

基于 PLS-SEM 疫情影响下老年人公交出行满意度分析

张兵¹, 廖清华¹, 屈永强², 汪明杰³, 陶文康¹

(1. 华东交通大学交通运输工程学院, 江西 南昌 330013; 2. 江西交通职业技术学院路桥系, 江西 南昌 330013; 3. 江西省综合交通运输发展研究中心, 江西 南昌 330036)

摘要: 为研究疫情影响下老年人公交出行满意度, 改善老年人公交出行条件, 在传统乘客满意度指数模型基础上, 结合新冠肺炎疫情影响增加了潜在变量“疫情影响下的安全感知”, 以反映老年人在乘坐公交时因疫情引起的心理变化, 构建了疫情影响下老年人公交出行满意度偏最小二乘法结构方程测评模型。以南昌市老年人为例, 评价其在疫情影响下的公交满意度, 验证了构建模型的合理性, 并得出老年乘客公交出行满意度主要受感知质量、疫情影响下的安全感知影响, 路径系数分别为 0.464、0.261。同时, 运用重要性绩效分析方法, 重点分析了感知质量、疫情影响下的安全感知下属题项改善优先级, 结果显示南昌市老年人公交出行中公交服务质量整体偏低, 亟待改善。需要重点改善的方面有: 司机对防疫措施的履行程度、车内乘客密集程度、车内通风状况、其他乘客有敏感行为等, 为进一步提升老年人公交出行满意度提供了依据。

关键词: 公交出行满意度; 老年人; PLS-SEM; 新冠肺炎

中图分类号: U491.1

文献标志码: A

本文引用格式: 张兵, 廖清华, 屈永强, 汪明杰, 陶文康. 基于 PLS-SEM 疫情影响下老年人公交出行满意度分析[J]. 华东交通大学学报, 2021, 38 (1): 1-7.

Analysis of elderly's satisfaction with bus travel under the influence of epidemic based on PLS-SEM

Zhang Bing¹, Liao Qinghua¹, Qu Yongqiang², Wang Mingjie³, Tao Wenkang¹

(1. School of Transportation and Logistics, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China;

2. Transportation Engineering, Jiangxi Institute of Communications Institute, Nanchang 330013, China;

3. Planning Office Department of transportation of Jiangxi Province, Nanchang 330036, China)

Abstract: In order to study the satisfaction of the elderly in bus travel under the influence of the epidemic and to improve the bus travel conditions of the elderly, based on the traditional passenger satisfaction index model, the latent variable "safety perception under the influence of the epidemic" was added to reflect the psychological changes of the elderly in bus travel due to the epidemic, and the partial least squares structural equation model of the elderly's bus travel satisfaction under the impact of the epidemic is constructed. Taking the elderly people in Nanchang City as an example, we evaluated their satisfaction with bus travel under the influence of epidemic, verified the rationality of the constructed model, and concluded that the satisfaction of elderly passengers with bus travel is mainly affected by the perceived quality and the perceived safety under the influence of epidemic, with path coefficients of 0.474 and 0.219, respectively. At the same time, using the importance and performance analysis, focusing on the improvement priority of the subordinate items of the perceived quality and the perceived safety under the influence of epidemic subordinate items improvement priorities, the results show that the overall quality of bus services for the elderly in Nanchang is low and needs to be improved. The aspects that need to be focused on improvement are: the degree of driver's compliance with epidemic prevention measures, the density of passengers in the bus, the ventilation in the bus, the sensitive behavior of other passengers and other passengers' sensitive behavior, etc., which provide a basis for further improving the satisfaction of elderly people's bus trips.

Key words: bus travel satisfaction; elderly passenger; PLS-SEM; COVID-19

Citation format: ZHANG B, LIAO Q H, QU Y Q, et al. Analysis of elderly's satisfaction with bus travel under

投稿日期: 2023-05-13

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (52162042); 江西省交通运输厅一般课题 (2020H0053)

the influence of epidemic based on PLS-SEM[J]. Journal of East China Jiaotong University,2021,38(1):1-7

新型冠状病毒肺炎（COVID-19，简称“新冠肺炎”）疫情自爆发以来在全球迅速扩散，成为继 SARS 事件之后又一起重大突发公共卫生事件。新冠肺炎传播性、隐蔽性较强，而公交出行以载客量大、人员密集程度较高的特点，为病毒的传播提供了有利媒介。当前处在后疫情时期，复工、复产、复学正在有序推进，改善交通出行方式组成，提升公共交通出行占有率成为当前阶段的必然趋势。城市公交车作为公共交通的重要组成部分，提升居民对城市公交的满意度，让更多人在出行时选择公交出行成为这一趋势的重要一环。南昌市人民政府公布的 2021 年南昌市常住人口主要数据表明南昌市人口老龄化加剧。受出行习惯以及政策推动，老年人是公交主要服务群体之一。

目前研究认为所有年龄段群体都有感染新型冠状病毒的风险，但由于老年人免疫系统衰退，使其成为病毒的易感群体和高危易发群体，在此次新冠疫情中，危重症群体中老年人的占比较大。有关研究表明，老年人疫情期间焦虑症状发生率较高^[1]，在疫情常态化管理时，老年人恢复了日常出行，而这种“避害”的焦虑情绪也会存在于日常出行中。刘建荣等人在后疫情时期考虑老年人心理因素对老年人公交出行行为影响的研究中指出：受新冠肺炎疫情影响，老年人使用公交频率会显著降低^[2]。孙帆等人采用多元有序 Logit 模型和结构方程模型，分析了太原市老年人个人属性、出行属性和心理属性在疫情前后对老年人公交出行满意度的影响^[3]。

与青壮年不同，老年人在生理方面存在天然不足，其对公交服务的需求与青壮年存在差异^[4,5]，如老年人上下公交的安全性，公交车底盘与地面的高差、停车时公交车与路缘石距离等问题，易导致老年人上车不方便且存在安全隐患^[6,7]。老人在识别车站张贴信息和获取车辆信息时的能力较差，这与他们的视觉能力有关，这意味着在这方面他们需要更多的积极引导^[8]，因此，与青壮年相比，老年人向公交司机寻求帮助意向更高，更看重公交司机的服务态度^[4]。公交出行适老化的表现，都将直接影响老年人公交出行体验，针对这些公交出行适老化方面表现提出观测指标，以体现以往研究中常被忽略的影响老年人公交出行满意度的因素。

通过对以往文献研究表明，以往学者主要集

中于青壮年公交出行研究，针对老年人的研究较少，而研究在疫情下老年人公交出行的文献更为稀少，考虑到老年人受疫情影响更大，因此对南昌市老年人在疫情影响下的公交出行满意度进行研究，并提出改善建议，这对改善南昌市老年人公交出行条件，提升公交占有率，优化后疫情时期出行环境有着积极影响，也对今后出现类似传染性疾病预防下公共交通的有效应对有着一定借鉴价值。此外，在分析多个自变量对公交出行满意度的影响时，回归模型便于研究者识别导致满意度变化的关键影响因素，但在解释不同因素之间的内部影响机制，区分直接相关和间接相关时，回归模型不如 SEM 好。且结构方程模型与满意度指数模型结合使用能够很好地分析变量间的多重关系，并且在分析结构中能反映各变量对结果变量的“贡献度”，这对我们在提升乘客的公交出行体验有着突出意义。

1 模型原理

1.1 结构方程模型

结构方程模型（Structural Equation Modeling, SEM）是一款能够有效估算变量间的直接和间接关系的工具。结构方程由测量模型和结构模型组成，测量模型主要描述测量模型与其对应潜在变量之间的相互关系，结构模型主要描述内生潜在变量与外生潜在变量的路径关系^[9]。考虑到老年人受疫情影响更大，且相对于青壮年群体，老年人对于新冠肺炎疫情的信息获取渠道有限，在公交出行过程中更容易产生焦虑心理，本文采用的结构方程模型中的心理潜在变量能够很好的反映老年人的心理活动对公交满意度的影响。结构方程的基本公式如下：

$$x = \Lambda_x \xi + \delta \quad (1)$$

$$y = \Lambda_y \eta + \varepsilon \quad (2)$$

其中： x 为 $q \times 1$ 外生显变量向量， y 为 $p \times 1$ 内生显变量向量， ξ 为 $n \times 1$ 外生潜在变量向量， η 为 $m \times 1$ 内生潜在变量向量， Λ_x 是 ξ 对 x 的 $q \times n$ 阶因素负荷量矩阵， Λ_y 是 η 对 y 的 $p \times m$ 阶因素负荷矩阵， δ 为 $q \times 1$ 测量误差向量， ε 为 $p \times 1$ 测量误差向量。

$$\eta = B \eta + \Gamma \xi + \zeta \quad (3)$$

其中： B 是与 η 相关的 $m \times m$ 阶路径系数矩阵， Γ 是与 η 和 ξ 相关的 $m \times n$ 阶路径系数矩阵， ζ 为 $m \times 1$ 残差向量。

SEM 因估计方法的不同而划分为两大类：一类是以协方差为基础的结构方程模型（Covariance-based SEM, CB-SEM），另一类是以方差为基础的结构方程（Variance-based SEM）。第二类结构方程模型常用的分析方法为偏最小二乘法（Partial Least Squares, PLS），被称为 PLS-SEM。本次研究选择 PLS-SEM 模型主要有两个原因：第一，PLS-SEM 相对所需样本量少。根据相关研究：CB-SEM 最小样本量要求为 100 个，建议样本量为 300~500 个；PLS-SEM 最小样本量为 30~100 个^[10]。南昌市老年人作为此次研究对象，多数老年人不能熟练使用智能手机，网上问卷获取率较低，加之目前依然处在新冠疫情影响下，外出问卷调查老年人填写问卷意愿下降，整体问卷获取难度增大，样本数量不适用于 CB-SEM 分析。第二，CB-SEM 强调模型整体的适配，主要是在检测理论的适用性，适合进行理论模型的检测；PLS-SEM 常用于理论模型的发展与探索性研究，适用于检测变量间的因果关系是否具有显著关系，适合进行理论模型的建置，也可以用来验证所探讨推论因果关系^[11]。考虑到新冠疫情的影响，在顾客满意度指数模型的基础上，加入了新的潜在变量，并假设了其与其他变量间的因果关系，具有一定的探索性，需要验证加入的潜在变量与其他潜在变量的因果关系成立与否。综合考虑，PLS-SEM 更适合此次研究。

1.2 重要性绩效分析

重要性绩效分析（IPA, Importance and performance analysis）主要用于分析顾客对于产品或服务绩效和重要性的感知，以了解顾客对于产品或服务期望与实际表现情况。如图 1 所示，根据各题项的重要性即标准化权重为 X 轴，以绩效（满意度评分）为 Y 轴的二维平面划分为四个象限，分别为：I（优势区）、II（维持区）、III（机会区）、IV（改善区）。图中横向分割线为观测变量标准化权重的平均值，纵向分割线为绩效平均数。优势区表示满意度和重要性都相对较高；改善区表示满意度较低，重要性较高；机会区表示满意度和重要度都相对较低；维持区表示满意度相对较高，重要程度相对较低。

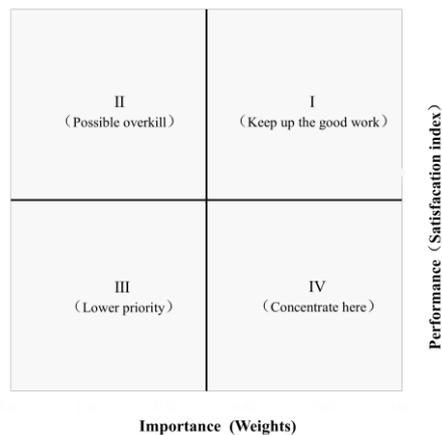


图 1 重要性绩效分析示意图

Fig.1 Importance and performance analysis Diagram

2 疫情影响下老年人公交出行满意度评价体系

2.1 模型假设

目前国内外对公交出行满意度研究较多，建立了多种满意度评估理论体系和评估模型，而美国满意度指数模型（ACSI）以其完整的体系结构、良好的应用效果脱颖而出。ACSI 多用于顾客购买产品和享受的服务的满意度评价，此次研究用于评价公交出行的满意度，因而其主体人群为乘客。ACSI 包含有六个结构变量：感知质量、感知价值、顾客期望、顾客满意度、顾客抱怨、顾客忠诚度。为了体现疫情对南昌市老年人公交出行满意度的影响，引入了潜在变量“疫情影响下的安全感知”：指选择公交出行的乘客由于在有疫情传播的背景下，出于对自身安全的考虑，本能地排斥一些可能使自己直接或间接感染新冠病毒场景的心理，因此当乘客选择公交出行时感觉受到疫情感染的威胁时，会产生对公交服务满意度下降的情况，甚至放弃公交出行而选择其他出行方式。参考以往研究并结合疫情影响，做出如下假设，H1：乘客在疫情影响下的安全感知对感知价值有显著影响；H2：乘客在疫情影响下的安全感知对乘客满意度有显著影响；H3：乘客期望对乘客在疫情影响下的安全感知有显著影响；H4：乘客感知质量对乘客感知价值有显著影响；H5：乘客感知质量对乘客满意度有显著影响；H6：乘客期望对乘客感知质量有显著影响；H7：乘客期望对乘客感知价值有显著影响；H8：乘客期望对乘客满意度有显著影响；H9：乘客感知价值对乘客满意度有显著影响；H10：乘客满意度对乘客抱怨有显著影响；

H11: 乘客满意度对乘客忠诚有显著影响; H12: 乘客抱怨对乘客忠诚度有显著影响。

2.2 观测变量的确定

观测变量在模型中起到解释潜在变量的作用, 每个观测变量对应着调查问卷中的一个题项。观测变量的选取在参考相关文献^[3,12-15]的基础上, 征求了部分南昌市老年人的意见, 最终确定的模型变量描述如表 1 所示。其中潜在变量“疫情影响下的安全感知”选取的观测变量包含: 乘客佩戴口罩情况、所乘车辆消毒情况、车内乘客密集程度、其他乘客有咳嗽、打喷嚏等敏感行为、与其他乘客产生接触、防疫安全警示标志张贴情况、上车乘客健康码行程码检查情况、疫情影响下公

交出行总体安全感知。对部分观测变量做出说明如下: “乘客佩戴口罩情况”包括在公交站台候车乘客和公交车上乘客佩戴口罩情况; “其他乘客有敏感行为”是指其他乘客出现咳嗽、打喷嚏等敏感行为; “防疫安全警示标志张贴情况”指张贴“扫健康码乘车”、“请佩戴口罩”等警示标志情况; “司机对防疫措施的执行程度”指提示乘客在乘车时佩戴口罩、检查乘客健康码等; 老年人行动能力有限, 在遇到站台与公交车高差较大和公交车内上下车台阶较高容易摔倒, 因而采用“上下车安全性”来衡量。最终构建的疫情影响下老年人公交出行满意度模型框架图如图 2 所示。

表 1 模型变量描述

Table 1 Model variables description

Latent variables		measured variables
Level 1 Indicators	Level 2 Indicators	Level 3 Indicators
Safety perception under the influence of the epidemic (SPE)		I1: Passengers wearing masks
		I2: Sterilization of vehicles taken
		I3: Density of passengers in the car
		I4: Other passenger sensitive behaviors
		I5: Contact with other passengers
		I6: Ventilation in the car
		I7: Epidemic prevention and safety warning signs posted
		I8: Boarding passenger health code check status
		I9: Overall perception of safety due to epidemiological considerations
Passenger expectation (PE)		E1: Expectations for bus Safety Protection under the Impact of the Epidemic
		E2: Expectation of the degree of satisfaction of own needs
		E3: Expectations for the overall performance of bus travel
Perceived quality (PQ)	Convenience (CV)	Q1: Walking distance from departure point to bus stop
		Q2: Waiting time for the bus
		Q3: Arrival travel time at destination
		Q4: Convenience of interchange
	Comfort (CF)	Q5: Bus platform waiting environment
		Q6: Sanitary conditions in the bus
		Q7: Temperature in the bus
		Q8: Seat comfort in the bus
		Q9: Noise and vibration in the bus
	Security (SF)	Q10: Bus driving safety
		Q11: Security of personal property in the bus
		Q12: Getting on and off the bus safety
	Reliability (RB)	Q13: Punctuality of bus arrival stops
		Q14: Accuracy of arrival alert broadcast
	Driver Service (DS)	Q15: Driver's service attitude
		Q16: Driver's driving behavior
		Q17: The degree of fulfillment of the driver's preventive measures
Perceived value (PV)		V1: Reasonability of ticket prices
		V2: Fare and service value equivalence
Passenger satisfaction (PS)		S1: Overall satisfaction with bus travel
		S2: The gap between bus service expectations and the current situation
Passenger complaints		C1: Have complaints about bus travel prevention measures or services

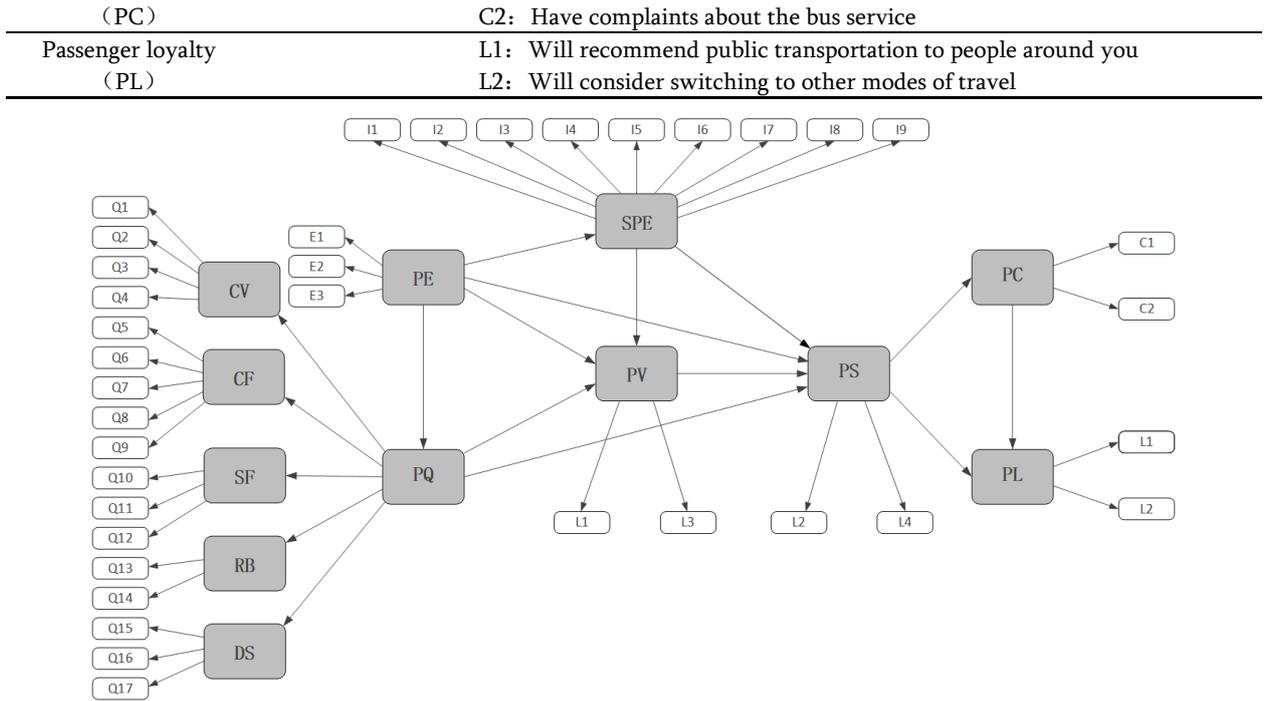


图 2 疫情影响下老年人公交出行满意度模型框架图

Fig.2 Framework diagram of bus travel satisfaction model of elderly passengers under the influence of the epidemic

3 实例分析

3.1 问卷调查与分析

在 2022 年 6 月 10 日至 2022 年 6 月 14 日期间对南昌市部分区县以公交出行为主的老年人进行了调查，调查地点主要选择在公园、广场等地。因调查主体为 60 岁以上老年人，多数老年人对问卷的理解以及阅读问卷的能力有限，调查团队主要通过为被调查者诵读并解释题项，随后由被调查者作答的形式完成。问卷在内容上主要分为三部分：1) 老年被调查者基本信息采集；2) 老年人出行特征；3) 观测变量对应题项，此部分主要采用了 5 点式李克特量表法进行题项打分，其中潜在变量“感知质量”、“疫情影响下的安全感知”以 1-5 分的五级量表来反映被调查者对公交服务的满意程度，“感知价值”、“乘客期望”、“乘客满意度”分别以 1-5 分来衡量被调查者对于公交服务价值的感知、对公交服务期望的大小以及乘坐公交车的满意度。“乘客抱怨”则是和否作答，反映以往乘坐公交是否有过负面情绪。最终共调查了问卷 183 份，剔除随意填答，逻辑不通等异常问卷后，有效问卷 161 份，问卷有效率 87.98%。基础出行信息如表 2 所示，受访群男女比例均衡，随着受调查者年龄的增加受调查人数百分逐渐减少，退休前职业为企业职工和农民较多，调查结果与现

实逻辑相符。

表 2 老年人受访者信息统计汇总

Table2 Summary of information on elderly respondents

Item	Categories	Frequency	percentage /%
gender	male	82	50.93
	female	79	49.07
age	60-65	67	41.61
	65-70	35	21.74
	70-75	27	16.77
	75-80	17	10.56
	above80	15	9.32
Education level	Elementary school and below	45	27.95
	middle school	45	27.95
	high school	33	20.50
	Associate degree or bachelor degree	35	21.74
	Master's degree or above	3	1.86
monthly income	Below 1000 yuan	30	18.63
	1000-2000 yuan	26	16.15
	2000-3000 yuan	34	21.12
	3000-4000 yuan	34	21.12
	Above 4000 yuan	37	22.98
occupation before retired	Civil servants and management personnel	16	9.94

Employees of public institutions	31	19.25
staff and workers of enterprise	39	24.22
self-employed household	16	9.94
farmer	41	25.47
other	18	11.18

3.2 公交出行满意度评价模型

3.2.1 测量模型的检定

测量模型是 PLS-SEM 的先决条件，能反映各观测变量与其对应潜在变量的关系，利用 SmartPLS 软件中的 PLS 分析功能，对观测变量与潜在变量的相关性进行回归分析。同时利用 bootstrapping 功能，分析各指标对各自构面影响力的显著程度。观测变量的可靠性通常选用载荷系数来评价，通常要求其绝对值要大于 0.7，而指标显著性则以 t 值来体现，当 t 值 > 1.96，表明指标对构面具有显著影响。各指标载荷系数及显著性分析结果如表 3 所示，指标载荷系数均大于 0.7，且均达到了 0.001 的显著水平。

表 3 测量模型分析结果

Table 3 Measurement model analysis results

Latent variables	measured variables	weights	Loading	significance	
				t-values	P value
SPE	I1	0.131	0.863	26.917***	0.000
	I2	0.136	0.887	29.748***	0.000
	I3	0.135	0.855	27.314***	0.000
	I4	0.136	0.850	25.544***	0.000
	I5	0.141	0.844	27.562***	0.000
	I6	0.144	0.897	40.036***	0.000
	I7	0.129	0.802	18.870***	0.000
	I8	0.116	0.795	18.103***	0.000
	I9	0.130	0.701	11.691***	0.000
PE	E1	0.360	0.813	20.178***	0.000
	E2	0.383	0.885	40.341***	0.000
	E3	0.429	0.859	22.737***	0.000
CV	Q1	0.286	0.849	28.628***	0.000
	Q2	0.275	0.868	30.214***	0.000
	Q3	0.305	0.892	41.780***	0.000
	Q4	0.301	0.822	17.704***	0.000
CF	Q5	0.243	0.847	32.448***	0.000
	Q6	0.243	0.858	31.724***	0.000
	Q7	0.237	0.817	24.065***	0.000
PQ	Q8	0.238	0.856	27.677***	0.000
	Q9	0.230	0.822	28.482***	0.000
SF	Q10	0.386	0.894	48.181***	0.000
	Q11	0.386	0.909	44.745***	0.000
	Q12	0.356	0.853	29.296***	0.000
RB	Q13	0.595	0.910	77.960***	0.000
	Q14	0.521	0.881	36.130***	0.000
DS	Q15	0.393	0.891	50.811***	0.000

Q16	0.390	0.864	30.782***	0.000	
	Q17	0.375	0.836	31.952***	0.000
PV	V1	0.535	0.922	53.133***	0.000
	V2	0.548	0.926	48.642***	0.000
PS	S1	0.598	0.890	59.51***	0.000
	S2	0.541	0.864	37.044***	0.000
PC	C1	0.620	0.862	22.478***	0.000
	C2	0.561	0.829	16.081***	0.000
PL	L1	0.689	0.911	44.013***	0.000
	L2	0.468	0.794	13.701***	0.000

注：*意为 p < 0.05，**意为 p < 0.01，***意为 p < 0.001（下同）

信度是指由数量不定的题目所构成的测试或问卷所测得结果的稳定性和一致性，克隆巴赫系数（Cronbach's Alpha）与组合信度系数（Composite Reliability）分别为目前常用的唯一度检验和内部一致性的系数。当克隆巴赫系数数值达到 0.70 以上时，则认为这组潜在变量是唯一维度的，其值不得低于 0.6。当组合信度系数数值达到 0.70 以上时，则认为潜在变量具有良好的内部一致性。收敛效度检验是为了判断潜在变量是否有效利用观测变量的方差信息，从而检验潜在变量是否具有收敛性，判断潜在变量的可靠程度。采用平均抽取变异量（AVE）进行衡量，其数值需达到 0.5 以上，则认为潜在变量具有收敛性，是可靠的。由表 4 调查数据信度与效度检验结果可知，克隆巴赫系数均在可接受范围内，组合信度总体远超标准，说明各构面在信度和内部一致性方面表现较好。平均抽取变异量均大于 0.5，表明各构面具有收敛效度。区别效度方面，各指标对于其所属的构面的因数负荷量皆大于该指标对于模型中其他构面的负荷量，满足交叉负荷量的要求，说明各构面具有良好的区别效度。

表 4 样本数据信度与效度检验

Table 4 Reliability and validity tests of sample data

	Cronbach's Alpha	Composite Reliability	AVE
SPE	0.945	0.954	0.696
PE	0.813	0.889	0.727
PQ	0.926	0.944	0.772
CV	0.880	0.918	0.736
CF	0.896	0.923	0.706
SF	0.863	0.916	0.785
RB	0.755	0.890	0.802
DS	0.830	0.898	0.747
PV	0.829	0.921	0.854
PS	0.701	0.870	0.769
PC	0.603	0.834	0.716
PL	0.642	0.843	0.730

3.2.2 结构模型的检定与分析

图 3 中显示了结构模型中路径系数的估计结果以及路径显著性情况。从图中可以得出，乘客公交出行满意度受感知质量的影响最大（0.464， $P<0.001$ ），其次是疫情影响下的安全感知（0.261， $P<0.01$ ），而感知价值（0.139， $P<0.05$ ）与乘客期望（0.117， $P<0.05$ ）对乘客满意度也会产生影响，但影响较小，说明感知质量和疫情影响下的安全感知是影响南昌市老年人疫情期间公交出行的满意度的主要因素，可以通过优化南昌市老年人在这两方面的体验来提升公交服务满意度。疫情影响下的安全感知受乘客期望的影响较大（0.625， $P<0.001$ ），可能是由于老年人对于疫情环境下对于公交出行的防护期望较高进而对安全感知的影响较大。感知质量方面，乘坐公交车的便捷性（0.882， $P<0.001$ ）、舒适性（0.912， $P<0.001$ ）、安全性（0.885， $P<0.001$ ）、可靠性（0.854， $P<0.001$ ）、司机服务（0.869， $P<0.001$ ）以及乘客期望（0.513， $P<0.001$ ）对其均有显著影响，此外，乘客感知质量是感知价值的直观体现，因此感知

质量对感知价值有较大影响（0.546， $P<0.001$ ）。乘客满意度对乘客抱怨（0.462， $P<0.001$ ）有显著影响。与文献^[16]在公交满意度研究中相一致，乘客满意度对乘客忠诚度（0.509， $P<0.001$ ）有正向影响，说明提升乘客满意度对提高乘客粘性有良好作用。

R^2 是评估 PLS 估计结果的主要拟合指标之一，它表明模型对特定内生潜在变量的解释能力。通常 R^2 的值越大，拟合优度越高。 R^2 值分成三类：实质性（ >0.33 ）、中等（0.19–0.33）和薄弱（0.02–0.19）^[17]。图 3 结果中，各内生潜在变量的 R^2 值均大于等于 0.19，其中包括目标结果变量 PS 以及为反映疫情影响下乘客的安全感知加入的 SPE 潜在变量均已超出 0.33，则可以认为结构模型拟合优度较高，具有一定的实用性。 Q^2 是预测相关性的关键指标， Q^2 值大于 0 表明外生潜在变量对相关的内生潜在变量具有预测相关性，其值通过 SmartPLS 软件中的 Blindfolding 算法求得。从图 3 结果中可以看出，各内生潜在变量的 Q^2 值均大于 0，认为该模型具有较高的预测相关性。

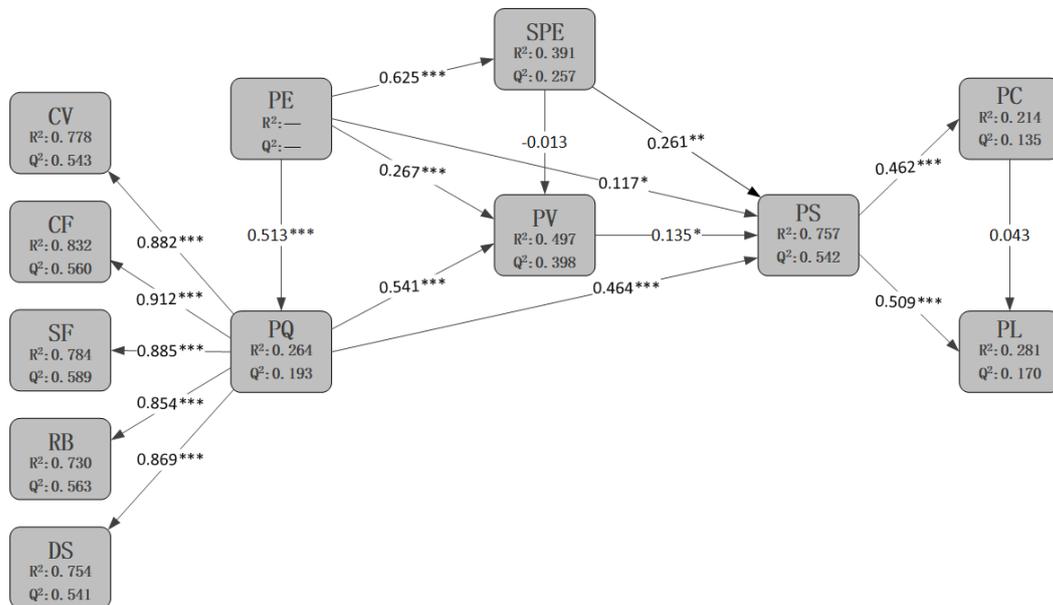


图 3 疫情影响下老年人公交满意度结构模型分析结果示意图

Fig.3 Schematic diagram of the results of the structural analysis of the model of elderly passengers' satisfaction with bus services under the influence of the epidemic

为检验路径成立与否，对假设路径进行了 T 检验，结果如表 5 所示。对于新加入的潜在变量“疫情影响下的安全感知”的三条假设路径，H1 不成立，H2、H3 成立，这表明疫情影响下的安全感知与乘客感知价值无关，与乘客满意度、乘客期望存在正相关。感知质量相关的假设中，H4、

H5、H6 均成立，这表明感知质量与感知价值、乘客满意度、乘客期望存在正相关。H7 成立，即乘客期望与感知价值存在正相关。此外，乘客满意度还受乘客期望与感知价值影响，即假设 H8、H9 也成立。H10、H11 得到支持，这表明乘客满意度对乘客抱怨和乘客忠诚度存在正相关，而 H12 由

于路径系数不显著，因此乘客抱怨对乘客忠诚度的负相关假设不成立。

表 6 展示了结构模型中各潜在变量对乘客满意度的直接效应（即路径系数）、间接效应、总效应。从表中可以得出在基本的潜在变量中包括有乘客感知、感知质量对乘客满意度既存在直接影响也存在间接影响，而感知价值只对乘客满意度存在直接效应，这与研究对象同为老年人的 Yuan^[12]得出的结论一致。此外，对于新加入的潜在变量“疫情影响下的安全感知”，其对满意度的直接效应系数为 0.261，间接效应系数为-0.001。各潜在变量对乘客满意度总效应从大到小排序为：感知质量（0.537）、疫情影响下的安全感知（0.260）、乘客期望（0.164）、感知价值（0.135）。

表 5 假设检验结果

Hypothesis	Path	Path coefficient	t-value	P values	Test result
H1	SPE→PV	-0.013	0.105	0.916	Not support
H2	SPE→PS	0.261	2.781**	0.005	Support
H3	PE→SPE	0.625	7.584***	0.000	Support
H4	PQ→PV	0.541	4.241***	0.000	Support
H5	PQ→PS	0.464	5.189***	0.000	Support
H6	PE→PQ	0.513	6.174***	0.000	Support
H7	PE→PV	0.267	3.404***	0.001	Support
H8	PE→PS	0.117	2.074*	0.038	Support
H9	PV→PS	0.135	2.534*	0.011	Support
H10	PS→PC	0.462	7.217***	0.000	Support
H11	PS→PL	0.509	7.038***	0.000	Support
H12	PC→PL	0.043	0.586	0.558	Not support

表 6 乘客满意度受其他潜在变量的影响效应系数

effect coefficient	SPE	PE	PQ	PV
Direct Effect	0.261	0.117	0.464	0.135
Indirect effect	-0.001	0.047	0.073	—
Total effect	0.260	0.164	0.537	0.135

3.3 重要性绩效分析

为了营造良好的疫情下南昌市老年人公交出行环境，需对老年人乘客的出行体验的关键因素重点改善，因此，根据前文分析成果，运用重要性绩效分析着重对“感知质量”、“疫情影响下的安全感知”这两个潜在变量的对应题项改善优先级进行分析。

由图 4 感知质量题项的四象限分析图可知，各题项的绩效分数均在 65 分以下，说明公交服务质量对于老年人群体而言整体较低，老年人公交出行环境急需改善。处在改善区的题项有：司机的驾驶行为、车辆行驶安全性、司机对防疫措施的履行程度，这三点可以作为相关部门的着重改善对象。与青壮年相比，由于行动能力不足以及对乘车环境更为敏感，老年人对于现状公交出行时的便捷性与舒适性方面的部分题项满意度偏低，便捷性处在机会区的题项有出发点 to 公交站点步行距离、候车时间，舒适性处在机会区的题项包括车内噪音及振动、车内座椅舒适度，这四点可作为有富余能力时的改善对象。

对于以上分析结果相关部门可以从以下方面进行改善：对公交司机进行必要的岗前培训，规范司机驾驶行为并使其明确自身在防疫工作中的职责，同时适当增加公交班次，合理设置公交站点，及时更迭老旧公交车，改善老年人专用座舒适程度，营造良好的车内乘坐环境。

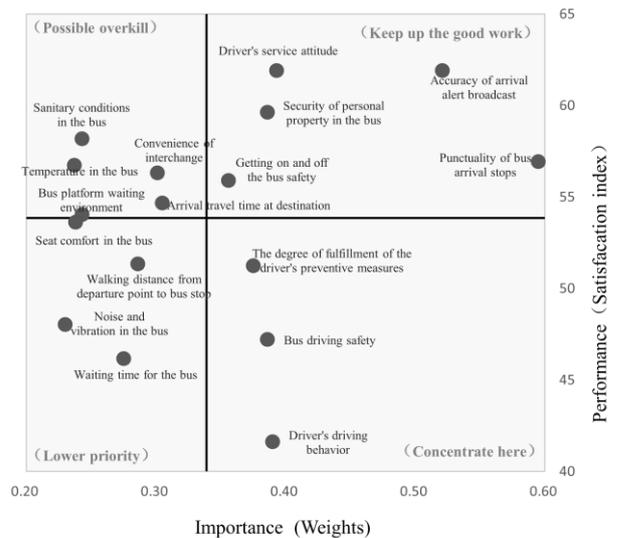


图 4 感知质量题项的四象限分析图

Fig.4 importance and performance analysis results of perceived quality

由图 5 疫情影响下的安全感知题项的四象限分析图可知，处在第一二象限（优势区、维持区）的有：与其他乘客接触情况、乘客佩戴口罩情况、所乘车辆消毒情况、防疫安全警示标志张贴情况，这表明公交防疫措施得到了较好地实施，这对提升老年人公交出行过程的安全感有较好的成效。但老年乘客对于一些情况仍存在忧虑，需要及时改善。其中改善区包含车内乘客密集程度、车内

通风状况、其他乘客有敏感行为，机会区包含上车乘客健康码行程码检查情况。

对于疫情影响下的安全感知改善区题项给出如下建议：①对于通风不佳的车辆需及时改善通风条件，保持车内通风；②对于乘客较多的公交班线，可适当增加高峰时段公交班次，避免公交车上拥挤现象产生，同时可以提倡老年人错峰出行；③当车上乘客出现打咳嗽、打喷嚏等敏感行为时，老年乘客容易产生焦虑情绪，进而影响到乘车满意度，对此，相关部门可以通过张贴相关标志标语和其它正向宣传，积极引导乘客行为，减少类似情况的产生；④在选择公交出行的群体中，存在无法正常出示健康码和行程码的乘客，出现漏检的情况，而这一情况的产生会引起车上其他乘客的关注，为此，公交司机可留存此类乘客的相关身份证件信息，如拍照、登记等，方便今后溯源工作的展开。

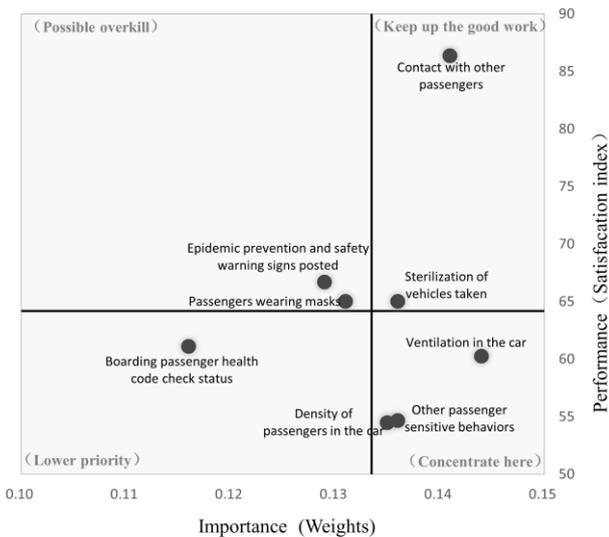


图 5 疫情影响下的安全感知题项四象限分析图

Fig.5 Results of the importance and performance analysis of security perception under the impact of an epidemic

4 结论

以改善老年人疫情时期公交出行满意度为出发点，在传统公交满意度评价的基础上，融入疫情环境对老年人公交出行满意度的影响，在选取观测变量方面，为体现老年人群体公交出行异质性，选取了老年人较为关切的指标，以切实反应老年人在疫情下的公交出行满意度。选用 PLS-SEM 模型对南昌市实例调查数据进行分析并得出以下结论：

1)对于为了体现疫情对南昌市老年人公交出行满意度的影响而加入的内生潜在变量“疫情影响下的安全感知”，经过分析检验，其设置的观测变量载荷系数均大于 0.7 且显著， $R^2=0.391$ ， $Q^2=0.257$ ，这表明该潜在的解解释能力和预测相关性较强，具有一定的实用性，可以为今后相关研究提供参考。

2)南昌市老年人乘客满意度主要受感知质量和疫情影响下的安全感知影响，可以通过改善老年乘客这两方面的乘车体验，以有效提升乘车满意度。

3)老年人公交出行中公交服务质量整体偏低，亟待改善。感知质量方面需要重点改善的有“司机的驾驶行为”、“车辆行驶安全性”、“司机对防疫措施的履行程度”，疫情影响下的安全感知方面需重点改善的有“车内乘客密集程度”、“车内通风状况”、“其他乘客有敏感行为”。

参考文献 (References) :

- [1] 齐士格, 崔露, 张晗, 等. 中国社区老年人对新型冠状病毒肺炎认知情况及其对焦虑症状影响[J]. 中国公共卫生, 2021, 37(07): 1138-1142.
- [2] QI Shige, CUI Lu, ZHANG Han. Cognition of novel coronavirus pneumonia among the elderly in Chinese communities and its influence on anxiety symptoms[J]. Chinese Journal of Health, 2021, 37(07): 1138-1142.
- [3] 刘建荣, 郝小妮, 石文翰. 新冠疫情对老年人公交出行行为的影响[J]. 交通运输系统工程与信息, 2020, 20(06):71-76+98.
- [4] LIU Jianrong, HAO Xiaoni, SHI Wenhan. The impact of COVID-19 on the public transport travel behavior of the elderly[J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 2020, 20(06):71-76+98.
- [5] 孙帆, 晋民杰, 张涛等. 新冠疫情前后老年人公交出行满意度研究[J]. 北京交通大学学报, 2022, 46(01):51-60+78.
- [6] SUN Fan, JIN Minjie, ZHANG Tao, et al. Study on the satisfaction of the elderly with public transportation before and after COVID-19[J]. Journal of Beijing Jiaotong University, 2022, 46(01):51-60+78.
- [7] Broome K, Nalder E, Worrall L, et al. Age - friendly buses? A comparison of reported barriers and facilitators to bus use for younger and older adults[J]. Australasian journal on ageing, 2010, 29(1): 33-38.
- [8] Tavares V B, Lucchesi S T, Larrañaga A M, et al. Influence of public transport quality attributes on user satisfaction of different age cohorts[J]. Case studies on transport policy, 2021, 9(3): 1042-1050.
- [9] Hu X, Wang J, Wang L. Understanding the travel behavior of elderl

- y people in the developing country: a case study of Changchun, China[J]. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 2013, 96: 873-880.
- [7] Broome K, Worrall L, Fleming J, et al. Evaluation of age-friendly guidelines for public buses[J]. *Transportation research part A: policy and practice*, 2013, 53: 68-80.
- [8] Chang H L, Wu S C. Applying the Rasch measurement to explore elderly passengers' abilities and difficulties when using buses in Taipei [J]. *Journal of advanced transportation*, 2010, 44(3): 134-149.
- [9] 黄红英, 章丽萍, 杨慧雅. 基于结构方程模型的 VR 产业集群创新绩效研究[J]. *华东交通大学学报*, 2022, 39(04):119-126.
HUANG Hongying, ZHANG Liping, YANG Huiya. Research on innovation performance of VR industrial cluster based on structural equation model[J]. *Journal of East China Jiaotong University*, 2022, 39(04):119-126.
- [10] 何晓钰. 基于 PLS-SEM 的全过程航空旅客陆侧接驳满意度研究[D]. 长安大学, 2021.
HE Xiaoyun, Research on the Satisfaction of Air Passenger Land-side Connection in the Whole Process Based on PLS-SEM[D]. Chang'an University, 2021.
- [11] 蕭文龍. 統計分析入門與應用: SPSS 中文版+PLS-SEM (SmartPLS) [M]. 碁峰資訊, 2013.
XIAO Wenlong. *Introduction and application of statistical analysis: SPSS in Chinese version+ PLS-SEM (SmartPLS)*[M]. GOTOP Information Inc ,2013.
- [12] Yuan Y, Yang M, Wu J, et al. Assessing bus transit service from the perspective of elderly passengers in Harbin, China[J]. *International Journal of Sustainable Transportation*, 2019, 13(10): 761-776.
- [13] 刘玲. 成都市城市常规公交服务公众满意度影响因素研究[D]. 西南交通大学, 2020.
LIU Ling. Research on Influencing Factors of public satisfaction of urban conventional public transport service in Chengdu[D]. Southwest Jiaotong University, 2020.
- [14] 张文会, 刘委, 王圣鼎等. 基于结构方程的城市常规公交满意度评价[J]. *交通运输工程与信息学报*, 2021, 19(01):43-51.
ZHANG Wenhui, LIU Wei, WANG Shengding, et al. Satisfaction evaluation of urban conventional public transport based on structural equation model[J]. *Journal of Transportation Engineering and Information*, 2021, 19(01):43-51.
- [15] 吴静娴, 杨敏. 基于贝叶斯网络的城市常规公交服务满意度分析模型[J]. *东南大学学报(自然科学版)*, 2017, 47(05):1042-1047.
WU Jingxian, YANG Min. Analysis model of satisfaction degree of urban conventional public transport service based on Bayesian network[J]. *Journal of Southeast University(Natural Science Edition)*, 2017, 47(05):1042-1047.
- [16] 张兵, 曾明华, 陈秋燕等. 基于 SEM 的城市公交服务质量-满意度-忠诚度研究[J]. *数理统计与管理*, 2016, 35(02): 198-205.
ZHANG Bing, ZENG Minghua, CHEN Qiuyan, et al. Research on urban public transport service quality-satisfaction-loyalty based on SEM[J]. *Journal of Applied Statistics and Management*, 2016, 35(02):198-205.
- [17] Chin W W. The partial least squares approach to structural equation modeling[J]. *Modern methods for business research*, 1998, 295(2): 295-336.



第一作者: 张兵 (1981—), 男, 副教授, 硕士研究生导师, 研究方向为区域综合交通运输规划与城市公共交通优化等。
E-mail: zhangbing@ecjtu.edu.cn。