

# 基于结构方程模型的 乘客出行满意度评价

季彦婕 周洋 高良鹏 胡波

东南大学, 交通学院, 南京 210096

**摘要:** 基于南京市有轨电车乘客满意度调查, 建立结构方程模型, 探究影响乘客满意度的主要因素。首先, 建立潜在变量(便捷性、可靠性、舒适性、安全性)与观察变量组合的测量模型, 验证模型与数据契合情况; 其次, 建立外因变量(乘客个人属性、出行特征和有轨电车服务质量)对内因变量(乘客满意度和乘坐意向)作用的假设模型, 进行路径分析; 最后结合满意度重要性矩阵作现状评价。结果表明, 舒适性并非乘客选择有轨电车出行的主要因素, 其改善只提升乘客满意度, 并不对乘坐意向产生正向作用, 而提高便捷性与可靠性是增加有轨电车分担率最有效途径。在出行过程中乘客对时间成本敏感度高, 过长候车时间将直接削减有轨电车与其他出行方式的竞争力。

**关键词:** 城市交通; 乘客满意度评价; 结构方程模型; 有轨电车

中图分类号: U491

文献标识码: A

文章编号: 1672-4747(2016)03-0007-07

DOI: 10.3969/j.issn.1672-4747.2016.03.002

## Evaluation of Passenger Satisfaction Based on Structural Equation Modeling Approach

JI Yan-jie ZHOU Yang GAO Liang-peng HU Bo

School of Transportation, Southeast University,

Nanjing 210096, China

**Abstract:** Based on a tram passenger satisfaction survey in Nanjing, a structural equation model was established to explore the main factors influencing passenger satisfaction. Then, a measurement model, containing latent variables (convenience, reliability, comfort, and safety) and observing variables, was constructed to verify the goodness-of-fitting between the model and the data. Then, a hypothesis model which revealed the effects of the exogenous variables

收稿日期: 2015-10-28.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51338003); 国家重点基础研究发展计划(973)项目(No. 2012CB725402)。

作者简介: 季彦婕(1980-), 女, 江苏靖江人, 汉族, 博士, 东南大学副教授。

(passenger's attributes, travel characteristics, and service quality of tram) on the endogenous variables (passenger satisfaction and intention) was built to conduct path analysis. Then, the current situation evaluation was provided based on an importance-performance analysis matrix. Results indicate that comfort is not the main factor for passengers' choosing tram to travel. Improving comfort merely enhances passenger satisfaction, but has no positive effects on intention, while improving convenience and reliability is the most effective means to increase the ridership of tram. This means that passengers are sensitive to travel time, and waiting time length will directly reduce tram's competitiveness compared with other travel modes.

Key words: Urban traffic; passenger satisfaction evaluation; structural equation modeling (SEM); tram

## 0 引言

近年来,国家越来越重视城市公共交通的发展。提高公共交通分担率需要基础设施作为保障,同时也要求公交公司提供高质量的服务来吸引市民改变私家车出行模式,而乘客满意度则是评价公交服务水平的关键指标。国内外关于乘客满意度早期研究主要采用传统回归模型分析服务质量评价指标与满意度的相互作用,但时常无法挖掘重要评价变量。然而,结构方程模型容许变量包含误差,能同时处理多个因变量的复杂关系<sup>[1]</sup>,因此,对研究多层次、关系复杂的变量更加准确和适应。

目前结构方程模型在公共交通乘客满意度研究上主要针对常规公交。Juan de Oña 等以公交服务性能、舒适体验、员工服务为外因变量,综合服务质量为内因变量建立结构方程模型分析乘客满意度影响因素<sup>[2]</sup>;刘武、金宁、董琳琳、李勇借鉴美国和欧洲顾客满意度指数(ACSI和ESCI),以国内城市常规公交乘客满意度调查为基础,分析乘客期望、感知质量、乘客满意、乘客忠诚等潜变量之间的关系<sup>[3-6]</sup>。此外Joo Hwan Lee等、Jui-Sheng Chou等、Wen-Tai Lai研究韩国和台湾的高铁乘客满意度,并比较两地影响因素的作用效果<sup>[7-9]</sup>。现代有轨电车作为新兴的交通工具,目前国内外关于其乘客满意度的研究才刚刚兴起。

本文以南京市有轨电车为研究对象,构建结构方

程模型,探究乘客个人属性、出行特征、有轨电车服务质量对乘客满意度和乘坐意向的作用关系,找出现状中有轨电车服务质量上的不足,通过给出一些改善建议来提升有轨电车服务水平,吸引更多的乘客选择公交方式出行,以提高城市公交出行比例。

## 1 乘客满意度调查

为了获取乘客的信息与对有轨电车服务质量的评价,采用RP(Reveled preference)与SP(Stated preference)结合的方式调查性别、年龄、月收入、拥有小汽车情况、公交卡、乘坐频率、乘坐目的、到达站点方式、到达站点费时9个个体特征变量,以及体现有轨电车基本运营属性的可靠性、安全性,与体现人性化服务的便捷性、舒适性4个指标变量。

### 1.1 乘客个体特征统计

以南京市有轨电车1号线为调查对象,共回收问卷250份,剔除无效数据后还剩228份。如表1所示,所调查的乘客男女比例均衡,20至60岁占78.1%,月收入在5000元以下占73.2%。由于有轨电车处于运营初期,73.2%的乘客很少乘坐过有轨电车;57%的乘客通过公共交通到达站点;以通勤为出行目的的乘客占17.5%,弹性出行(购物、游玩、探亲、体验电车)占74.6%,反应出目前有轨电车1号线主要为休闲功能。

表 1 乘客个体特征描述性分析

Tab.1 Descriptive analysis of passengers' individual characteristics

1)	性别：男 (55.7%)	女 (44.3%)		
2)	年龄：20 岁以下 (7.9%)	20—30 岁 (33.8%)	30—60 岁 (44.3%)	60 岁以上 (14%)
3)	月收入：无收入 (17.5%)	2000 元以下 (4.4%)	2000—5000 元 (51.3%)	5000 元以上 (26.8%)
4)	家里是否拥有小汽车：没有 (54.8%)	有 (45.2%)		
5)	所持公交卡类型：没有 (18%)	普通卡/金陵卡 (66.7%)	老年卡/学生卡 (15.3%)	
6)	乘坐频率：很少乘坐 (73.2%)	1—2 次/周 (17.1%)	3—5 次/周 (6.6%)	几乎每天乘坐 (3.1%)
7)	乘坐目的：上班/上学 (17.5%)	公务 (7.9%)	购物 (2.6%)	游玩 (44.7%)
	探亲访友 (2.6%)	体验电车 (24.6%)		
8)	到达站点方式：步行 (24.6%)	自行车 (1.8%)	电动车 (3.1%)	出租车 (5.3%)
	小汽车 (8.3%)	公交 (9.2%)	地铁 (47.8%)	
9)	到达站点费时：5 min (17.1%)	5—10 min (21.9%)	10—15 min (21.9%)	15—30 min (20.6%)
	> 30 min (18.4%)			

1.2 指标变量分析

为了获得乘客具体感受，采用 16 个变量测量指标变量，运用 5 分制的李克特量表法，分“非常不满、不满意、一般、满意、非常满意”5 个等级进行打分，分析结果如表 2 所示。其中方差普遍较小，乘客对指标的感受程度相近。有轨电车内部空间宽敞，设施洁净，有车务人员值班，故  $T_8$  和  $T_{13}$  平均分最高。电车处于运营初步阶段，投入车辆不多，平均发车间隔为 30 min，故  $T_7$  和  $T_6$  平均分最低；每人能忍受的最长候车时间不同，故其方差比较大。

表 2 有轨电车服务质量指标描述性分析

Tab.2 Descriptive analysis of tram service quality indexes

指标变量	测量变量	平均得分	分值方差
便捷性	$T_1$ 线路设置	3.80	0.65
	$T_2$ 乘车站点设置	3.86	0.56
	$T_3$ 到站台方便程度	3.93	0.60
	$T_4$ 换乘便捷性	3.97	0.71
可靠性	$T_5$ 服务时间	3.65	0.76
	$T_6$ 等车时间	3.10	1.10
	$T_7$ 发车频率	2.98	1.08
舒适性	$T_8$ 车内洁净程度	4.36	0.47
	$T_9$ 车内空气温度调节	4.20	0.49
	$T_{10}$ 车内座位提供	4.10	0.64
	$T_{11}$ 车内拥挤程度	4.20	0.51
	$T_{12}$ 车内服务设施提供	4.18	0.46
	$T_{13}$ 工作人员服务态度	4.34	0.47
安全性	$T_{14}$ 车辆运行速度	3.71	0.83
	$T_{15}$ 启动/停靠平稳性	4.12	0.43
	$T_{16}$ 行驶过程中平稳性	4.05	0.49

1.3 数据信度检验

在运用结构方程模型分析之前，需要对数据的信度进行检验。运用 SPSS 软件对服务质量评价数据进行处理，结果如表 3 所示。各变量数据内部一致性系数（克隆巴哈系数法）均大于 0.7<sup>[10]</sup>，表明具有较高的信度。

表 3 调查数据的信度检验结果

Tab.3 Reliability test results of data

指标变量	可测变量个数	克隆巴哈系数法
便捷性	4	0.856
可靠性	3	0.882
舒适性	6	0.926
安全性	3	0.799
全部变量	16	0.954

2 结构方程模型建立

本文共有 228 个有效数据，运用结构方程模型所需的最小样本量为 100 至 150<sup>[11]</sup>，因此可以考虑用结构方程模型来分析变量之间的关系。借助 AMOS 软件先建立有轨电车服务质量的测量模型，验证潜在变量（便捷性、可靠性、舒适性、安全性）和观察变量组合的因果模型与观测数据的契合情况。然后建立外因变量（乘客个人属性、出行特征、有轨电车服务质量）对内因变量（乘客满意度和乘坐意向）的假设模型，进行路径分析。

2.1 结构方程模型公式

结构方程模型分为测量模型和结构模型两个部分，其公式如下：

(1) 测量模型

$$x = A_x \xi + \delta \tag{1}$$

$$y = A_y \eta + \varepsilon \tag{2}$$

式中， $x$  为外因变量  $\xi$  的观测变量； $A_x$  为因子负荷矩阵，表示外因变量  $\xi$  与其测量变量  $x$  的关系； $\delta$  为对  $x$  的误差变量； $y$  为内因变量  $\eta$  的观测变量； $A_y$  为因子负荷矩阵，表示内因变量  $\eta$  与其测量变量  $y$  的关系； $\varepsilon$  为对应  $y$  的误差变量。

(2) 结构模型

$$\eta = B\eta + \Gamma\xi + \zeta \tag{3}$$

式中， $B$  为外因变量  $\xi$  对内因变量  $\eta$  影响的路径系数； $\Gamma$  为内因变量  $\eta$  之间影响的路径系数； $\zeta$  为结构方程的残差矩阵。

2.2 模型结构假设

乘客是城市公共交通的主体，乘客的出行满意度不仅与乘客自身特性存在直接联系，而且还受到出行外部环境的影响。假设模型如图 1 所示， $H_1$ 、 $H_2$ 、 $H_3$  为乘客个体特征对有轨电车服务质量、乘客满意

度、乘车意向的分别影响； $H_4$ 、 $H_5$  为有轨电车服务质量对乘车意向、乘客满意度的影响； $H_6$  为乘客满意度对乘车意向的影响。因此 9 个乘客个体变量和 16 个描述有轨电车服务指标的变量为测量变量，由于个体变量均测量其本身，所以也为外因变量。便捷性、可靠性、舒适性、安全性以及乘客满意度、乘坐意向为内因变量。

2.3 模型计算

(1) 模型拟合指数

结构方程模型主要拟合指标<sup>[11]</sup>如表 4 所示，显著性概率值  $p$ 、卡方与自由度比值 (CMIN/DF)、渐进残差均方和平方根 (RMSEA)、适配度指数 (GFI)、调整后适配度指数 (AGFI)、比较适配指数 (CFI)、规范适配指数 (NFI) 均达到模型可以适配的标准，表示假设模型与观测数据能适配。

表 4 分析模型的拟合指数

Tab.4 Fitting indexes of analysis model

指标项	模型值	标准值
$p$	0.112	> 0.050
CMIN/DF	1.442	< 3.00
RMSEA	0.025	< 0.08
GFI	0.996	> 0.90
AGFI	0.967	> 0.90
CFI	0.998	> 0.90
NFI	0.992	> 0.90

(2) 测量模型

标准化后的测量模型如图 2 所示。由于  $T_1$  (线路设置) 和  $T_2$  (站点设置) 与  $T_6$  (等车时间) 和  $T_7$  (发车频率) 分别具有相关性，所以，建立误差变量相关关系。从结果中因何负载系数可以看出，各项潜在变量均能较好地由相应的测量变量进行描述。

(3) 结构模型

结构模型中变量作用分为两种，即外因变量对内因变量的影响与内因变量对内因变量的影响，两者运行结果分别见表 5 和表 6。

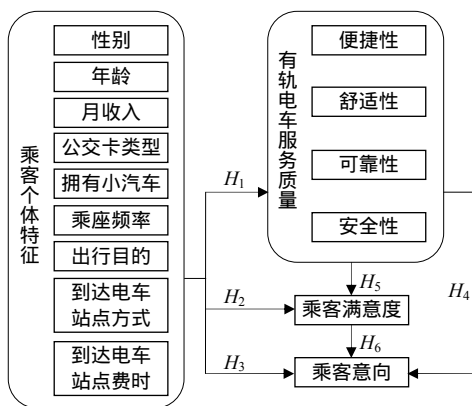


图 1 有轨电车乘客满意度假设模型

Fig.1 Hypothesis model for tram passenger satisfaction

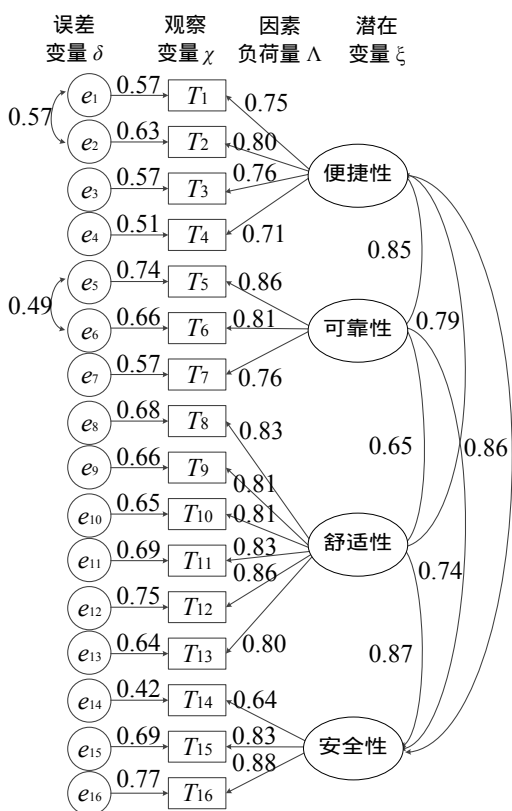


图2 测量模型

Fig.2 Measurement model

表5 外因变量对内因变量作用的路径系数

Tab.5 Path coefficients of independent variables' effects on dependent variables

变 量	便捷性	可靠性	舒适性	安全性	乘客满意度	乘坐意向
性 别	—	—	—	—	—	—
年 龄	—	—	—	—	0.228 (***)	—
月收入	—	—	—	—	-0.091 (***)	—
是否有小汽车	—	—	-0.110 (***)	-0.071 (***)	-0.071 (**)	-0.090 (***)
所持公交卡	0.071 (***)	—	—	—	-0.066 (*)	-0.103 (***)
乘坐频率	—	-0.053 (**)	—	—	—	0.193 (***)
乘坐目的	—	—	—	—	—	—
到达站点方式	0.166 (***)	0.172 (***)	0.129 (***)	0.120 (***)	—	-0.008 (*)
到达站点费时	—	—	—	—	—	—

注：表中\*表示在  $p < 0.1$  水平下显著；\*\*表示在  $p < 0.05$  水平下显著；\*\*\*表示在  $p < 0.01$  水平下显著；“—”表示作用不显著。表6符号同上。

表6 外因变量对内因变量作用的路径系数

Tab.6 Path coefficients of exogenous variables' effects on exogenous variables

变 量	乘客满意度	乘坐意向
便捷性	0.179 (***)	0.195 (***)
可靠性	0.258 (***)	0.210 (***)
舒适性	0.094 (*)	—
安全性	—	—
乘客满意度	—	0.193 (***)

### 3 结果分析与讨论

#### 3.1 外因变量对内因变量作用

年龄对满意度有显著正效应,月收入对满意度有显著负效应,拥有公交卡和拥有小汽车情况对满意度和乘坐意向都有显著负效应。表明年龄越大的乘客对服务质量越满意;月收入高的乘客期望更高,对服务质量感受满意程度低;拥有公交卡的乘客一般利用公共交通出行频率高,对地铁、常规公交、有轨电车感知具有潜在对比,乘客更加不满于有轨电车现状的服务质量;有小汽车的乘客对服务质量更不满意,乘坐意愿不高。

经常乘坐有轨电车的乘客对乘坐意向有显著的正效应,由调查发现近17%的乘客乘坐有轨电车的原因是没有更好的出行方式,这部分乘客容易发生方式转移。老年人心态平和,能宽容看待公交服务不当的地方,更改出行习惯的可能性小。对于收入高、家庭条件较好的乘客,第一次体验不满意之后乘坐意向就不再强烈。所以要提升公交分担率,则必须为乘客提供优质的服务,通过改善服务质量增加老年乘客及对有轨电车依赖性大的乘客的忠诚度;然后,通过宣传、提供必要服务设施,优化运营等方式,发挥有轨电车全封闭式管理、运行稳定、环境舒适等特点吸引小汽车依赖者。

### 3.2 内因变量对内因变量作用

要为乘客提供优质的服务就必须分析乘客对有轨电车服务质量指标的感受状况。在表6中,便捷性和可靠性对乘客满意度、乘坐意向具有显著正效应,舒适性仅对乘客满意度有正效应。说明乘客更关注于有轨电车的便捷性和可靠性,其次是舒适性,而对于安全性在意程度几乎不明显。有轨电车舒适性提高,只明显增加了乘客满意度,而没有增加乘坐意向,这也是有轨电车发展需要注意的地方。安全性对满意度和乘坐意向影响效应不明显,可能是与其他公共交通工具相比,乘客对于安全性能感受并不是特别明显。

### 3.3 综合分析

路径分析结果中,便捷性和可靠性指标对乘客满意度路径系数最大,而两者在表2中得分最低,说明便捷性和可靠性处于满意度重要性矩阵<sup>[12]</sup>的急需改进区。结合两者具体的测量变量,其不足主要表现为:

(1)有轨电车线路设置孤立、与其他模式公交衔接不足。设有公交线路最多的站点——奥体东站只有一条地铁线和三条常规公交线,其他站点几乎没有公交经过。到达有轨电车站点难度大,一般只有体验有轨电车和游玩等特殊乘车目的的乘客才会乘坐有轨电车。可以通过改变部分常规公交线路走向与有轨电车站点相连,或新增常规公交线路提高河西地区公交线网密度,提高乘客乘车便捷性。

(2)发车频率小、乘客平均等车时间长。乘客对等车时间敏感度高,时间长会大大增加乘客的出行成本,致使乘客质疑公交公司服务的诚意并产生不满,严重影响乘客的乘坐意向。在调查中发现,乘客对于出行时间非常注重,部分乘客因为等车时间长甚至情绪激

动。可以通过增加运营车辆、适当提高车速减少车辆行程时间等方式缩短发车间隔,提高车辆可靠性。

此外公交公司自身形象宣传力度不够、有轨电车发展阶段公布不明显。公交公司要立足于发展就必须树立良好的服务形象,对于有轨电车发展阶段及目前运营状况不足之处需要向乘客解释原因,以获得乘客的理解和支持。

## 4 结论

本文用结构方程模型研究有轨电车乘客满意度的主要影响因素。首先,建立了有轨电车服务质量的测量模型,验证由便捷性、可靠性、舒适性、安全性四个潜在变量和相对应的观察变量构建的因果模型与实际观测数据的契合情况。其次,建立乘客个人属性、出行特征、有轨电车服务质量三个外因变量与乘客满意度和乘坐意向两个内因变量的假设模型,进行路径分析。研究结果显示,舒适性仅对乘客满意度有正效应,该指标的提高仅增加了乘客满意度,并不能增加乘坐意向;安全性对乘客满意度和乘坐意向影响效应都不明显;而便捷性、可靠性对乘客满意度和乘坐意向都具有显著正效应,优质便捷性与可靠性服务将增加有轨电车出行方式的占有率。结合满意度重要性矩阵从公交企业的角度进行分析,发现现阶段有轨电车服务质量的便捷性和可靠性落于急需改进区,不足主要表现在有轨电车线路设置孤立、与其他模式公交衔接不足,发车频率小、乘客平均等车时间长等。此外公交公司需要加强自身形象建设,对于有轨电车发展阶段及目前运营状况不足之处需要向乘客做解释,以获得乘客的理解和支持。

### 参考文献

[1] 赵琳娜,王炜,季彦婕,等.乘客差异化需求对公

交出行满意度的影响[J].城市交通,2014,12(4):65-71.

参考文献

- [1] 张务栋, 张绍飞, 冯春萍. 中国和外国铁路网发展模式比较研究[J]. 世界地理研究, 1994, (2): 1-90.
- [2] 刘 华. 200km/h 客货混跑铁路行车组织相关问题研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2005.
- [3] 何邦模. 京沪高速铁路的运输组织模式[J]. 中国铁道科学. 1995, 16(3): 13-23.
- [4] 林晓雪. 客运专线运输组织模式研究[J]. 中国铁路. 2009, (10): 21-23, 27.
- [5] 胡思继. “全高速快速换乘”是京沪高速客运专线运输组织模式的最佳选择[J]. 铁道学报. 1996, 18(s1): 90-96.
- [6] 户佐安, 严余松, 邱忠权. 我国铁路客运专线运输组织模式决策[J]. 统计与决策. 2008, (8): 114-116.
- [7] 彭其渊, 闫海峰, 魏德勇. 武广客运专线运输组织模式研究[J]. 西南交通大学学报. 2004, 39(6): 703-703, 711.
- [8] 李 博, 殷巧琳. 我国高速铁路列车速度合理匹配研究[J]. 铁道运输与经济. 2013, 35(6): 37-42.

(中文编辑: 吴继屏)

上接第12页

- [2] Oña J. D., Oña R. D., Ebohi L., et al. Perceived service quality in bus transit service: a structural equation approach [J]. Transport Policy, 2013, 29: 219-226.
- [3] 刘 武, 李文子. 城市公交服务乘客满意度指数模型[J]. 城市交通, 2007, 5(6): 65-69.
- [4] 金 宁. 公共交通乘客满意度测评理论及实证研究[D]. 长春: 吉林大学, 2009.
- [5] 董琳琳. 基于结构方程模型的公交乘客满意度研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2012.
- [6] 李 勇, 许学娜. 基于 SEM 的公交乘客满意指数模型及实证分析[J]. 企业经济, 2013, (7): 154-157.
- [7] Lee J. H., Jin B. S., Ji Y. G. Development of a structural equation model for ride comfort of Korean high-speed railway [J]. International Journal of Industrial Ergonomics, 2009, 39(1): 7-14.
- [8] Chou J. S., Kim C. W. A structural equation analysis of the QSL relationship with passenger riding experience on high speed rail: An empirical study of Taiwan and Korea [J]. Expert Systems with Applications, 2009, 36(3): 6945-6955.
- [9] Lai W. T., Chen C. F. Behavioral intentions of public transit passengers — The roles of service quality, perceived value, satisfaction and involvement [J]. Transport Policy, 2011, 18(2): 318-325.
- [10] 陈平雁, 黄浙明. SPSS 10.0 统计软件高级应用教程[M]. 北京: 人民军医出版社, 2003.
- [11] 吴明隆. 结构方程模型: AMOS 的操作与应用. 第二版[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 2010.
- [12] 张 双. 地铁乘客满意度评价体系研究[D]. 西安: 长安大学, 2008.

(中文编辑: 吴继屏)