

# 基于结构方程的武汉公交站点满意度评估<sup>\*</sup>

张矢宇, 杨云超, 褚宇航, 陈章炜

(武汉理工大学, 湖北 武汉 430063)

**摘要:** 在武汉市公交站点满意度问卷调查的基础上, 构建基于结构方程的公交站点满意度评估模型, 分析影响公交站点满意度的主要因素, 计算公交站点乘客满意度指数, 提出公交站点发展对策。结果表明, 乘客秩序、上下车安全状况和公共安全对乘客安全性感知的影响较大, 上下车便利状况、车辆信息查找方便程度对乘客便利性感知的影响较大, 拥挤状况、噪声状况和空气污染状况对乘客舒适性感知的影响较大; 计算得乘客对公交站点的满意度指数为 63.25, 满意度评价为满意; 针对满意度评估结果, 从 4 个方面提出改进对策。

**关键词:** 城市交通; 公交站点; 满意度评估; 结构方程; 武汉市

中图分类号: U492.4

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2020)05-0029-04

作为公交系统重要组成部分的公交站点对乘客出行方式选择有很大影响。研究乘客对公交站点的满意度并分析其主要影响因素, 对于落实城市优先发展公共交通政策具有积极的促进作用。Hensher D. A. 通过公交乘客满意度调查研究, 建立了公交车偏好模型; Andreassen T. W. 通过对公共交通顾客满意度的分析, 认为总体满意度与累计满意度存在较大的正相关性; 周艳芳等运用层次分析法对顾客满意度进行分析, 并以北京地铁为调研对象进行了实证研究; 张秉坤运用结构方程研究了乘客满意度; 沈玮薇等构建了基于结构方程的轨道交通乘客满意度测评模型; 付惠琳构建了基于结构方程的公交乘客满意度评价模型, 并针对大连市旅顺口区 18 路公交线路进行了实证分析。目前对交通领域乘客满意度的研究大多针对大的公共交通系统, 对公交站点的研究几乎没有。该文根据顾客满意度概念, 结合武汉市公交站点满意度问卷调查结果, 构建基于结构方程的公交站点满意度评估模型, 计算武汉市公交站点满意度指数, 分析影响武汉市公交站点满意度的主要因素, 在此基础上提出公交站点改进对策, 促进公共交通更好地服务乘客。

## 1 公交站点满意度问卷调查

### 1.1 调查问卷设计与检验

#### 1.1.1 调查问卷设计

基于结构方程的基本理论和武汉市公交站点发

展现状, 确定乘客期望、安全性、便利性、舒适性、满意度和忠诚度 6 个潜变量, 建立武汉市公交站点满意度评估指标体系。依据实际情况把每个问题的选项划分为 5 级, 遵循问卷设计的基本原则, 设计公交站点满意度调查问卷。

#### 1.1.2 调查问卷信度和效度检验

在武汉市内公交站点和网上发放调查问卷, 共计发放问卷 482 份, 回收有效问卷 445 份, 有效率 92.3%。其中线上问卷 282 份, 有效问卷 282 份, 线上问卷有效率 100%; 线下问卷 200 份, 有效问卷 163 份, 线下问卷有效率 81.5%。

(1) 信度检验。信度即可靠性, 反映调查数据的可靠程度。利用 SPSS 软件对问卷进行内在一致性分析。内在一致性信度采用克隆巴哈系数来衡量, 其值为 0~10。若其值不超过 0.6, 说明内部一致性信度不足; 其值为 0.7~0.8, 说明具有相当的信度; 其值为 0.8~0.9 时, 说明信度非常好。各潜变量的克隆巴哈系数和总体克隆巴哈系数计算结果见表 1。从表 1 可看出: 所有变量的克隆巴哈系数均大于 0.7, 总克隆巴哈系数为 0.855, 具有较高的内

表 1 研究变量的克隆巴哈系数

潜变量	克隆巴哈系数	总体克隆巴哈系数
安全性	0.765	0.837
便利性	0.712	
舒适性	0.704	
忠诚度	0.715	

<sup>\*</sup> 基金项目: 武汉理工大学国家级大学生创新创业训练计划项目(20191049702010)

在一致性信度,调查数据较可靠。

(2) 效度检验。效度是指测量手段或工具能够准确测量事物的程度。采用 SPSS 软件中 KMO 值和 Bartlett 球型检验对调查数据进行效度检验。KMO 值在 0.9 以上,说明非常适合做因子分析;KMO 值为 0.8~0.9,说明很适合做因子分析;KMO 值为 0.7~0.8,说明适合做因子分析;KMO 值为 0.6~0.7,说明尚能做因子分析;KMO 值为 0.5~0.6,表示很差;调查结果的 KMO 值在 0.5 以下应该放弃。经过检验,调查结果的 KMO 值为 0.789, $p$  值为  $0.000 < 0.05$ ,适合做因子分析。

## 1.2 调查结果统计分析

445 份有效问卷统计结果显示调查人群中男女比例接近 1:1,年龄状况分布较好,教育程度和职业分布尚可。通过 SPSS 软件对收集到的问卷数据进行描述性统计处理,得:

(1) 乘客对武汉市公交站点的期望值较高,对公交站点总体较满意,再乘意愿也较高。但向相关部门提建议改善公交站点的意愿程度较低。

(2) 对于公交站点安全性,总体来说较满意,站内乘客秩序和护栏安装状况有待提高。

(3) 对于公交站点便利性,总体来说较满意,上下车便利状况较好,车辆信息查找方便程度较高。但到来车辆信息播报程度较差,需改善。

(4) 对于公交站点舒适性,市民总体感受一般,公交站点噪声情况和空气污染状况急需改善。

## 2 基于结构方程的公交站点满意度评估

### 2.1 结构方程模型的基本原理

结构方程模型(SEM)是一种可用于实证研究的模型,是多元数据分析的重要工具。根据作用关系的不同,结构方程模型可分为结构模型和测量模型。其中结构模型反映潜变量之间的因果关系,其形式见式(1);测量模型反映潜变量和可测变量之间的关系,其形式见式(2)和式(3)。

$$\eta = B\eta + \Gamma\xi + \zeta \quad (1)$$

$$Y = \Lambda_y\eta + \epsilon \quad (2)$$

$$X = \Lambda_x\xi + \delta \quad (3)$$

式中: $\eta$  为内生潜变量; $B$  为内生潜变量系数阵; $\Gamma$  为外生潜变量系数阵; $\xi$  为外生潜变量; $\zeta$  为随机干扰项,反映  $\eta$  中未能解释的部分; $Y$  为  $\eta$  的观测指标; $\Lambda_y$  为系数阵,由  $Y$  在  $\eta$  上的因子载荷构成; $\epsilon$  为  $Y$  的测量误差; $X$  为  $\xi$  的观测指标; $\Lambda_x$  为系数阵,由

$X$  在  $\xi$  上的因子载荷构成; $\delta$  为  $X$  的测量误差。

### 2.2 结构方程模型的构建

#### 2.2.1 潜、显变量的确定

根据满意度、结构方程等相关理论,结合公交站点特点,确定结构方程理论模型中的潜变量分别为乘客期望、安全性、便利性、舒适性、满意度和忠诚度。由于潜变量不可直接测量,需选定相应的显变量进行测量。与各潜变量对应的显变量见表 2。

表 2 与各潜变量对应的显变量

潜变量	显变量
安全性	公交站候车护栏安装状况满意程度 $Y_1$
	公交站点乘客秩序满意程度 $Y_2$
	公交站点内上下车安全状况满意程度 $Y_3$
	公交站点公共安全满意程度 $Y_4$
便利性	乘车时上下车便利状况满意程度 $Y_5$
	车辆信息查找方便状况满意程度 $Y_6$
	公交站点车辆信息播报满意程度 $Y_7$
	公交站点间距离设置合理状况满意程度 $Y_8$
舒适性	站内拥挤情况满意程度 $Y_9$
	站内整洁、卫生状况满意程度 $Y_{10}$
	雨雪等恶劣天气候车满意程度 $Y_{11}$
	站点周围噪声情况满意程度 $Y_{12}$
满意度	站点周围空气污染状况满意程度 $Y_{13}$
	武汉市公交站点总体满意程度 $Y_{14}$
忠诚度	平时出行会优先考虑乘坐公交车的意愿程度 $Y_{15}$
	给有关部门提建议改善公交站点的意愿程度 $Y_{16}$
乘客期望	武汉市公交站点的期望程度 $X$

#### 2.2.2 初始模型建立

根据上述分析,建立 11 项假设。

H1:乘客期望对安全性具有正向显著影响。

H2:乘客期望对便利性具有正向显著影响。

H3:乘客期望对舒适性具有正向显著影响。

H4:乘客期望对满意度具有正向显著影响。

H5:安全性对满意度具有正向显著影响。

H6:安全性对忠诚度具有正向显著影响。

H7:便利性对满意度具有正向显著影响。

H8:便利性对忠诚度具有正向显著影响。

H9:舒适性对满意度具有正向显著影响。

H10:舒适性对忠诚度具有正向显著影响。

H11:满意度对忠诚度具有正向显著影响。

基于结构方程的武汉公交站点满意度评估模型见图 1。

由表 5 可知: $Y_1$ (候车护栏安装状况)、 $Y_2$ (乘客秩序)、 $Y_3$ (上下车安全状况)、 $Y_4$ (公共安全)对乘客安全性感知的路径系数分别为 0.326、0.665、0.542、0.646, $Y_2$ 、 $Y_3$ 和 $Y_4$ 对乘客安全性感知的路径系数大于 0.5,对乘客安全性感知的影响较大, $Y_1$ 对乘客安全性感知的影响较小。同理, $Y_5$ (上下车便利状况)和 $Y_6$ (车辆信息查找方便程度)对乘客便利性感知的影响较大; $Y_9$ (拥挤状况)、 $Y_{12}$ (噪声状况)和 $Y_{13}$ (空气污染状况)对乘客舒适性感知的影响较大。

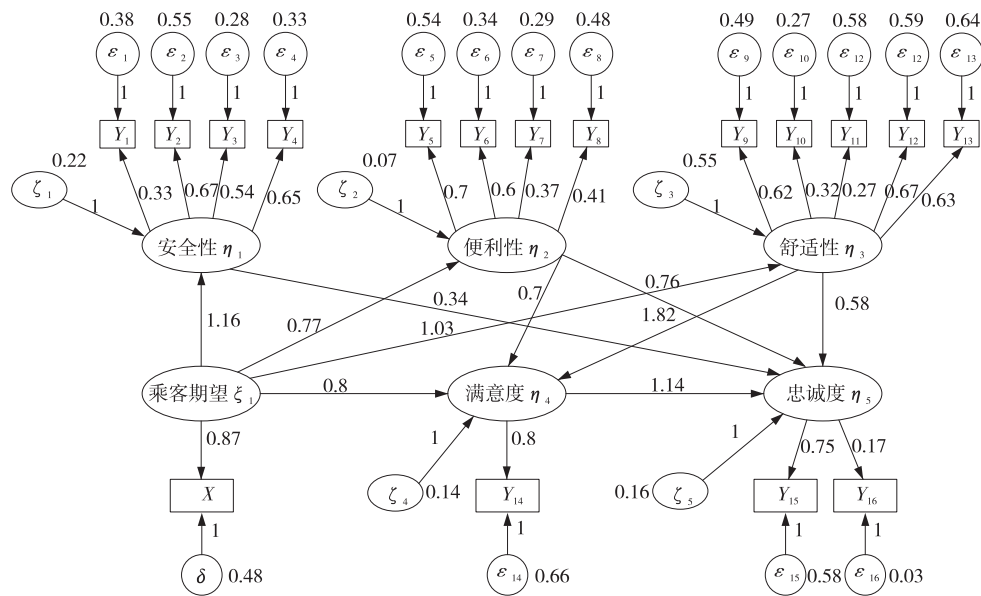


图2 基于结构方程的武汉公交站点满意度评估模型最终路径结构

表5 显变量与潜变量间的相互关系

路径关系	路径系数	路径关系	路径系数
安全性—Y <sub>1</sub>	0.326	舒适性—Y <sub>10</sub>	0.322
安全性—Y <sub>2</sub>	0.665	舒适性—Y <sub>11</sub>	0.266
安全性—Y <sub>3</sub>	0.542	舒适性—Y <sub>12</sub>	0.673
安全性—Y <sub>4</sub>	0.646	舒适性—Y <sub>13</sub>	0.625
便利性—Y <sub>5</sub>	0.703	满意度—Y <sub>14</sub>	0.801
便利性—Y <sub>6</sub>	0.604	忠诚度—Y <sub>15</sub>	0.753
便利性—Y <sub>7</sub>	0.368	忠诚度—Y <sub>16</sub>	0.168
便利性—Y <sub>8</sub>	0.412	乘客期望—X	0.867
舒适性—Y <sub>9</sub>	0.622		

### 3 公交站点满意度评估

#### 3.1 公交站点乘客满意度指数

根据满意度概念和结构方程模型基本原理,确定乘客满意度指数 CSI 计算公式:

$$CSI = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i \bar{x}_i - \sum_{i=1}^n \lambda_i}{4 \sum_{i=1}^n \lambda_i} \times 100 \quad (4)$$

式中:  $\lambda_i$  为第  $i$  个显变量的路径系数;  $\bar{x}_i$  为第  $i$  个显变量的均值;  $n$  为所计算潜变量对应的显变量个数。

CSI 值为 80~100(含 100)时,表明乘客对该变量非常满意;CSI 值为 60~80(含 80)时,表明乘客对该变量感觉满意;CSI 值为 40~60(含 60)时,表明乘客对该变量感觉一般;CSI 值为 20~40(含 40)时,表明乘客对该变量感觉不满意;CSI 值为 0~20

(含 20)时,表明乘客对该变量非常不满意。各潜变量满意度指数计算结果见表 6。

表6 潜变量满意度指数计算结果

潜变量	满意度指数	潜变量	满意度指数
安全性	54.46	满意度	63.25
便利性	57.58	忠诚度	59.70
舒适性	47.35	乘客期望	65.25

由表 6 可知:武汉市民对公交站点的满意度指数为 63.25,评价为满意。其中乘客对公交站点安全性、便利性和舒适性三方面的满意度指数分别为 54.46、57.58 和 47.35,评价为一般,安全性和便利性偏好,舒适性较差,与问卷调查结果大致相同。乘客对于武汉市公交站点的期望指数为 65.25,较高;忠诚度指数为 59.70,乘客的忠诚度尚可,但还存在一定提升空间。

#### 3.2 提高武汉市民公交站点满意度的对策

在问卷统计分析和基于结构方程的公交站点满意度评估结果的基础上,根据武汉市交通发展现状和公交站点实际状况,结合生态城市、生态交通的发展方向,提出以下对策提高武汉市民对公交站点的满意度:

(1) 完善站点结构,提高乘客候车舒适程度。可通过提高座椅及垃圾箱等基础设施的配备率、尽量减少简易站台、加装候车护栏等完善站点结构。

(2) 强化信息交互,建立完备信息传递系统。提高站标模块清晰醒目程度,地面铺设盲道,增加车

(下转第 36 页)

## 4 结论

将交通流数据进行分层处理,综合考虑天气因素和道路线形因素,利用 HLM 模型研究降雨对不同线形路段运行车速影响的差异。结果表明,降雨对不同线形路段的影响具有显著的空间差异。

在分析不同道路线形的交通流方面,HLM 模型比传统回归模型更合适。天气因素与路段线形因素存在交互效应,路段平曲线半径增大会降低降雨对运行速度的负面影响,而坡度增大会加剧降雨对运行速度的负面影响。但文中对道路线形因素的选择存在一定缺陷,后期研究中将在平曲线半径和坡度的基础上加入其他线形因素。

### 参考文献:

- [1] 赵晓华,任贵超,陈晨,等.不良天气下驾驶行为研究综述[J].交通信息与安全,2017,35(5):76—81.
- [2] Transportation Research Board. Highway capacity manual[A].Washington D C:National Research Council,2000.

- [3] Chuang E,Ohtani O,Warita H,et al.Does weather affect highway capacity[C]//The 5th International Symposium on Highway Capacity and Quality of Service, Washington D C,2006:139—146.
- [4] BIE Y,QIU T Z,ZHANG C,et al.Introducing weather factor modeling into macro traffic state prediction[J].Journal of Advanced Transportation,2017(1):1—15.
- [5] 张存保,万平,梅朝辉,等.雨天环境下高速公路交通流特性及模型研究[J].武汉理工大学学报,2013,35(3):69—73.
- [6] LIN Z H,HE Z C,SUN W B,et al.Multilevel analysis for the effect of rainfall on traffic speed for urban roads [C]//Transportation Research Board 93rd Annual Meeting,Washington D C,2014:17.
- [7] 龚大鹏,宋国华,黎明,等.降雨对城市道路行程速度的影响[J].交通运输系统工程与信息,2015,15(1):218—225.
- [8] 李长城.不良天气下的高速公路交通流特性及引导控制研究[D].北京:北京工业大学,2015.

收稿日期:2020—03—16

(上接第 32 页)

辆到站语音播报,设置车辆预到站电子牌,开发功能完善的 APP,强化乘客与站点之间的信息交互。

(3) 提高服务质量,建立意见快速反馈机制。创建并简化乘客给有关部门提建议的途径,了解乘客的需求与建议,并根据乘客需求与建议对公交站点及时进行优化与调整。

(4) 注重生态发展,促进城市交通节能减排。充分使用太阳能、风能、雨水等天然资源,运用新技术建造节能、环保的公交站点。

## 4 结论

(1) 乘客秩序、上下车安全状况和公共安全对乘客安全性感知的影影响较大;上下车便利状况和车辆信息查找方便程度对乘客便利性感知的影响较大;拥挤状况、噪声状况和空气污染状况对乘客舒适性感知的影响较大。

(2) 武汉市民对公交站点的满意度评价为满意。其中乘客对公交站点安全性、便利性和舒适性的满意度评价为一般,安全性和便利性偏好,舒适性较差。乘客对于武汉市公交站点的期望指数较高,乘客忠诚度尚可。

(3) 可采取以下对策提高武汉市民对公交站点的满意度:完善站点结构,提高乘客候车舒适程度;强化信息交互,建立完备信息传递系统;提高服务质量,建立意见快速反馈机制;注重生态发展,促进城市交通节能减排。

### 参考文献:

- [1] HENSHER D A.Hierarchical stated response designs: An application to bus user preferences[J].Logistics and Transportation Review,1990,26(4):299—321.
- [2] ANDREASSEN T W.(Dis)satisfaction with public services:The case of public transportation[J].Journal of Services Marketing,1995,9(5):30—41.
- [3] 周艳芳,周磊山.城市轨道交通乘客满意度评价体系的构建[J].都市快轨交通,2007(5):25—28.
- [4] 张秉坤.基于结构方程的城市轨道交通服务质量与乘客满意度、忠诚度关系研究[D].石家庄:石家庄铁道大学,2014.
- [5] 沈玮薇,肖为周.基于 SEM 的轨道交通乘客满意度测评模型[J].武汉理工大学学报,2015,37(5):48—56.
- [6] 付惠琳.基于结构方程的公交乘客满意度评价[D].大连:大连交通大学,2017.

收稿日期:2020—01—04