其他配套设施服务等方面。在此基础上,本文最终选择从导向信息、环境舒适等9个方面展开研究。然后根据指标优化度原则,运用信、效度检验和因子分析等方法最终建立城市轨道交通服务质量评价指标体系,如表1所示。

表1 城市轨道交通服务质量评价指标体系
Table 1 Evaluation index system of urban rail transit service quality

一级指标	二级指标
导向信息 <i>A</i>	<i>A</i> ₁ : 出入口信息指引清晰、准确;
	<i>A</i> ₂ : 购票、乘车、进出站等指引清晰准确;
	<i>A</i> ₃ : 导向信息覆盖率高;
	<i>A</i> ₄ : 站内电子显示屏信息提示清晰、准确;
	<i>A</i> ₅ : 其他渠道对地铁出行相关信息的宣传;
环境舒适 <i>B</i>	<i>B</i> ₁ : 站内空气流通、温度适宜、照明良好;
	<i>B</i> ₂ : 进出站及站内环境整洁;
	<i>B</i> ₃ : 车厢拥挤度不高;
	<i>B</i> ₄ : 车厢内座椅舒适;
	<i>B</i> ₅ : 站内秩序良好及乘客行为文明程度较高;
设施可靠 <i>C</i>	<i>C</i> ₁ : 售检票系统安全可靠;
	<i>C</i> ₂ : 列车正点率高;
	<i>C</i> ₃ : 列车间隔时间合理;
	<i>C</i> ₄ : 列车运行平稳性良好;
	<i>C</i> ₅ : 闸机感应灵敏;
	<i>C</i> ₆ : 电扶梯完好、便利;
出行快捷 <i>D</i>	<i>D</i> ₁ : 从出发地到目的地所需时间较短;
	<i>D</i> ₂ : 换乘方便快捷;
	<i>D</i> ₃ : 与其他交通方式换乘方便;
人工服务 <i>E</i>	<i>E</i> ₁ : 工作人员服务态度好;
	<i>E</i> ₂ : 工作人员处理问题及时;
	<i>E</i> ₃ : 工作人员服务形象好;
	<i>E</i> ₄ : 工作人员服务用语使用恰当;
	<i>E</i> ₅ : 工作人员服务效率高;
投诉响应 <i>F</i>	<i>F</i> ₁ : 投诉渠道的获知途径清晰明了;
	<i>F</i> ₂ : 投诉渠道方便、多样、畅通;
	<i>F</i> ₃ : 投诉问题得到及时回复与处理;
	<i>F</i> ₄ : 投诉处理进度得到及时更新;
	<i>F</i> ₅ : 对投诉处理结果满意程度;

续表

一级指标	二级指标
出行安全 G	G ₁ : 站内、外治安环境好;
	G ₂ : 安检系统良好;
	G ₃ : 车站及车厢内有安全宣传;
	G ₄ : 出现大客流情况下, 地铁站采取的客流安全措施有效;
	G ₅ : 站内设有灭火器、安全锤等安全设施;
	G ₆ : 车门、屏蔽门开关良好;
文化服务 M	M ₁ : 车站内地域特色设计鲜明;
	M ₂ : 有特色鲜明的主题列车;
	M ₃ : 车站及车厢内有文化教育及宣传;
便捷经济 N	N ₁ : 地铁票价设置合理;
	N ₂ : 电子乘车码使用方便;
	N ₃ : 搭乘地铁时间成本低, 时间可控性高;

2 基于乘客需求的城市轨道交通服务质量评价

本文以表 1 中评价指标体系内容为核心, 构建基于 SEM 及贝叶斯网络的城市轨道交通服务质量评价模型。

2.1 结构方程模型

SEM 是通过将因子分析和路径分析两项理论进行综合运用来设计和处理多组因果模型的一种统计学方法, 可以同时实现处理多组变量之间的关系。基本的 SEM 包含测量方程和结构方程两部分。

测量方程用来表示潜变量 ω_i 与观测变量 γ_i 之间的关系

$$\gamma_i = \mathbf{A}\omega_i + \varepsilon_i, i=1, 2, \dots, n \quad (1)$$

式中: γ_i 为观测变量; ω_i 为潜变量; \mathbf{A} 为 γ_i 在 ω_i 上的 $p \times q$ 因子载荷矩阵, 表示指标与潜变量之间的关系; ε_i 为与 ω_i 独立的误差项, ε_i 服从 $N[0, \Psi_\varepsilon]$ 分布, Ψ_ε 为对角矩阵。

结构方程用来描述潜变量之间的关系。令 ω_i 包含 η_i 和 ζ_i , η_i 为 $q_1 \times 1$ 潜变量, ζ_i 为 $q_2 \times 1$ 潜变量。结构方程表示为

$$\eta_i = \mathbf{\Pi}\eta_i + \mathbf{\Gamma}\zeta_i + \delta_i, i=1, 2, \dots, n \quad (2)$$

式中: $\mathbf{\Pi}$ 和 $\mathbf{\Gamma}$ 为未知回归系数矩阵; δ_i 为误差项, δ_i 服从 $N[0, \Phi]$ 分布; Φ 是正定协方差矩阵; ζ_i 服从 $N[0, \Phi]$ 分布。

在 SEM 建模过程中, 首先明确构建模型需要的潜变量, 根据变量之间的关系来确定结构模型, 然后明确各个潜变量的观测变量, 确定测量模型。通过 SEM 建模, 验证潜变量和观测变量组合的因果模型与

观测数据的契合度, 检验整个模型和数据的适配程度, 最终得到一个既符合理论基础又具有现实意义的模型。

2.2 贝叶斯网络

贝叶斯网络(bayesian network, BN)是在推理过程中模拟变量间因果关系不确定性处理的概率图模型, 广泛运用于多个领域中。其网络拓扑图是一个有向无环图。

令 $G=(I, E)$ 表示一个有向无环图, 其中 I 表示该图中所有变量节点, 而 E 表示所有有向边, $U = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}, n \geq 1, X = (X_i), i \in I$ 表示随机变量。BN 是这组变量 U 上的网络拓扑结构, 它包含了 U 和概率表集 B_p ,

$$B_p = \{p(x_i | pa(x_i), x_i \in U)\} \quad (3)$$

式中: $pa(x_i)$ 表示变量 X 的“因”, 则节点 X 的联合概率表示为

$$p(U) = \prod_{i \in U} p(x_i | pa(x_i)) \quad (4)$$

2.3 基于 SEM 的贝叶斯估计

令 $\mathbf{Y}=(y_1, y_2, \dots, y_n)$ 为 SEM 中可观测的连续变量矩阵, $\mathbf{\Omega}=(\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)$ 为潜变量矩阵。在后验分析中, 将 $\mathbf{\Omega}$ 增广到 \mathbf{Y} 中, 并且添加联合后验分布 $P(\theta, \mathbf{\Omega} | \mathbf{Y})$, 并从中抽取大量 (T) 的样本。其中 θ 表示 \mathbf{A} 、 Ψ_ε 、 $\mathbf{\Pi}$ 、 $\mathbf{\Gamma}$, 以及 Φ 和 Ψ_δ 中未知的参数向量。

然后令 \mathbf{Y} 为 $\{(\theta^t, \mathbf{\Omega}^t): t=1, 2, \dots, T\}$, 对模型进行计算。 θ 的贝叶斯估计与标准差估计计算公式为

$$\theta = T^{-1} \sum_{t=1}^T \theta^t \quad (5)$$

$$\text{Var}(\theta | \mathbf{Y}) = (T-1)^{-1} \sum (\theta^t - \theta)(\theta^t - \theta)^T \quad (6)$$

对于任意设置的 y_i , 令 w_i 表示 y_i 中各变量的得分, $E(w_i | y_i)$ 为 w_i 的后验均值估计, $\text{Var}(w_i | y_i)$ 为后验协方差矩阵估计, 计算公式为

$$w_i = T^{-1} \sum_{t=1}^n w_i^{(t)} \quad (7)$$

$$\text{Var}(w_i | \mathbf{Y}) = (T-1)^{-1} \times \sum_{t=1}^T (w_i^{(t)} - w_i)(w_i^{(t)} - w_i)^T \quad (8)$$

2.4 评价流程

基于乘客需求的城市轨道交通服务质量评价过程如下:

- 1) 参考相关法律法规及国内外文献, 从乘客感知及需求角度构建城市轨道交通服务质量评价指标体系。
- 2) 基于 SEM 方法构建城市轨道交通服务质量评

价模型，并利用调查数据进行模型验证。

3) 将已验证的 SEM 模型作为贝叶斯网络的结构基础，计算 SEM 中各潜变量的初始先验概率，并通过聚类分析分为“高”“低”两种状态后，输入到贝叶斯网络节点中，构建城市轨道交通服务质量评价贝叶斯网络。

4) 通过观测贝叶斯网络中各潜变量在“高”“低”两种状态下的概率变化，对 SEM 模型中的影响因素进行贝叶斯推理与诊断，并对最终结果进行分析。

3 案例分析

根据本文所构建的城市轨道交通服务质量评价指标体系，采用李克特五分量表法编制调查问卷，以昆明市所有乘坐地铁 1、2 号线出行的乘客为调查对象，共发放问卷 546 份，得到有效问卷 493 份，问卷有效率为 90.29%，达到抽样率要求。

3.1 SEM 模型结果分析

通过 Spss25.0 软件对数据的信、效度进行检验。通常情况下，Cronbach's Alpha 系数与 KMO 值在 0.8 以上，被认为数据的可信度及效度较高。 t 值是判断样本量与统计模型的显著水平指标，当 $|t|>1.96$ 时，表示可以接受^[9]。

模型检验结果如表 2 所示，城市轨道交通服务质量评价体系中各一级指标的 Cronbach's Alpha 与 KMO 值均在 0.8 以上，说明问卷信效度良好；各路径 t 统计量均大于 1.96，说明模型拟合良好，可进行深入研究。建立昆明市城市轨道交通服务质量评价结构方程模型如图 1 所示。其中大圆圈代表潜变量，对应表 1 中的一级指标；方块代表对潜变量进行解释说明的测量变量，对应表 1 中的二级指标；箭头代表路径，路径上的数字即路径系数；小圆圈中的 r 表示测量残差。

表 2 模型检验

Table 2 Model variables and path test

变量	Cronbach's Alpha	KMO	路径	显著性 t 值
导向信息	0.885	0.847	服务质量←导向信息	11.195
环境舒适	0.891	0.868	服务质量←环境舒适	9.925
设施可靠	0.941	0.927	服务质量←设施可靠	13.443
出行快捷	0.848	0.828	服务质量←出行快捷	9.836
人工服务	0.958	0.909	服务质量←人工服务	13.008
投诉响应	0.898	0.853	服务质量←投诉响应	12.477
出行安全	0.907	0.891	服务质量←出行安全	10.126
文化服务	0.952	0.812	服务质量←文化服务	16.313
便捷经济	0.957	0.821	服务质量←便捷经济	17.278

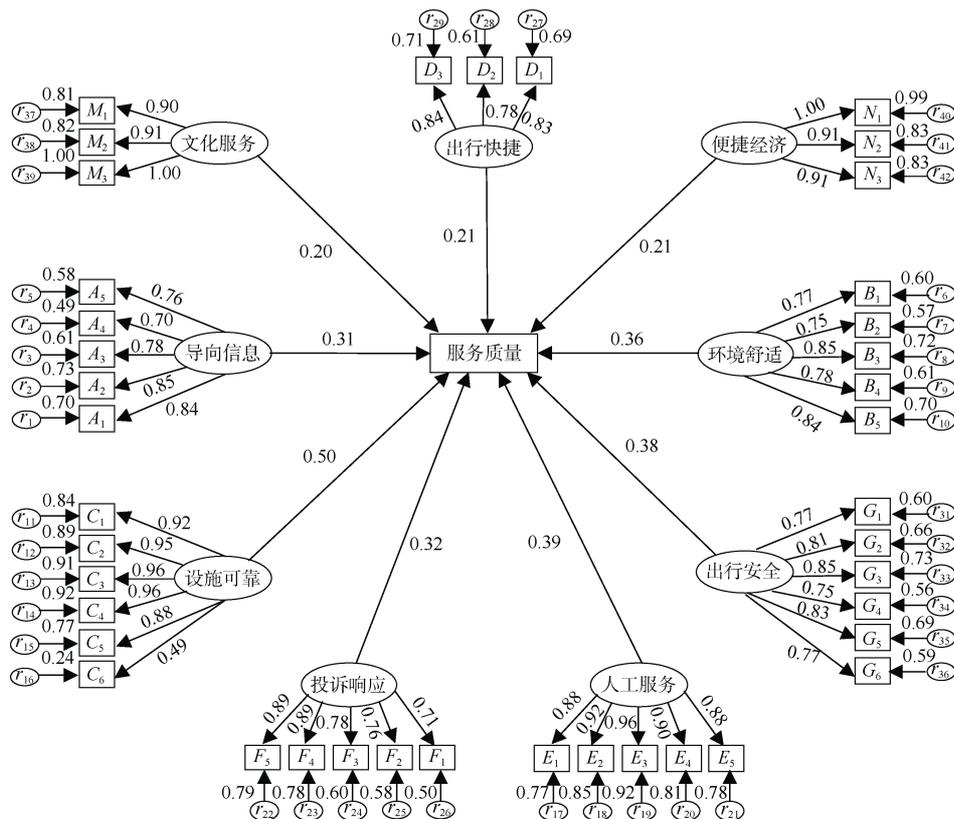


图 1 城市轨道交通服务质量评价结构方程模型

Figure 1 Structural equation model of urban rail transit service quality evaluation

通过分析模型结果可知，设施可靠、人工服务与出行安全对服务质量的影响程度较大(标准化路径系数分别为 0.50、0.39、0.38)。

3.2 贝叶斯检测

3.2.1 先验概率计算

连接 SEM 及 BN 的关键因素是潜变量得分。根据 SEM 中的潜变量得分，计算各潜变量的初始先验概率。然后在此基础上进行聚类分析，将各潜变量离散化为“高”“低”两种状态，即将数据范围分成两部分，分别对应不同的状态。通过计算两种状态下出现的频率，最终得到各潜变量在不同状态下的初始先验概率，如图 2 所示。

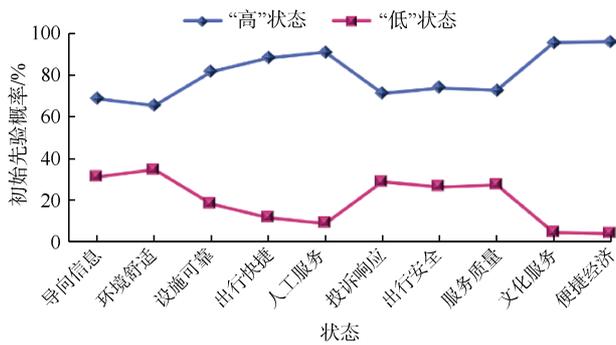


图 2 不同状态下的初始先验概率
Figure 2 Initial a priori probability in different states

3.2.2 基于 SEM 的贝叶斯估计

将潜变量得分作为数据基础，利用 AMOS 24.0 软

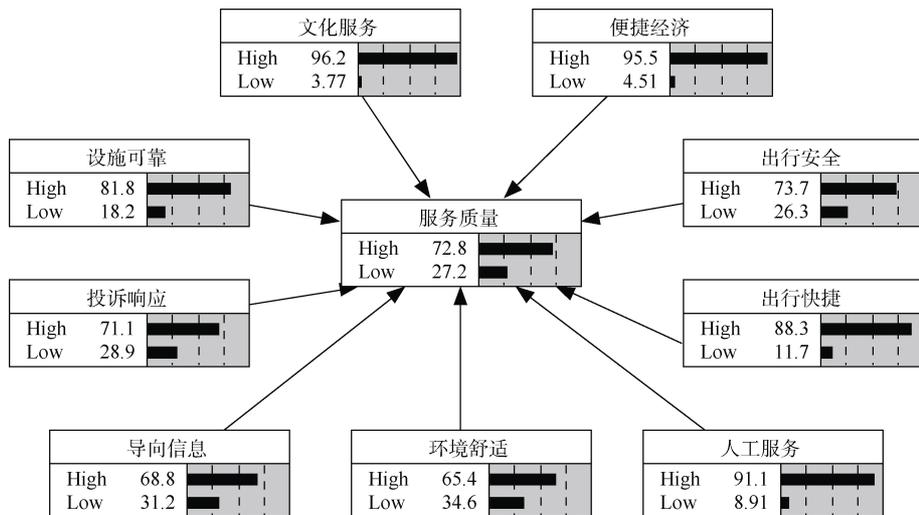


图 4 城市轨道交通服务质量评价 BN 网络
Figure 4 BN network for service quality evaluation of Urban Rail Transit

将图 2 中的先验概率作为证据节点提供给贝叶斯网络，由其对服务质量做出相应的预测和分析，得出

件代入 SEM 进行贝叶斯估计。运行结果表明，在经过 97059 次迭代后，该模型的收敛指数 $CS=1.0019$ ，事后预测值 $P=0.40$ ，位于 $0.05\sim 0.95$ 之间，测量变量 A_3 的轨迹图如图 3 所示。由图可知，图中已无明显的上下趋势或随机波动的现象，表明该模型已收敛且适配。通过偏差信息准则(deviance information criterion, DIC)^[14]对模型中未知参数的拟合优度进行评价，其中，若 $DIC>10$ ，则表示与传统结构方程模型有显著差异^[15]。本次模型的偏差信息准则 $DIC=29>10$ ，说明该模型明显优于传统结构方程模型。

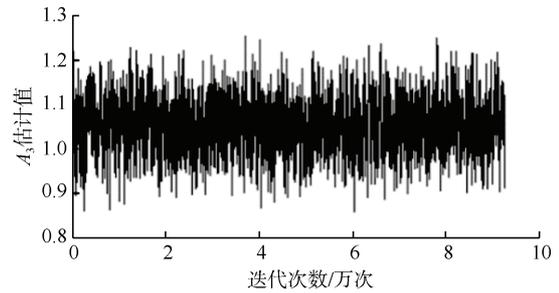


图 3 A_3 的参数估计值
Figure 3 Parameter estimate of A_3

3.2.3 贝叶斯推理

将图 2 潜变量在不同状态下的初始先验概率作为数据基础，绘制昆明市城市轨道交通服务质量评价贝叶斯网络，如图 4 所示，并在此基础上进行贝叶斯推理与诊断。

服务质量的概率变化图，如图 5 所示。根据图上数据的变化情况就能对服务质量的变化情况做预测分析。

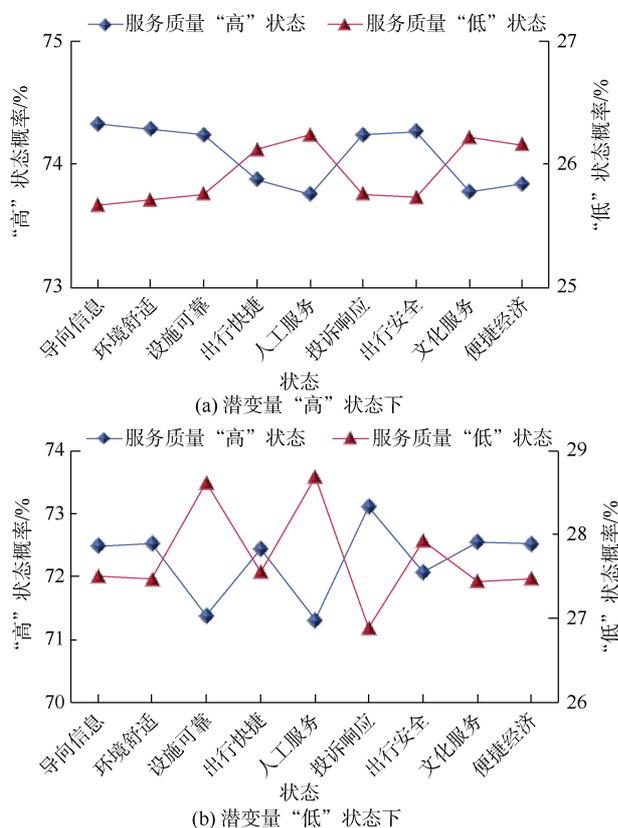


图5 服务质量概率

Figure 5 Probability of service quality

图5结果表明:当各潜变量概率由高到低变化时,服务质量均受不同程度的影响。首先观察服务质量在“高”状态部分的概率,发现均呈现不同幅度的降低。其中当设施可靠、人工服务与出行安全3个变量变化时,服务质量的变化幅度较大,分别降低了2.86%、2.45%、2.20%。例如,当设施可靠“高”时,服务质量“高”状态部分的概率为74.24%,而设施可靠低时,服务质量“高”状态部分的概率为71.38%,降低了2.86%。此结论也与通过SEM检验得出的结果相符合,说明乘客在乘坐地铁出行时更注重在此3方面的感知体验及需求满足。最后观察服务质量在“低”状态部分的概率变化,发现均呈现不同幅度的增大。

因此,昆明地铁应从乘客主体感知角度出发,严格把控各服务环节,制定针对性的优化服务方案,满足乘客多维度的需求。在设施可靠方面,需要提升列车启动或停靠的平稳程度及列车准点率,定期对自动售检票系统,电、扶梯等设施设备进行详细检查,以降低设备故障率;在人工服务方面,应不断加强地铁工作人员服务技巧的培训,并通过文化教育及宣传等方式提高工作人员的服务意识,改善工作人员的服务态度,优化服务环境;在出行安全方面,可通过海报

展示、发放安全引导手册等方式对乘客进行安全宣传,提升乘客安全感。

3.2.4 贝叶斯诊断

将服务质量在“高”“低”状态下的概率作为数据基础提供给贝叶斯网络,并由其对模型中其余潜变量进行诊断,最后得出SEM中各潜变量的概率变化图,如图6所示。

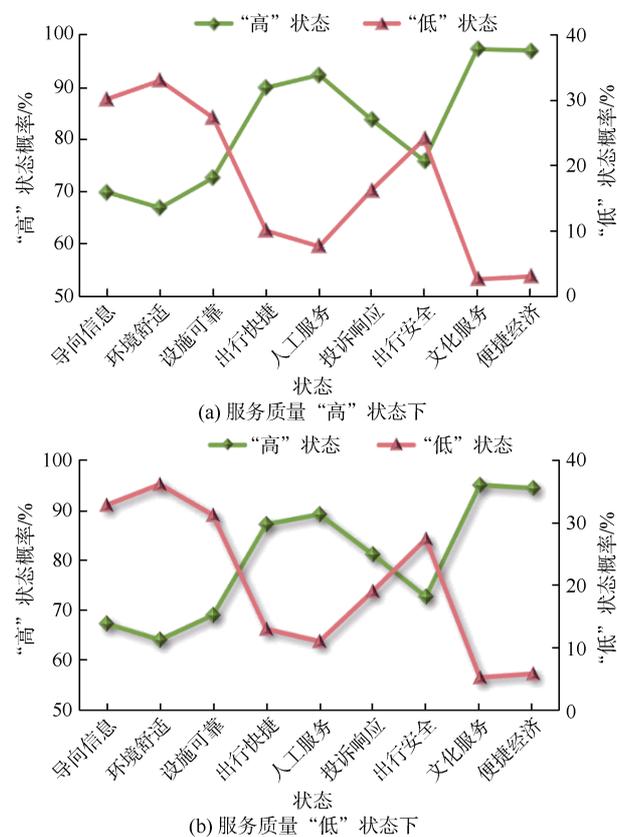


图6 潜变量概率

Figure 6 Probability of latent variables

图6结果表明:随着服务质量状态由高到低变化时,模型中各潜变量在“高”状态部分的概率降低,“低”状态部分的概率增加。例如,当服务质量高时,出行安全在“高”状态部分的概率为74.24%,而服务质量低时,出行安全在“高”状态部分的概率为71.38%,呈现递减趋势。说明已知服务质量在“高”、“低”两种状态下的概率,可以通过贝叶斯诊断推断出其他潜变量的变化情况,为地铁服务人员把握乘客需求,制定系统特色的服务优化方案提供决策依据。

4 结论

本文以基于乘客感知及需求的服务质量评价指标内容为核心,构建了基于SEM及贝叶斯网络的城市轨道交通服务质量评价模型,并以昆明市轨道交通为

例进行了实证分析, 得到结论如下:

1) 在本文所构建的城市轨道交通服务质量评价体系中, 设施可靠、人工服务与出行安全对服务质量的影响较大(路径系数分别为 0.50、0.39、0.38; 变化幅度分别为 2.86%、2.45%、2.20%)。说明乘客在乘坐地铁出行时更注重在此 3 方面的感知体验。

2) 基于 SEM 及贝叶斯网络的城市轨道交通服务质量评价模型的偏差信息准则 $DIC=29>10$, 明显优于传统结构方程模型, 验证了该模型的可行性与有效性, 可以成为城市轨道交通了解乘客需求、制定针对性改进方案、提高服务质量的有效手段。

乘客作为城市轨道交通的主要服务对象, 其良好的乘坐体验与轨道交通运营服务的质量密切相关。通过乘客感知及需求角度构建城市轨道交通服务质量评价指标体系, 并采用基于 SEM 及贝叶斯网络的城市轨道交通服务质量综合评价模型, 将 SEM 理论实证能力的优点与贝叶斯网络预测和诊断能力的特点结合, 可以更深层次地反映地铁服务中存在的薄弱环节及乘客的真实需求, 制定有针对性的优化服务方案, 提升运营服务质量, 满足乘客需求。

参考文献

- [1] SAW Y Q, DISSANAYAKE D, ALI F, et al. Passenger satisfaction towards metro infrastructures, facilities and services[J]. *Transportation research procedia*, 2020, 48: 3980-3995.
- [2] 温惠英, 吴璐帆, 梅家骏. 基于改进 AHP 法的广佛城际公交满意度模糊综合评价[J]. *中山大学学报(自然科学版)*, 2018, 57(5): 64-71.
WEN Huiying, WU Lufan, MEI Jiajun. Fuzzy comprehensive evaluation of Guangzhou-Foshan public transit satisfaction of inter-city based on improved AHP method[J]. *Acta scientiarum naturalium universitatis sunyatseni*, 2018, 57(5): 64-71.
- [3] 张璟. 苏州市轨道交通公共服务满意度测评研究[D]. 昆明: 云南财经大学, 2020.
ZHANG Jing. Research on satisfaction evaluation of public service of Suzhou rail transit[D]. Kunming: Yunnan University of Finance and Economics, 2020.
- [4] 李世伟, 辛晓敏, 潘福全. 基于模糊综合评价方法的青岛地铁乘客满意度分析[J]. *城市轨道交通研究*, 2020, 23(8): 117-119.
LI Shiwei, XIN Xiaomin, PAN Fuquan. Passenger satisfaction analysis of Qingdao metro based on fuzzy comprehensive evaluation method[J]. *Urban mass transit*, 2020, 23(8): 117-119.
- [5] 牟能冶, 汪敏, 孙越, 等. 基于旅客需求的高速铁路客运服务质量评价[J]. *铁道运输与经济*, 2021, 43(4): 33-40.
MU Nengye, WANG Min, SUN Yue, et al. Evaluation of high speed railway passenger transportation service based on passenger demand[J]. *Railway transport and economy*, 2021, 43(4): 33-40.
- [6] 刘宁馨, 徐利氏, 魏然, 等. 高速铁路旅客差异化服务满意度评价研究[J]. *铁道运输与经济*, 2019, 41(8): 36-42.
LIU Ningxin, XU Limin, WEI Ran, et al. A study on differentiated service of high-speed railway based on passenger satisfaction[J]. *Railway transport and economy*, 2019, 41(8): 36-42.
- [7] SAFIEK M. Passenger satisfaction and loyalty: a case of inter-city coach travel in Malaysia[J]. *Benefit Journal Manajemen dan Bisnis*, 2016, 11(2): 1-20.
- [8] ASOKAN P, GIRISH S. Passenger satisfaction towards Indian railway in Kerala with special reference to aluva junction[J]. *International journal of recent technology and engineering (IJRTE)*, 2020, 8(6): 2290-2293.
- [9] 陈坚, 唐炜, 蔡晓禹, 等. 城市轨道交通乘客满意度多群组结构方程模型[J]. *交通运输系统工程与信息*, 2018, 18(1): 173-178.
CHEN Jian, TANG Wei, CAI Xiaoyu, et al. Multiple-group structural equation model of passenger satisfaction in urban rail transit[J]. *Journal of transportation systems engineering and information technology*, 2018, 18(1): 173-178.
- [10] 李林波, 郭晓凡, 傅佳楠, 等. 基于云模型的城市轨道交通乘客满意度评价[J]. *同济大学学报(自然科学版)*, 2019, 47(3): 378-385.
LI Linbo, GUO Xiaofan, FU Jianan, et al. Evaluation approach of passenger satisfaction for urban rail transit based on cloud model[J]. *Journal of Tongji University (Natural Science)*, 2019, 47(3): 378-385.
- [11] 郭晓凡, 李林波, 王艳丽, 等. 基于熵权法-云模型的公交服务满意度评价[J]. *重庆交通大学学报(自然科学版)*, 2018, 37(9): 101-106.
GUO Xiaofan, LI Linbo, WANG Yanli, et al. Satisfaction evaluation of public transit service based on entropy weight method and cloud model[J]. *Journal of Chongqing Jiaotong University (Natural Science)*, 2018, 37(9): 101-106.
- [12] 谷素斐, 张红云. 城市轨道交通客运服务质量综合评价应用研究[J]. *都市轨道交通*, 2020, 33(4): 123-128.
GU Sufei, ZHANG Hongyun. Comprehensive evaluation of urban rail transit passenger service quality[J]. *Urban rapid rail transit*, 2020, 33(4): 123-128.
- [13] 刘斌, 周少雄. 武汉轨道交通运营服务质量评估及提升对策[J]. *都市轨道交通*, 2017, 30(1): 114-118.
LIU Bin, ZHOU Shaoxiong. Evaluation and improvement of service quality of Wuhan rail transit[J]. *Urban rapid rail transit*, 2017, 30(1): 114-118.
- [14] 车畅畅, 王华伟, 倪晓梅. 基于结构贝叶斯方程模型的航空维修差错人为因素分析[J]. *人类工效学*, 2018, 24(5): 11-16.
CHE Changchang, WANG Huawei, NI Xiaomei. Human factors analysis of aviation maintenance errors based on structural Bayesian equation model[J]. *Chinese journal of ergonomics*, 2018, 24(5): 11-16.
- [15] 邓院昌, 史晨军. 基于贝叶斯结构方程模型的疲劳驾驶行为意图研究[J]. *安全与环境学报*, 2019, 19(2): 520-526.
DENG Yuanchang, SHI Chenjun. Psycho-intentional analysis for the factors leading to fatigue driving based on the Bayesian-SEM[J]. *Journal of safety and environment*, 2019, 19(2): 520-526.

(编辑: 王艳菊)