

基于 PLS-SEM 的新冠疫情常态化防控下 老年人公交车出行行为分析

李纲, 刘天昊

大连交通大学交通运输工程学院, 辽宁 大连 116028

摘要:为分析新冠疫情常态化防控下老年人的公交车出行行为,以2022年大连市老年人公交车出行为例,结合计划行为理论与出行习惯为理论框架,构建偏最小二乘法结构方程模型(partial least squares-structural equation model, PLS-SEM),分析态度、主观规范、知觉行为控制、出行习惯、出行意愿与出行行为间的作用关系。结果表明:新冠疫情常态化防控下,老年人的知觉行为控制对出行行为有显著的直接和间接影响,且在所有因素中影响作用最大,总效应为0.552;其余依次为出行意愿、出行习惯、态度和主观规范,主观规范对出行行为的影响作用最小,总效应为0.082;新冠疫情常态化防控下态度与知觉行为控制仍是出行习惯的前因。基于 PLS-SEM 的老年人公交车出行行为分析,反映新冠疫情常态化防控下各因素影响老年人公交车出行选择行为的内在作用机理。

关键词:老年人;新冠疫情常态化防控;公交车出行;计划行为理论;出行习惯;PLS-SEM

中图分类号:U491.17

文献标志码:A

文章编号:1672-0032(2023)03-0053-10

引用格式:李纲,刘天昊.基于 PLS-SEM 的新冠疫情常态化防控下老年人公交车出行行为分析[J].山东交通学院学报,2023,31(3):53-62.

LI Gang, LIU Tianhao. Analysis of travel behavior of the senior citizens by bus under the normalization of COVID-19 pandemic based on PLS-SEM[J]. Journal of Shandong Jiaotong University, 2023, 31(3): 53-62.

0 引言

自1999年以来,我国60岁以上的人口超过全国人口总数的10%,进入老龄化社会^[1]。我国第七次全国人口普查显示,截至2020年末,60岁及以上人口已达到26401万人,占全国人口总数的18.70%^[2],大连市60岁以上的老年人口已达到184万人,占全市人口总数的24.71%^[3]。老龄化趋势日益显著,为整个社会发展带来巨大挑战。日常出行是老年人群体生活的重要组成部分,如何提供更好的交通服务以满足老年人的出行需求变得至关重要。公共交通作为现代城市综合交通体系中的重要组成部分,在满足城市居民日常出行、降低出行成本等方面发挥着重要的作用,公交出行是我国老年人的主要出行方式之一^[4],深入了解老年人公交出行决策行为是城市交通部门制定公交政策的关键。

计划行为理论(theory of planned behavior, TPB)心理模型描绘出行者心理感受,预测和解释出行者行为,分析出行者在使用某种交通方式时的内心变化。Heath等^[5]基于TPB模型框架分析了大学生的态度、主观规范等心理因素对公交车出行行为的影响。出行习惯对出行方式选择至关重要。在心理学角度,出行行为并非完全理性的行为,外部环境比较稳定时,出行习惯对定期的出行行为起决定性作用。某种出行行为重复出现且出行者对此产生依赖时,就形成出行习惯^[6]。Fu等^[7]研究表明,将出行习惯加入

收稿日期:2023-02-26

基金项目:辽宁省社会科学规划基金项目(L21BGL009)

第一作者简介:李纲(1982—),男,沈阳人,副教授,工学博士,主要研究方向为出行行为、交通与生活质量,E-mail:LiGangPE2012@hotmail.com。

TPB 将会提高公交车出行行为的预测精度;和占琼等^[8]基于扩展的 TPB,探索出行习惯对低碳出行行为的影响;陈坚等^[9]将 TPB 与习惯驱动行为理论结合,构建 3 种模型对比环保意识与出行习惯对公交车出行方式选择的影响。出行习惯结合 TPB 有利于更准确地探索出行行为的影响机制。新冠疫情对老年人的交通出行产生不容忽视的影响;刘建荣等^[10]发现后疫情时代的新冠疫情对老年人公交出行产生显著的负向影响;孙帆等^[11]通过对比疫情前后老年人公交出行满意度发现,疫情后老年人产生了心理不安情绪,对公交出行满意度呈负向影响。

本文以 2022 年大连市老年人公交出行行为为参考,结合出行习惯和 TPB,采用偏最小二乘法的结构方程模型(partial least squares-structural equation model, PLS-SEM)探索新冠疫情常态化防控下老年人群体公交出行的决策行为机制,为准确把握老年人公交出行需求特征,改善公交出行环境与服务水平,提升疫情常态化防控下公交出行比例乃至应对未来突发相似重大公共卫生事件提供理论与实践参考。

1 理论方法与模型假设

1.1 理论方法

结构方程模型(structural equation model, SEM)是研究交通出行行为决策机制的有力工具之一,通过验证变量间的相关性和假设因果关系而得出结论,由测量模型和结构模型 2 部分组成。测量模型表示潜变量与观察变量的关系,结构模型主要解释内生潜变量与外生潜变量间的因果关系^[12]。测量模型是观察变量的线性函数,公式为:

$$\begin{cases} X = A_x \xi + \delta \\ Y = A_y \eta + \varepsilon \end{cases}$$

式中: X 为外生显变量矩阵, ξ 为外生潜变量矩阵, A_x 为 X 对 ξ 的因子载荷矩阵, δ 为 X 的误差变量矩阵, Y 为内生显变量矩阵, η 为内生潜变量矩阵, A_y 为 Y 对 η 的因子载荷矩阵, ε 为 Y 的误差变量矩阵。

结构模型反映各潜变量间的线性关系,公式为:

$$\eta = B\eta + \Gamma\xi + \zeta,$$

式中: B 和 Γ 为路径系数矩阵,分别反映内生潜变量间、内生潜变量和外生潜变量间的线性关系; ζ 为残差^[13]。

目前 SEM 分为 2 个主流的研究方法:基于协方差的结构方程模型(covariance based structural equation model, CB-SEM)和 PLS-SEM。CB-SEM 通过最小化理论与估计协方差矩阵间的差异估计变量间的关系,PLS-SEM 通过最大化内生潜在变量的解释方差确定变量间的关系^[14]。本文采用 PLS-SEM 的主要原因为:1)老年人群体的数据调查量相对有限且数据呈一定非正态性,PLS-SEM 可兼顾小样本分析,且数据无须服从正态分布;2)为探索和预测出行习惯与出行行为间的关系,PLS-SEM 可较好地测试模型的解释能力和预测相关性;3)PLS-SEM 未限制每个潜变量至少关联 3 个显变量的要求,以避免模型识别问题,根据测量模型计算结果,只使用 2 个显变量表示潜变量“出行行为”^[15]。

1.2 模型假设

本文从 2 个方面提出假设。

1)根据 TPB,态度、主观规范和知觉行为控制直接影响出行意愿,出行意愿和知觉行为控制直接影响出行行为。TPB 在公交利用行为^[16]、低碳出行行为^[17]等方面的行为决策研究能力较好。可假设:新冠疫情常态化防控下,态度、主观规范和知觉行为控制对出行意愿分别存在直接正向影响(假设 H1、H2、H3);知觉行为控制和出行意愿对出行行为分别存在直接正向影响(假设 H4、H5)。

2)习惯是由某种稳定情境所暗示的非理性行为反应,其特征包括重复历史、自动性和(对于某些行为)表达身份^[18]。TPB 中影响出行意愿的态度和知觉行为控制是出行习惯的重要前因^[19]。出行习惯对出行意愿和出行行为有显著影响^[20]。我国自 2020 年上半年进入新冠疫情常态化防控阶段^[21],到本次调查(2022 年 11 月)已持续近 2.5 a。为研究疫情常态化防控下老年人的出行习惯对出行行为的影响机

制,可假设:新冠疫情常态化防控下,态度和知觉行为控制对出行习惯分别存在直接正向影响(假设H6、H7);出行习惯对出行意愿和出行行为分别存在直接正向影响(假设H8、H9)。

将TPB与出行习惯相结合,构建新冠疫情常态化防控下老年人公交车出行决策机制理论模型框架,如图1所示。

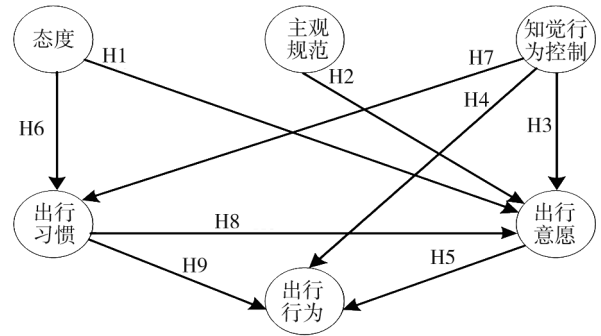


图1 老年人公交车出行决策机制理论模型框架

2 数据来源与调查分析

2.1 调查设计与变量设置

本次调查于2022-11-19—2022-12-12进行,主要涉及辽宁省大连市主城区内老年人在新冠疫情常态化防控下的公交车出行情况,调查范围涵盖沙河口区、中山区、西岗区、甘井子区,调查地点主要集中在居民住宅区、菜市场、公园、公交车站等地。为保证调查质量,调查采用面对面的方式进行,调查员与老年人充分沟通并解释调查事项含义,平均每人调查时间约35 min。本次调查共涉及503名老年人,采集并处理数据后得到有效问卷360份,有效问卷比例为71.5%。

调查问卷开篇介绍“新冠疫情常态化防控”的含义,即新冠疫情较长时间和人类共存且国内疫情总体持续平稳,某些地区疫情偶然发生的状况。调查问卷由5部分组成:第一部分是老年人日常利用公交车情况,主要调查疫情常态化防控阶段老年人群体公交车的总体利用状况,如日常出行频率、出行目的、花费时间等7个问题;第二部分基于TPB和习惯行为等原理采集疫情常态化防控下老年人公交车出行感受与评价,如选择公交车的出行意愿,对公交车出行感知的难易程度,家人、朋友等对自身公交出行的影响等13个问题;第三部分是老年人的个人情绪与生活的主观自我评价,主要调查老年人短期内诸如愉快、悲伤等正向与负向情绪的频率与长期的生活总体满意度,共6个问题;第四部分是老年人对疫情常态化防控下公交车服务评价,主要调查老年人对公交车的安全性、便捷性、舒适性、可靠性及信息服务等17个问题;第五部分是老年人的个人基本信息,包括性别、年龄、收入等6个问题。调查问卷的前4部分主要了解疫情常态化防控下老年人群体利用公交车的出行体验与评价、实际出行行为及个人的生活感受等。

本研究侧重于老年人选择公交车出行时的各种心理因素与实际行为间的作用关系,主要利用第二部分数据。问卷前4部分采用五级Likert量表,用1~5分别表示非常不符合至非常符合,或非常不满意至非常满意等。新冠疫情常态化防控下大连市老年人公交车出行调查变量如表1所示。

表1 新冠疫情常态化防控下大连市老年人公交车出行调查变量

潜变量	观察变量代码	观察变量主要内容
态度	A ₁	疫情常态化防控下选择利用公交车出行是明智的
	A ₂	疫情常态化防控下选择利用公交车出行会令我满意
	A ₃	疫情常态化防控下选择利用公交车出行值得鼓励
	A ₄	疫情常态化防控下选择利用公交车出行对我身心有益
主观规范	S ₁	疫情常态化防控下朋友支持使用公交车出行
	S ₂	疫情常态化防控下家人支持使用公交车出行
	S ₃	疫情常态化防控下的政策支持使用公交车出行
	S ₄	媒体认为民众可在疫情常态化防控下使用公交车出行

表 1(续)

潜变量	观察变量代码	观察变量主要内容
知觉行为控制	P_1	疫情常态化防控下选择公交车出行完全取决于自己的意愿
	P_2	对我来说,疫情常态化防控下选择公交车出行的自由度很高
	P_3	对我来说,疫情常态化防控下选择公交车出行很容易
出行意愿	I_1	日常出行中,有计划在疫情常态化防控下利用公交车出行
	I_2	日常出行中,愿意在疫情常态化防控下利用公交车出行
	I_3	日常出行中,会鼓励周围的人在疫情常态化防控下利用公交车出行
	I_4	日常出行中,愿意将公交出行作为首选出行方式
出行习惯	H_1	放弃公交车出行很困难
	H_2	选择公交车出行,已经成为生活的一部分
	H_3	往往不经思索就选择了公交车出行
	H_4	公交车是最灵活的方式
出行行为	T_1	疫情常态化防控下的工作日出行,主要选择公交车出行
	T_2	疫情常态化防控下的节假日出行,主要选择公交车出行

2.2 数据统计分析

被调查老年人的基本信息如表 2 所示。

表 2 被调查老年人的基本信息

变量	类别	人数	比例/%	变量	类别	人数	比例/%
性别	男	177	49.2	学历	小学及以下	49	13.6
	女	183	50.8		初中	111	30.8
年龄	60~<65岁	78	21.7		高中及中专	155	43.1
	65~<70岁	74	20.6		大专	28	7.8
	70~<75岁	111	30.8		本科及以上学历	17	4.7
	75~<80岁	65	18.1		个人月收入	≤2 000元	32
	≥80岁	32	8.9	>2 000~3 000元		37	10.3
退休前职业	公务员	27	7.5	>3 000~4 000元		55	15.3
	事业单位	50	13.9	>4 000~5 000元		73	20.3
	国企职员	109	30.3	>5 000~6 000元		102	28.3
	企业职员	59	16.4	>6 000元	61	16.9	
	个体和私营业主	39	10.8	居住状况	独居	18	5.0
	商业和服务业人员	30	8.3		与配偶一起居住	177	49.2
	农民	36	10.0		与子女一起居住	146	40.6
	其他	10	2.8		三代同堂	19	5.3

由表 2 可知:被调查者中男性与女性基本持平;70~<75岁和60~<65岁在老年群体中占比较高,分别为30.8%、21.7%;老年人的学历主要集中在高中与初中学历,约占3/4;大部分老年群体的个人收入为>5 000~6 000元/月,占比28.3%,其次为>4 000~5 000元/月,占比20.3%;退休前职业主要为国企员工

和企业员工;居住状况主要与配偶或与子女一起居住。

3 模型检验与结果分析

3.1 测量模型分析

为评价测量模型,对所有结构进行信度和效度评估。结构信度与效度分析结果如表3所示。由表3可知:克朗巴赫系数(Cronbach's alpha) α 为 0.836~0.981,均高于建议阈值 0.700;组合信度(composite reliability, CR) E_{CR} = 0.891~0.991,均高于推荐阈值 0.700,说明测量模型的内部一致性良好。收敛效度和区分效度是效度分析的 2 项指标。通过潜变量的平均方差提取(average variance extracted, AVE) E_{AVE} 验证收敛效度,建议其阈值大于 0.500。由表3可知,潜变量的 E_{AVE} = 0.674~0.981,变量满足收敛效度。区分效度利用 Fornell-Larcke 进行检验,潜变量 E_{AVE} 的平方根和变量间相关系数如表4所示。由表4可知:加粗潜变量的 E_{AVE} 的平方根均大于潜变量间相关系数的平方,因此模型具有良好的区分效度。

表3 结构信度与效度分析结果

潜变量	观察变量代码	载荷系数	α	E_{CR}	E_{AVE}	潜变量	观察变量代码	载荷系数	α	E_{CR}	E_{AVE}
态度	A_1	0.878	0.915	0.94	0.797	出行意愿	I_1	0.805	0.836	0.891	0.674
	A_2	0.910					I_2	0.916			
	A_3	0.908					I_3	0.651			
	A_4	0.874					I_4	0.887			
主观规范	S_1	0.872	0.919	0.943	0.805	出行习惯	H_1	0.854	0.981	0.991	0.981
	S_2	0.937					H_2	0.956			
	S_3	0.921					H_3	0.947			
	S_4	0.855					H_4	0.925			
知觉行为控制	P_1	0.956	0.950	0.968	0.909	出行行为	T_1	0.991	0.981	0.991	0.981
	P_2	0.950					T_2	0.991			
	P_3	0.953									

表4 潜变量 E_{AVE} 的平方根和变量间相关系数

潜变量	主观规范	出行习惯	出行行为	态度	出行意愿	知觉行为控制
主观规范	0.897					
出行习惯	0.557	0.921				
出行行为	0.703	0.740	0.991			
态度	0.694	0.772	0.764	0.893		
出行意愿	0.671	0.750	0.790	0.781	0.821	
知觉行为控制	0.669	0.753	0.801	0.815	0.733	0.953

3.2 结构模型分析

本文采用标准化均方根残差和归一化拟合指数评估 PLS-SEM 模型的整体拟合程度,本模型的标准均方根残差为 0.06,满足低于阈值 0.08 的要求;归一化拟合指数为 0.864,满足高于阈值 0.800 的要求,表明结构模型拟合度良好,可进一步分析^[22]。

3.2.1 直接效应

潜变量间的直接相互作用关系及假设检验结果如表5所示。其中,知觉行为控制对出行意愿的研究

假设被拒绝,其他8个研究假设得到实证支持。

表5 潜变量间的直接相互作用关系及假设检验结果

假设	路径关系	路径系数	标准差	P	假设检验结果
H1	态度→出行意愿	0.299	0.077	0.000	接受
H2	主观规范→出行意愿	0.216	0.064	0.001	接受
H3	知觉行为控制→出行意愿	0.102	0.074	0.170	拒绝
H4	知觉行为控制→出行行为	0.415	0.067	0.000	接受
H5	出行意愿→出行行为	0.379	0.069	0.000	接受
H6	态度→出行习惯	0.470	0.075	0.000	接受
H7	知觉行为控制→出行习惯	0.370	0.076	0.000	接受
H8	出行习惯→出行意愿	0.322	0.064	0.000	接受
H9	出行习惯→出行行为	0.143	0.063	0.024	接受

注:P为统计学的显著性检验。

由表5可知:在新冠疫情常态化防控下,TPB理论框架中各潜变量间的相互作用得到基本验证,即态度和主观规范都对出行意愿产生显著的正向影响,出行意愿和知觉行为控制对出行行为都有显著正向作用,知觉行为控制对于出行意愿有正向影响,但并不显著,态度与知觉行为控制仍可作为出行习惯的前因在疫情常态化防控下得到证实,与无疫情期间的研究结论保持一致^[18]。在新冠疫情常态化防控下老年人的出行习惯仍对出行意愿和出行行为产生显著影响。

3.2.2 间接效应

各潜变量对出行行为和出行意愿的间接效应如表6所示。

表6 各潜变量对出行行为和出行意愿的间接效应

路径关系	路径系数	标准差	P
态度→出行意愿→出行行为	0.114	0.038	0.003
态度→出行习惯→出行行为	0.067	0.034	0.046
态度→出行习惯→出行意愿→出行行为	0.057	0.019	0.003
知觉行为控制→出行意愿→出行行为	0.039	0.028	0.177
知觉行为控制→出行习惯→出行行为	0.053	0.025	0.032
知觉行为控制→出行习惯→出行意愿→出行行为	0.045	0.016	0.005
主观规范→出行意愿→出行行为	0.082	0.034	0.018
出行习惯→出行意愿→出行行为	0.122	0.035	0.001
态度→出行习惯→出行意愿	0.151	0.038	0.000
知觉行为控制→出行习惯→出行意愿	0.119	0.034	0.001

由表6可知:态度通过中介变量出行意愿(态度→出行意愿→出行行为)或出行习惯(态度→出行习惯→出行行为)或二者(态度→出行习惯→出行意愿→出行行为)显著地正向影响出行行为,表明老年人对公交车出行的态度虽不能直接影响公交车利用的出行结果,但老年人对公交车利用的认可(认为使用公交车令自身满意,值得鼓励,是明智的行为且对身心有益)会增强老年人使用公交车的意愿并作为首选出行方式,并将公交出行视为生活中的一部分,形成公交出行的习惯,进而显著地正面影响老年人最终使用公交车出行。相对于其他潜变量,态度对出行行为的总间接效应最大,为0.238(0.144+0.067+0.057)。知觉行为控制虽对出行意愿的影响不显著,但可通过中介变量出行习惯(知觉行为控制→出行习惯→出行行为)显著地正向影响出行行为,且自身也可直接影响出行行为。主观规范和出行习惯都可

通过中介变量出行意愿显著地影响出行行为。对出行意愿的影响,态度和知觉行为控制均可通过出行习惯对其产生显著的正向影响。

3.2.3 总效应

各潜变量对老年人公交车出行行为的总效应如表7所示。由表7可知:出行行为受知觉行为控制的影响最大,其总效应为0.552。知觉行为控制直接影响老年人的出行行为,且可通过出行习惯等间接影响出行行为。知觉行为控制成为影响老年人公交车出行的关键因素,揭示疫情常态化防控阶段老年人利用公交车出行的行为决策特点。当老年人认为自己利用公交车的能力越强,公交车使用越容易,则其知觉行为控制就越强,越能促进其在疫情常态化防控下无论工作日还是节假日均选择公交车出行。

因此,相关交通管理部门应进一步完善城市公共交通系统,通过分析老年人手机信令和公交卡等大数据,综合考虑老年人居住分布与出行特点,合理优化线路,提高公交站点覆盖率,提升公交站点周边衔接设施的品质。同时,指导公交运营公司规范公交司机驾驶行为,提升司机服务质量,尤其是提升对老年人由于记忆减退、行动迟缓等原因而产生的线路问询和影响行车进度等服务态度与亲和力。保持良好的公交车内环境,采取定期消毒、通风等措施,减少病毒的传播,营造老年人对于公交车“方便、温馨与安全”的印象。知觉行为控制通过出行习惯而非出行意愿作用于出行行为,表明在疫情常态化防控下老年人对于公交车一直以来的良好的乘车体验和心里预期更多作用于日常形成的出行行为(出行习惯),而非停留于自己的计划、意愿及对别人的鼓励(出行意愿),进而促进自身实际利用公交车的行为。主观规范所体现的社会(家人、朋友、社会媒体等)影响对老年人公交车利用行为的作用最小,其总效应仅为0.082,与老年人自身的自觉行为控制(经验与预期等)形成鲜明的对比。

出行意愿是影响出行行为的重要因素,总效应为0.379。态度、主观规范和出行习惯均可通过出行意愿影响出行行为。新冠疫情极大地影响了老年人日常出行的机动性,本次调查期间正值全国各地疫情散发态势明显,被调查的老年人认为共同乘坐公交车的乘客是感染者或密切接触者的可能性和非常有可能性的总和达81.9%;在公交车站等待时,有感染者或密接者的可能性和非常有可能性为81.7%;在乘坐公交车时触碰未被消毒的公共设施的可能性和非常有可能性的总和为78.2%;乘坐公交车携带病毒回家的可能性和非常有可能性的总和为77.7%。相关政府部门应加大宣传力度,将疫情常态化防控下坚持公交车辆的日常科学消杀等疫情防控措施通过适当形式展示给老年人群体,同时结合老年公众人物示范乘坐活动和公交优惠政策等增强老年人群体使用公交车的信心,培养并增强老年人疫情常态化防控下可使用公交车安全出行的理念与意愿,消除或减轻老年人使用公交车的疫情感染顾虑,从出行活动方面增强老年人的生活质量。

新冠疫情虽干预了人们的出行意愿和出行行为,但乘坐公共交通的习惯仍对人们公共交通的选择机制产生长期影响^[18]。本研究调查显示,与疫情发生前相比,在2022年的疫情常态化防控阶段,几乎每天使用公交车的老年人下降近28%,在每周大约使用1~2次及以上频率的老年人总量在疫情前后基本相当的前提下,新冠疫情确实对老年人的公交车出行产生显著的影响。研究表明,在疫情常态化防控下老年人使用公交的出行习惯显著影响出行行为和出行意愿。认同及非常认同“放弃公交车出行很困难”“选择公交车出行是生活的一部分”“不经思索就选择了公交车出行”和“公交车是最灵活的方式”观点的老年人比例分别达到71.9%、81.7%、81.4%和75.8%,反映疫情常态化防控下大部分老年人所形成的使用公交车出行的习惯。这种习惯可能受疫情前的出行习惯在疫情爆发后的持续影响,也可能是疫情爆发后常态化过程中老年人对使用公交车出行的适应(比如戴口罩、保持安全距离、严峻时甚至乘车扫码等),或两者兼有。培养和巩固老年人使用公交车的出行习惯是必要的,一旦养成了这种强烈的习惯,老

表7 各潜变量对老年人公交车出行行为的总效应

路径关系	路径系数	标准差	P
态度→出行行为	0.238	0.054	0.000
主观规范→出行行为	0.082	0.034	0.018
知觉行为控制→出行行为	0.552	0.068	0.000
出行习惯→出行行为	0.265	0.065	0.000
出行意愿→出行行为	0.379	0.069	0.000

老年人今后将更加依赖公共交通出行,符合现代化城市可持续发展的绿色要求与理念,尤其是整个社会老龄化趋势日益显著,老龄人口规模巨大,生活水平不断提高,小汽车(私家车、出租车和网约车)地广泛使用。这就要求政府有关部门制定适应老年人特点的各种交通政策,提高整体公共交通的服务水平,满足老年人日益丰富的出行需求,培养老年人公交出行习惯,应对包括新冠疫情在内的各种社会与环境变化等挑战。老年人利用公交车出行的态度对于出行行为的总效应为 0.238,比出行习惯略低,表明老年人的态度也有重要的影响,但主要通过出行意愿和出行习惯实现。

3.3 预测能力评估

模型的预测能力可通过预测精度 R^2 和预测相关性衡量。 $R^2=0\sim 1$, R^2 越大,模型的预测精度越好, $R^2>0.75$ 时,表明模型的预测精度良好; $R^2>0.50$ 时,预测精度适中^[23]。出行行为、出行意愿和出行习惯的 R^2 分别为 0.639、0.691、0.736,均大于 0.5,且关键的潜变量出行行为 R^2 接近 0.75,说明所提出的模型具有良好的预测精度。 Q^2 为正,表明可确认模型预测能力的相关性, $Q^2>0.35$,表明预测相关性较好。出行习惯、出行意愿及出行行为的 Q^2 分别为 0.634、0.637、0.688,显示出较好的预测相关性。

4 结论

本文结合 TPB 和出行习惯,采用 PLS-SEM 构建疫情常态化防控下老年人利用公交车出行的决策行为理论框架。根据大连市 2022 年老年人公交车出行数据,探索与分析态度、主观规范、知觉行为控制、出行意愿、出行习惯与出行行为的相互作用关系。

1) 纳入出行习惯的计划行为理论可较好地反映老年人公交车出行的决策行为机制。其中,知觉行为控制对出行行为的影响最大,为 0.552,主观规范对出行行为的影响最小,为 0.082,其余依次为出行意愿、出行习惯和态度。

2) 知觉行为控制对出行行为产生直接与间接的正向影响,通过完善城市内公共交通系统、提升司机服务质量及良好的防控措施等促进老年人公交车出行。

3) 新冠疫情常态化防控下的出行意愿是老年人公交出行的重要影响因素。可通过公交车优惠政策、名人宣传等方法消除或减轻老年人使用公交车的病毒感染顾虑,增强老年人群体的公交车出行意愿。

4) 出行习惯同样对出行行为产生显著地直接与间接的正向影响。培养老年人良好的公交车出行习惯,符合老龄化社会中城市交通的可持续发展理念。

本研究在理论方面补充了公共交通领域,特别是新冠疫情常态化防控阶段对影响老年人公交车出行行为因素的理解。在实践方面,量化了各潜变量对公交车出行行为的影响,为政府有关部门制定疫情常态化防控阶段乃至未来突发类似重大公共卫生事件后的老年人的交通政策提供参考。未来可进一步讨论老年人个体异质对公交出行的影响,为后疫情时代的老龄化社会提供公共交通政策依据。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国中央人民政府. 积极应对人口老龄化,激发老龄社会活力:国家卫健委相关部门负责人解读《中共中央 国务院关于加强新时代老龄工作的意见》[EB/OL]. (2021-11-25) [2023-02-24]. http://www.gov.cn/zhengce/2021-11/25/content_5653252.htm.
- [2] 国家统计局. 第七次全国人口普查公报(第五号)[EB/OL]. (2021-05-11) [2023-02-24]. http://www.stats.gov.cn/tjsj/tjgb/rkpcgb/qgrkpcgb/202106/t20210628_1818824.html.
- [3] 大连市统计局. 大连市第七次全国人口普查公报[EB/OL]. (2021-06-11) [2023-02-24]. https://stats.dl.gov.cn/art/2021/6/11/art_3812_700674.html.
- [4] HU X W, WANG J, WANG L. Understanding the travel behavior of elderly people in the developing country: a case study of Changchun, China[J]. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 2013, 96: 873-880.
- [5] HEATH Y, GIFFORD R. Extending the theory of planned behavior: predicting the use of public transportation[J]. Journal of Applied Social Psychology, 2002, 32(10): 2154-2189.

- [6] VERPLANKEN B, AARTS H, KNIPPENBERG A V, et al. Attitude versus general habit: antecedents of travel mode choice [J]. *Journal of Applied Social Psychology*, 1994, 24(4): 285-300.
- [7] FU X M, JUAN Z C. Exploring the psychosocial factors associated with public transportation usage and examining the “gendered” difference [J]. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 2017, 103: 70-82.
- [8] 和占琼, 王婷. 出行习惯和感知质量对低碳通勤出行行为的影响研究 [J]. *生态经济*, 2020, 36(7): 105-112.
HE Zhanqiong, WANG Ting. Study on the influence of travel habit and perceived quality on low carbon commuting behavior [J]. *Ecological Economy*, 2020, 36(7): 105-112.
- [9] 陈坚, 张弛, 度永恒, 等. 考虑环保意识和出行习惯的公交出行选择行为模型 [J]. *交通运输系统工程与信息*, 2020, 20(4): 128-135.
CHEN Jian, ZHANG Chi, TUO Yongheng, et al. Travel mode choice behavior model of public transit incorporating environmental concern and habit [J]. *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*, 2020, 20(4): 128-135.
- [10] 刘建荣, 郝小妮, 石文瀚. 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(6): 71-76.
LIU Jianrong, HAO Xiaoni, SHI Wenhan. Impact of COVID-19 on the elderly's bus travel behavior [J]. *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*, 2020, 20(6): 71-76.
- [11] 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(1): 51-60.
SUN Fan, JIN Minjie, ZHANG Tao, et al. Study on the satisfaction of elderly's bus travel before and after the COVID-19 [J]. *Journal of Beijing Jiaotong University*, 2022, 46(1): 51-60.
- [12] 吴明隆. 结构方程模型: AMOS 的操作与应用 [M]. 重庆: 重庆大学出版社, 2010.
- [13] 李纲, 赵静怡, 张玉. 基于主观幸福感的大学生网约车乘客满意度和忠诚度研究 [J]. *山东交通学院学报*, 2022, 30(3): 46-54.
LI Gang, ZHAO Jingyi, ZHANG Yu. The passenger satisfaction and loyalty about online ride-hailing for college students based on subjective well-being [J]. *Journal of Shandong Jiaotong University*, 2022, 30(3): 46-54.
- [14] MANDHANI J, NAYAK J K, PARIDA M. Interrelationships among service quality factors of metro rail transit system: an integrated Bayesian networks and PLS-SEM approach [J]. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 2020, 140: 320-336.
- [15] HAIR J F, SARSTEDT M, RINGLE C M, et al. An assessment of the use of partial least squares structural equation modeling in marketing research [J]. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 2012, 40(3): 414-433.
- [16] LI L B, XIONG J, CHEN A, et al. Key strategies for improving public transportation based on planned behavior theory: case study in Shanghai, China [J]. *Journal of Urban Planning and Development*, 2014, 141(2): 04014019.
- [17] 胡兵, 傅云新, 熊元斌. 旅游者参与低碳旅游意愿的驱动因素与形成机制: 基于计划行为理论的解释 [J]. *商业经济与管理*, 2014(8): 64-72.
HU Bing, FU Yunxin, XIONG Yuanbin. The driving factors and the formation mechanism of tourists' intention participating in low-carbon tourism: based on theory of planned behavior [J]. *Journal of Business Economics*, 2014(8): 64-72.
- [18] ZHAO P J, GAO Y K. Public transit travel choice in the post COVID-19 pandemic era: an application of the extended theory of planned behavior [J]. *Travel Behaviour and Society*, 2022, 28: 181-195.
- [19] DONALD I J, COOPER S R, CONCHIE S M. An extended theory of planned behaviour model of the psychological factors affecting commuters' transport mode use [J]. *Journal of Environmental Psychology*, 2014, 40: 38-48.
- [20] 方晓平, 周倩然. 基于TPB的低碳交通出行方式研究 [J]. *铁道科学与工程学报*, 2019, 16(3): 804-811.
FANG Xiaoping, ZHOU Qianran. The research of low-carbon transportation mode based on TPB [J]. *Journal of Railway Science and Engineering*, 2019, 16(3): 804-811.
- [21] 中华人民共和国国务院新闻办公室. 《抗击新冠肺炎疫情的中国行动》白皮书 [EB/OL]. (2020-06-07) [2023-02-24]. <http://www.scio.gov.cn/zfbps/ndhf/42312/Document/1682143/1682143.htm>.
- [22] NGUYEN-PHUOC D Q, TRAN A T P, NGUYEN T V, et al. Investigating the complexity of perceived service quality and perceived safety and security in building loyalty among bus passengers in Vietnam: a PLS-SEM approach [J]. *Transport*

- Policy, 2021, 101: 162-173.
- [23] LEGUINA A. A primer on partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM) [J]. International Journal of Research & Method in Education, 2015, 38(2): 220-221.

Analysis of travel behavior of the senior citizens by bus under the normalization of COVID-19 pandemic based on PLS-SEM

LI Gang, LIU Tianhao

School of Traffic and Transportation Engineering, Dalian Jiaotong University, Dalian 116028, China

Abstract: In order to deeply understand the bus travel behavior of the senior citizens under the COVID-19 pandemic situation, the travel behavior of the senior citizens in Dalian are taken as a research example in the year of 2022, the theories of planned behavior and travel habits are formed as the theoretical framework, and the partial least squares structural equation model is constructed to analyze the relationship between travel behavior and some affected factors such as attitude, subjective norms, perceived behavioral control, travel habit, travel intention. The results show that under the normalization of the COVID-19 epidemic, the perceived behavior control of the senior citizens has a significant direct and indirect impact on travel behavior, and its impact is the largest one, with a total effect of 0.552. The impact of subjective norms on travel behavior is the least, with a total effect of 0.082. The rests are followed by travel intention, travel habits and attitudes. Attitude and perceptual behavior control are still the antecedents of travel habits under the normalization of the COVID-19 epidemic. The travel behavior analysis of the senior citizens based on PLS-SEM reflects the internal mechanism of various factors influencing the bus travel behavior choices for the senior citizens under the normalization of the COVID-19 pandemic.

Keywords: senior citizens; normalization of COVID-19 pandemic; bus travel; theory of planned behavior; travel habit; PLS-SEM

(责任编辑:郭守真)

(上接第46页)

the coordinated development of regional comprehensive transportation, taking the comprehensive transport efficiency in Shandong Province as the research object, the model of super efficiency slacks-based measure (SBM) concerning unexpected output is constructed, then the entropy weighted method is employed to calculate the environmental pollution index, after that, the ratio of gross domestic product (GDP) to environmental pollution index is taken as the expected output index of green GDP to build the super efficiency SBM model to calculate the comprehensive transport efficiency in Shandong Province. The comprehensive transport efficiency is decomposed into scale efficiency and technical efficiency, the factors that affected the comprehensive transport efficiency in Shandong Province are analyzed and the measures for improving the comprehensive transport efficiency in Shandong Province are proposed. The results show that there are significant differences in terms of comprehensive transport efficiency influence from green GDP and traditional GDP respectively. The law of timing evolution about the comprehensive transport efficiency is in line with the law of fact.

Keywords: comprehensive transportation efficiency; super efficiency SBM model; green GDP; efficiency decomposition

(责任编辑:郭守真)