

公交换乘优惠政策下居民换乘意向的异质性分析

马壮林¹, 毕宇明², 周 备¹, 邓亚娟¹, 兆 雪³

(1. 长安大学 运输工程学院, 西安 710064; 2. 比亚迪汽车工业有限公司, 广东 深圳 518118; 3. 西安石油大学 理学院, 西安 710065)

摘 要:为探究公交换乘优惠政策下城市居民换乘意向的影响因素及其相互作用机理, 本文在计划行为理论和技术接受模型的基础上融入行为习惯, 采用结构方程模型(SEM)构建了公交换乘优惠政策下的居民换乘意向模型; 采用显示性偏好(RP)方法设计调查问卷, 通过网络调查获得365份有效样本, 探究各心理潜变量之间的路径关系, 并通过Bootstrap法检验模型的中介效应; 采用单因素方差分析(ANOVA)探讨潜变量在不同群组中的异质性。结果表明: 态度、主观规范、感知有用性和行为习惯对换乘意向有直接的显著影响; 态度、感知有用性和感知易用性是中介变量, 但并非在所有路径中都能发挥中介效应; 潜变量对换乘意向影响的总效应值从大到小排序为: 行为习惯(0.457)、感知有用性(0.366)、态度(0.326)、主观规范(0.312)、感知易用性(0.096); 不同社会经济属性和出行特征的群组对潜变量的感知及影响存在显著差异。研究成果不仅有助于完善行为意向研究的理论体系, 而且可为其他城市交通管理部门制定公交换乘优惠政策提供理论支撑。

关键词: 交通运输系统工程; 公交换乘优惠政策; 结构方程模型; 换乘意向; 计划行为理论; 技术接受模型; 行为习惯

中图分类号: U491 文献标志码: A 文章编号: 1671-5497(2026)01-0158-12

DOI: 10.13229/j.cnki.jdxbgxb.20240661

Heterogeneity analysis of residents' transfer intentions under transit transfer preferential policy

MA Zhuang-lin¹, BI Yu-ming², ZHOU Bei¹, DENG Ya-juan¹, ZHAO Xue³

(1. School of Transportation Engineering, Chang'an University, Xi'an 710064, China; 2. BYD Automotive Industry Co., Ltd., Shenzhen 518118, China; 3. School of Science, Xi'an Shiyou University, Xi'an 710065, China)

Abstract: In order to investigate the factors influencing urban residents' transfer intention and their interaction mechanisms under the transit transfer preferential (TTP) policy, this paper integrates behavioral habits based on the theory of planned behavior (TPB) and technology acceptance model

收稿日期: 2024-06-14.

基金项目: 国家自然科学基金项目(52272316); 陕西省自然科学基金基础研究计划项目(2024JC-YBMS-359); 西安市科技决策咨询课题项目(202212).

作者简介: 马壮林(1980-), 男, 教授, 博士. 研究方向: 交通规划, 出行行为. E-mail: zhuanglinma@chd.edu.cn

通信作者: 周备(1986-), 男, 副教授, 博士. 研究方向: 网络优化, 交通规划, 出行行为. E-mail: bzhou3@chd.edu.cn

(TAM), and develops a residents' transfer intention model under the TTP using the structural equation model(SEM). The questionnaire was designed using the revealed preference(RP) method. A total of 365 valid samples were obtained through an online survey. The path relationships between psychological latent variables were explored, and the mediating effect of the model was examined using the Bootstrap method. Additionally, a one-way analysis of variance(ANOVA) was conducted to investigate the heterogeneity of latent variables across different groups. The results show that attitude, subjective norms, perceived usefulness, and behavioral habits have a direct significant impact on transfer intention. Attitude, perceived usefulness, and perceived ease of use are mediating variables, but they do not play a mediating effect in all paths. The total effect values of latent variables on transfer intention, in descending order, are behavioral habits (0.457), perceived usefulness (0.366), attitude (0.326), subjective norms (0.312), and perceived ease to use (0.096). Significant differences were found between groups with different socio-economic attributes and travel characteristics on the latent variables. The findings of this study not only contribute to the theoretical framework of behavioral intention research, but also provide theoretical support for urban transportation management authorities in formulating the TTP policy.

Key words: engineering of communications and transportation system; transit transfer preferential policy; structural equation modeling; transfer intention; theory of planned behavior; technology acceptance model; behavioral habits

0 引言

《交通强国建设纲要》明确提出“优先发展城市公共交通,鼓励引导绿色公交出行,强化城市轨道交通与其他交通方式的衔接”^[1]。随着公共网络的不断完善与扩展,以及居民出行需求的日益多样化,“公交+地铁”“公交+公交”等换乘出行方式已成为中国超大和特大城市居民出行的主要选择。然而,公交换乘优惠政策目前仅在中国少数超大和特大城市实施。因此,在实施公交换乘优惠政策前充分了解城市居民的换乘意向,探究公交换乘优惠政策实施后影响居民换乘意向的关键因素,是确保公交换乘优惠政策顺利实施并发挥预期效果的必要前提。

换乘意向是出行意向的一个重要方面。目前,关于公交换乘优惠政策对居民换乘意向影响的研究较少,但已有许多研究探讨了不同场景下出行意向的影响因素^[2-8]。梳理现有研究成果发现,影响出行意向的主要因素包括社会经济属性、出行特征和心理感知因素。社会经济属性主要包括性别、年龄、学历、职业和收入水平等。Nayum等^[2]研究发现,性别和年龄可通过心理潜变量影响居民对公共交通方式的出行意向;吴文静等^[3]研究发现,性别、学历、职业、月收入等社会经济属性会对潜变量产生影响,进而影响居民的低碳通勤出行意向。出行特征主要包括出行距离、出行

时间等。Zhang等^[4]研究发现,出行距离和拼车经验分别对拼车出行意向有显著的负向和正向影响;胡含等^[5]研究发现,出行时间可通过个人规范、态度等潜变量影响居民低碳出行意向。心理感知在个体出行决策过程中起着至关重要的作用,能深刻影响人们对出行方式的偏好和选择,被普遍认为是出行意向的重要影响因素之一。Kaye等^[6]研究发现,态度、主观规范和感知行为控制会显著影响居民对全自动共享客运班车的使用意向;Rejali等^[7]研究发现,感知有用性和环保意识会显著影响居民对共享无桩电动滑板车的使用意向;马壮林等^[8]研究发现,政策态度、问题感知等心理感知因素会显著影响居民的低碳出行意向。

在出行意向的相关研究中,结构方程模型(Structural equation model, SEM)是较常用的方法之一。SEM是一种研究不可观测的潜变量之间关系的方法,反映了潜变量之间的关系、观测变量之间的关系及潜变量与观测变量之间的关系^[9]。很多学者以成熟的心理学和行为学理论为基础,构建了不同出行意向的SEM。王玉茹^[10]以计划行为理论(Theory of planned behavior, TPB)和规范激活理论为基础,构建了低碳出行意向的SEM。乔婧等^[11]以TPB理论为基础,分别构建了公交换乘公交、公交换乘地铁出行意向

的 SEM。Kaye 等^[6]以 TPB 理论为基础,构建了全自动共享客运班车出行意向的 SEM。Li 等^[12]以 TPB 理论和技术接受模型(Technology acceptance model, TAM)为基础,构建了共享电动自行车使用意向的 SEM。

综上,国内外学者在出行意向的影响因素和研究方法方面开展了深入研究,但仍存在一些不足,主要表现在 2 个方面:一是鲜有研究探讨公交换乘优惠政策背景下居民换乘意向的影响因素;二是鲜有研究探讨个人属性的异质性对潜变量的差异化影响。因此,本文以 TPB 和 TAM 为理论基础,考虑居民出行的行为习惯特征,构建公交换乘优惠政策下居民换乘意向的 SEM,探究各心理潜变量之间的路径关系,并通过 Bootstrap 法检验模型的中介效应,采用单因素方差分析(ANOVA)探讨潜变量在不同群组中的异质性。研究成果不仅有助于完善行为意向研究的理论体系,而且可为其他城市交通管理部门制定公交换乘优惠政策提供理论支撑。

1 研究理论

1.1 相关理论基础

TPB 是理性行为理论的拓展和延伸,用于解释个体的行为意向和行为决策^[13]。TPB 包括态度、感知行为控制和主观规范 3 个核心要素,三者共同决定个体的行为意向,而行为意向直接影响实际行为。

TAM 同样是理性行为理论的拓展和延伸,它在保留态度与行为意向、行为决策的关系的基础上,增加了感知有用性和感知易用性^[14]。感知有用性既可影响态度,也可直接影响行为意向;感知易用性可影响态度,也可直接作用于感知有用性。

事实上,个人决策行为往往受多重动机驱动,其中行为习惯的影响不容忽视^[15]。居民的出行活动及其对出行方式的选择经常重复,易逐渐形成习惯性行为^[16]。出行方式选择通常发生在相对稳定的环境中,且具有重复性,可减少复杂决策的需求^[17]。因此,本文将行为习惯纳入 TPB 和 TAM,以增强模型的解释力和预测力。

通过整合上述 3 个理论框架的结构关系,本文构建了公交换乘优惠政策下居民换乘意向的理论模型框架,如图 1 所示。

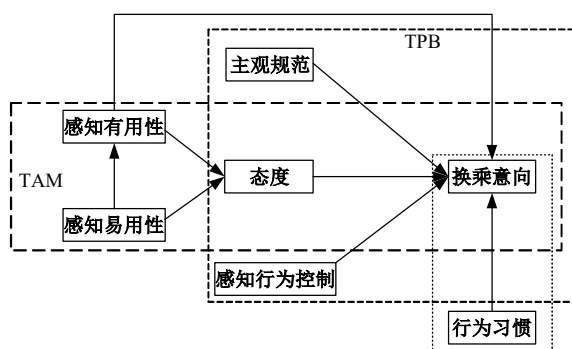


图 1 理论模型框架

Fig. 1 Theoretical model framework

1.2 研究假设

基于上述相关理论模型及现有研究成果,本文从以下 6 个方面提出研究假设。

(1) 态度对换乘意向的影响

本文的态度指乘客对实施公交换乘优惠政策的积极或消极评价。TPB 和 TAM 认为,态度是影响行为意向的关键因素。现有研究也表明,积极的态度会促使个体产生行为意向,并促进实际行为发生^[18,19]。因此,提出 1 个假设:

H₁₁: 态度直接影响换乘意向。

(2) 感知行为控制对换乘意向的影响

本文的感知行为控制指乘客对促进或阻碍其接受公交换乘优惠政策的认知。TPB 认为感知行为控制与行为实施意向之间具有正向促进关系。现有研究也表明,感知行为控制能促进居民产生出行意向和出行行为^[18],同时可通过态度间接影响出行意向^[20]。因此,提出 2 个假设:

H₁₂: 感知行为控制直接影响换乘意向。

H₂₁: 感知行为控制通过态度,间接影响换乘意向。

(3) 主观规范对换乘意向的影响

本文的主观规范指乘客感知到的周围人群对公交换乘优惠政策的支持或反对。作为社会群体的一员,面对公交换乘优惠政策的吸引,乘客的换乘意向深受家庭成员及身边朋友、同事的影响。TPB 认为主观规范对态度和行为意向均有重要影响。现有研究也表明,主观规范不仅可以直接影响出行意向,还可通过态度和感知行为控制间接影响行为意向^[21]。此外,TPB 和 TAM 的融合研究发现,主观规范可通过感知有用性间接影响行为意向^[22]。因此,提出 4 个假设:

H₁₃: 主观规范直接影响换乘意向。

H₂₂: 主观规范通过态度间接影响换乘意向。

H₂₃:主观规范通过感知行为控制间接影响换乘意向。

H₂₄:主观规范通过感知有用性间接影响换乘意向。

(4)感知有用性对换乘意向的影响

本文的感知有用性指乘客认为实施公交换乘优惠政策能提升自身生活质量的程度。TAM认为感知有用性对态度和行为意向均有重要影响。现有研究也表明,感知有用性不仅可以直接影响行为意向^[23],还可通过态度间接影响行为意向^[24]。因此,结合假设H₁₁,提出2个假设:

H₁₄:感知有用性直接影响换乘意向。

H₂₅:感知有用性通过影响态度,间接影响换乘意向。

(5)感知易用性对换乘意向的影响

本文的感知易用性指乘客认为实施公共交通换乘优惠政策后使用公共交通换乘的便捷程度。TAM认为感知易用性对感知有用性和态度均有重要影响。现有研究也表明,感知易用性不仅可以直接影响态度,还可通过感知有用性间接影响态度^[24,25]。因此,结合假设H₁₁,提出2个假设:

H₂₆:感知易用性通过影响态度,间接影响换乘意向。

H₂₇:感知易用性通过影响感知有用性,间接影响换乘意向。

(6)行为习惯对换乘意向的影响

本文的行为习惯指个体日常乘坐公共交通的习惯性模式。现有研究表明,行为习惯不仅可以直接影响行为意向^[23,26],而且可通过态度、感知行为控制、感知易用性和感知有用性间接影响行为意向^[26,27]。因此,提出5个假设:

H₁₅:行为习惯直接影响换乘意向。

H₂₈:行为习惯通过影响态度,间接影响换乘意向。

H₂₉:行为习惯通过影响感知行为控制,间接影响换乘意向。

H₂₁₀:行为习惯通过影响感知易用性,间接影响换乘意向。

H₂₁₁:行为习惯通过影响感知有用性,间接影响换乘意向。

根据以上假设,本文绘制了公交换乘优惠政策下居民换乘意向的假设关系图,如图2所示。

1.3 居民换乘意向模型

本文构建的居民换乘意向SEM包括结构模

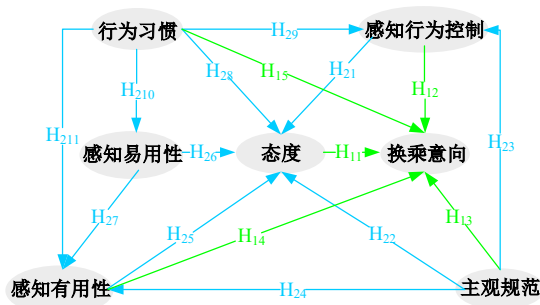


图2 居民换乘意向假设关系

Fig. 2 Hypothetical relationships for resident transfer intentions

型和测量模型2个部分。

结构模型描述了各个潜变量之间的关系,利用路径分析方法建立潜变量之间的因果关系,其表达式如式(1)所示:

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

式中: η 为内生潜变量向量; B 为内生潜变量间的系数矩阵; Γ 为外生潜变量与内生潜变量间的系数矩阵; ξ 为外生潜变量向量; ζ 为模型中无法预测和解释的残差项。

测量模型描述了潜变量与观测变量之间的关系,用于衡量测量变量对潜变量的测量效果,如下所示:

$$X = \Lambda_x \xi + \delta \quad (2)$$

$$Y = \Lambda_y \eta + \epsilon \quad (3)$$

式中: X 为外生测量变量向量; Λ_x 为外生测量变量 x 的因素载荷向量; δ 为外生测量变量的误差项; Y 为内生测量变量向量; Λ_y 为内生测量变量 y 的因素载荷向量; ϵ 为内生测量变量的误差项。

2 数据获取

2.1 问卷设计与变量选取

本文采用显示性偏好(Revealed preference, RP)方法设计调查问卷。调查问卷包括3个部分,分别为受访者的社会经济属性、出行特征和换乘心理感知因素。其中,社会经济属性包括受访者的性别、年龄、学历、职业、月收入、私家车拥有量、是否有驾照和家庭结构;出行特征包括受访者的出行目的、出行时间、出行时长、出行距离、出行费用、是否换乘、换乘方式和换乘步行距离;换乘心理感知因素涉及态度、主观规范、感知行为控制、换乘意向、感知易用性、感知有用性和行为习惯7个方面。问卷采用5分制的李克特量表法进行度量,受访者根据自身实际情况进行选择,1表

示“非常不赞同”,2表示“不赞同”,3表示“一般”,4表示“赞同”,5表示“非常赞同”。各心理潜变量对应的题项如表1所示。

表1 心理潜变量对应的题项

Table 1 Questions items for psychological latent variables

潜变量	题项
态度 (ATT)	ATT1: 公交换乘优惠政策是一个好主意
	ATT2: 公交换乘优惠政策很有吸引力
	ATT3: 支持公交换乘优惠政策
主观规范 (SN)	SN1: 家人和朋友的鼓励会让我更愿意接受
	SN2: 如果周围的人接受换乘优惠政策,我也会接受
	SN3: 政府的引导会让我愿意接受换乘优惠政策
感知行为控制 (PBC)	PBC1: 如果我几乎不换乘,我不会支持公交换乘优惠政策
	PBC2: 换乘距离过长,我不会支持换乘优惠政策
	PBC3: 优惠幅度越大,我会接受换乘优惠政策
感知有用性 (PU)	PU1: 公交换乘优惠政策可以降低出行费用
	PU2: 公交换乘优惠政策可以减少出行时间
	PU3: 公交换乘优惠政策可以提高出行便捷性
感知易用性 (PEU)	PEU1: 我认为公交换乘很便捷
	PEU2: 我认为公交换乘信息很容易获取
	PEU3: 我可以熟练地进行公交换乘
行为习惯 (BH)	BH1: 我能熟练使用各种公共交通工具
	BH2: 公共交通是我日常出行的常用方式之一
换乘意向 (TI)	TI1: 我在日常生活中经常进行公交换乘
	TI2: 我会在日常生活中推荐他人选择公交换乘

2.2 问卷调查与实施

完成调查问卷设计后,进行小范围的预调查,样本量为50份,目标人群包括亲戚、朋友和同学。根据受访者的反馈,修改调查问卷中表述不清晰的关键词和设置不合理的测量项,从而得到最终的调查问卷。

考虑到网络调查方法具有收集速度快、覆盖范围广、统计方便的特点,本研究采用网络调查方式进行问卷调查。调查对象需同时满足两个条件:①西安市居民;②日常出行中有乘坐公共交通的经历。本研究委托问卷星平台发放问卷,调查时间为2022年9月24日至2022年10月9日,共回收379份问卷,其中有效问卷365份,有效率为96.3%。

3 数据检验与结果分析

3.1 信度和效度分析

信度检验采用Cronbach's α 系数进行评价,结果显示7个潜变量的Cronbach's α 系数均 >0.8

(见表2),说明问卷的内部一致性程度较高。

效度检验包括内容效度、聚合效度、收敛效度和区别效度。本文调查问卷参考已有相关研究,并通过预调查修正和完善,因此内容效度具有良好的保障。探索性因子分析结果显示,KMO值为0.877且Bartlett球形检验显著($p<0.001$),说明问卷聚合效度良好。采用平均方差提取值(Average variance extracted, AVE)和组合信度(Composite reliability, CR)检验收敛效度,结果显示,7个潜变量的AVE均 >0.6 ,且CR均 >0.8 (见表2),说明问卷的所有题项均具有较高的收敛性和内部一致性。采用AVE法检验区别效度,检验结果如图3所示。图中对角线元素为AVE的平方根,左下角的数字为潜变量间的相关系数,右上角的圆圈颜色和大小与左下角的数值对应,可以看出AVE的平方根均大于所在列的相关系数,说明问卷样本具有较好的区别效度。

表2 信度和收敛效度检验结果

Table 2 Results of reliability and convergent validity test

潜变量名称	Cronbach's α	AVE	CR
态度	0.879	0.710	0.880
主观规范	0.878	0.716	0.883
感知行为控制	0.896	0.743	0.897
感知有用性	0.896	0.741	0.896
感知易用性	0.874	0.697	0.873
行为习惯	0.870	0.772	0.871
换乘意向	0.881	0.788	0.881

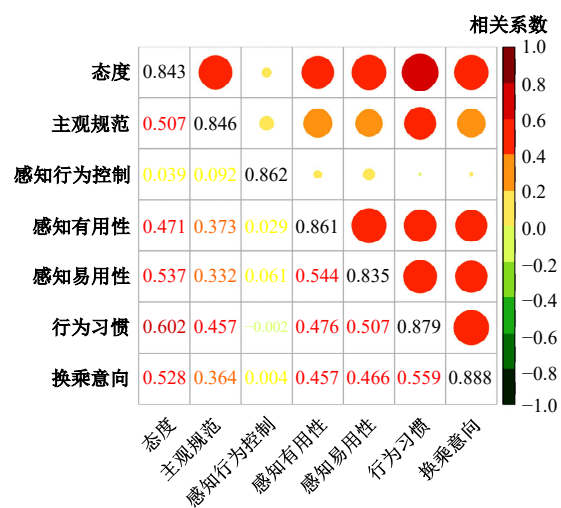


图3 区别效度检验结果

Fig. 3 Results of discriminant validity test

3.2 模型拟合检验

从绝对适配统计量、增值适配度统计量和简

约适配统计量 3 个方面选取 10 个拟合检验指标(见表 3)。其中,绝对适配统计量包括卡方与自由度比(χ^2/df)、标准化残差均方和平方根(Stan-

3 模型拟合检验结果

Table 3 Results of model fitting test				
类别	检验指标	接受范围	拟合值	效果
绝对适配统计量	χ^2/df	$1<\chi^2/df<3$	1.292	较好
	SRMR	$SRMR<0.05$	0.041	较好
	RMSEA	$RMSEA<0.05$	0.028	较好
	GFI	$GFI>0.9$	0.953	较好
增值适配统计量	NFI	$NFI>0.9$	0.963	较好
	TLI	$TLI>0.9$	0.989	较好
	IFI	$IFI>0.9$	0.991	较好
	CFI	$CFI>0.9$	0.991	较好
简约适配统计量	CN	$CN>200$	341	较好
	PGFI	$PGFI>0.5$	0.677	较好

dardized root mean square residual, SRMR)、渐进残差均方和平方根(Root mean square error of approximation, RMSEA)和适配度指数(Goodness of fit index, GFI),增值适配统计量包括规准适配指数(Normed fit index, NFI)、非规准适配指数(Tucker-Lewis index, TLI)、增值适配指数(Incremental fit index, IFI)和比较拟合指数(Comparative fit index, CFI),简约适配统计量包括 CN 值(Critical N)和简约适配度指数(Parsimony-adjusted GFI, PGFI)^[28]。

3.3 潜变量之间的路径分析

各潜变量之间的影响路径及每个潜变量与其对应的测量指标之间的关系如图 4 所示,其中:“*”表示 $p<0.05$,“**”表示 $p<0.01$,“***”表示 $p<0.001$ 。

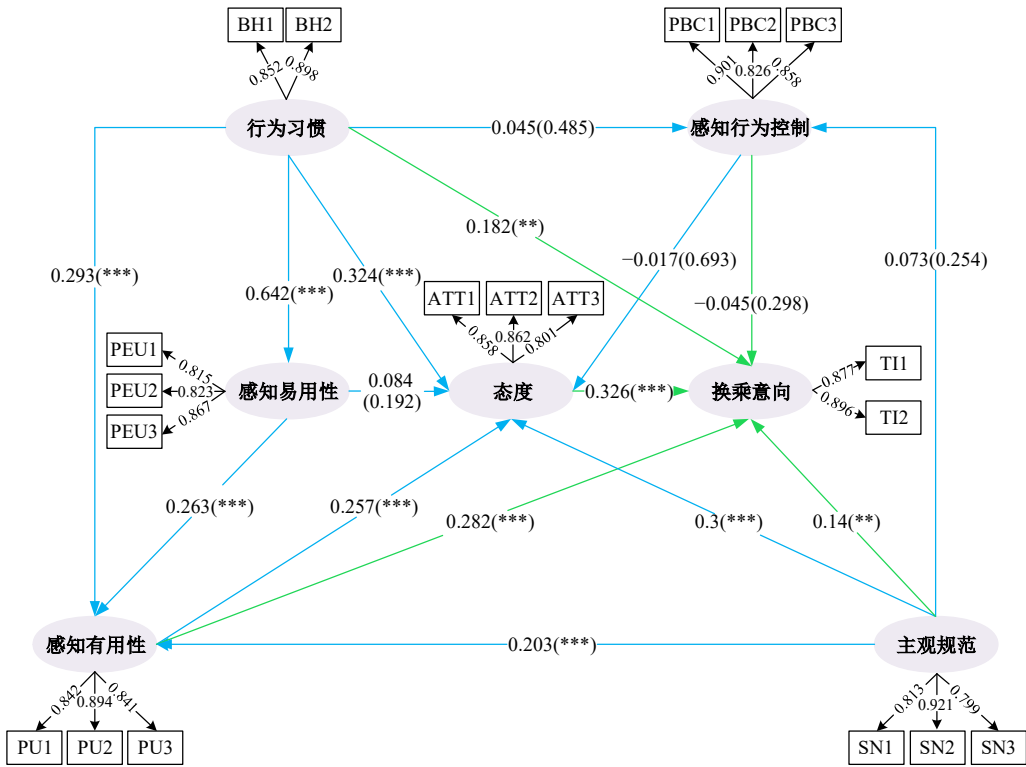


图 4 潜变量之间的影响路径

Fig. 4 Influence paths between latent variables

(1)态度、主观规范、感知有用性和行为习惯对换乘意向的路径系数检验 p 值均 <0.05 ,表明态度、主观规范、感知有用性和行为习惯对换乘意向有显著影响,故假设 H_{11} 、 H_{13} 、 H_{14} 和 H_{15} 成立。然而,感知行为控制对换乘意向的路径系数检验 p 值 >0.05 ,表明感知行为控制对换乘意向没有显著影响,故假设 H_{12} 不成立。

(2)主观规范、感知有用性和行为习惯对态

度的路径系数检验 p 值均 <0.05 ,表明主观规范、感知有用性和行为习惯对态度有显著影响,结合假设 H_{11} 可知,主观规范、感知有用性和行为习惯可通过态度间接对换乘意向产生显著影响,故假设 H_{22} 、 H_{25} 和 H_{28} 成立;感知行为控制和感知易用性对态度的路径系数检验 p 值 >0.05 ,表明感知行为控制和感知易用性对态度没有显著影响,不能通过态度间接影响换乘意向,故假设 H_{21} 和 H_{26} 不成立。

(3)主观规范和行为习惯对感知行为控制的路径系数检验 p 值 >0.05 ,表明主观规范和行为习惯对感知行为控制没有显著影响,不能通过感知行为控制间接影响换乘意向,故假设 H_{23} 和 H_{29} 不成立。

(4)主观规范、感知易用性和行为习惯对感知有用性的路径系数检验 p 值均 <0.05 ,表明主观规范、感知易用性和行为习惯对感知有用性有显著影响,结合假设 H_{14} 可知,主观规范、感知易用性和行为习惯可通过感知有用性间接影响换乘意向,故假设 H_{24} 、 H_{27} 和 H_{211} 成立。

(5)行为习惯对感知易用性的路径系数检验 p 值 <0.05 ,表明行为习惯对感知易用性有显著影响,结合假设 H_{27} 可知,行为习惯可通过感知易用性间接影响换乘意向,故假设 H_{210} 成立。

本文提出的假设检验结果如表4所示。

3.4 中介效应检验

通过潜变量间的路径系数检验,发现态度、感知有用性和感知易用性可作为中介变量。为验证上述变量的中介效应,本文采用Bootstrap法进行

表 4 假设检验结果
Table 4 Results of hypotheses test

假设路径	p 值	假设检验
H_{11} : 态度→换乘意向	***	接受
H_{12} : 感知行为控制→换乘意向	0.298	拒绝
H_{13} : 主观规范→换乘意向	**	接受
H_{14} : 感知有用性→换乘意向	***	接受
H_{15} : 行为习惯→换乘意向	**	接受
H_{21} : 感知行为控制→态度→换乘意向	0.693	拒绝
H_{22} : 主观规范→态度→换乘意向	***	接受
H_{23} : 主观规范→感知行为控制→换乘意向	0.254	拒绝
H_{24} : 主观规范→感知有用性→换乘意向	***	接受
H_{25} : 感知有用性→态度→换乘意向	***	接受
H_{26} : 感知易用性→态度→换乘意向	0.192	拒绝
H_{27} : 感知易用性→感知有用性→换乘意向	***	接受
H_{28} : 行为习惯→态度→换乘意向	***	接受
H_{29} : 行为习惯→感知行为控制→换乘意向	0.485	拒绝
H_{210} : 行为习惯→感知易用性→换乘意向	***	接受
H_{211} : 行为习惯→感知有用性→换乘意向	***	接受

检验。设置 5 000 次 Bootstrap 重复抽样,通过判断 95% 置信区间是否包含 0 来检验中介效应是否存在,检验结果如表 5 所示。

表 5 中介效应的检验结果
Table 5 Results of mediating effects test

路径	效应值	标准误	临界比	p 值	Lower 2.5%	Upper 2.5%
感知行为控制→态度→换乘意向	-0.006	0.016	-0.353	0.724	-0.044	0.021
主观规范→态度→换乘意向	0.098	0.040	2.455	0.014	0.036	0.197
主观规范→感知有用性→态度→换乘意向	0.017	0.010	1.639	0.101	0.004	0.050
主观规范→感知有用性→换乘意向	0.057	0.027	2.132	0.033	0.018	0.127
感知有用性→态度→换乘意向	0.084	0.040	2.116	0.034	0.027	0.184
感知易用性→态度→换乘意向	0.027	0.030	0.908	0.364	-0.018	0.102
感知易用性→感知有用性→换乘意向	0.074	0.037	2.028	0.043	0.022	0.171
感知易用性→感知有用性→态度→换乘意向	0.022	0.014	1.591	0.112	0.005	0.064
行为习惯→态度→换乘意向	0.106	0.045	2.345	0.019	0.036	0.213
行为习惯→感知有用性→换乘意向	0.083	0.035	2.327	0.020	0.029	0.173
行为习惯→感知有用性→态度→换乘意向	0.024	0.014	1.772	0.076	0.007	0.066
行为习惯→感知易用性→态度→换乘意向	0.017	0.020	0.895	0.371	-0.011	0.069
行为习惯→感知易用性→感知有用性→换乘意向	0.048	0.024	1.976	0.048	0.015	0.117
行为习惯→感知易用性→感知有用性→态度→换乘意向	0.014	0.009	1.551	0.121	0.004	0.042

(1)主观规范与换乘意向之间的路径:主观规范→态度→换乘意向、主观规范→感知有用性→态度→换乘意向、主观规范→感知有用性→换乘意向的中介效应置信区间分别为 $[0.036,0.197]$ 、 $[0.004,0.050]$ 、 $[0.018,0.127]$,置信区间不包含 0,说明态度和感知有用性在上述路径中具有中介效应,主观规范可通过态度和感知有用性间接影响换乘意向。

(2)感知有用性与换乘意向之间的路径:感知有用性→态度→换乘意向的中介效应置信区间为 $[0.027,0.184]$,置信区间不包含 0,说明态度在上述路径中具有中介效应,感知有用性可通过态度间接影响换乘意向。

(3)感知易用性与换乘意向之间的路径:感知易用性→感知有用性→换乘意向、感知易用性→感知有用性→态度→换乘意向的中介效应置信区

间分别为[0.022,0.171]、[0.005,0.064],置信区间不包含0,说明态度和感知有用性在上述路径中具有中介效应,感知易用性可通过态度和感知有用性间接影响换乘意向。

(4)行为习惯与换乘意向之间的路径:行为习惯→态度→换乘意向、行为习惯→感知有用性→换乘意向、行为习惯→感知有用性→态度→换乘意向、行为习惯→感知易用性→感知有用性→换乘意向、行为习惯→感知易用性→感知有用性→态度→换乘意向的中介效应置信区间分别为[0.036,0.213]、[0.029,0.173]、[0.007,0.066]、[0.015,0.117]、[0.004,0.042],置信区间不包含0,说明态度、感知有用性和感知易用性在上述路径中具有中介效应,行为习惯可通过态度、感知有用性和感知易用性间接影响换乘意向。

各潜变量对换乘意向的总效应是直接和间接效应之和,结果如表6所示。

(1)各潜变量对公交换乘优惠政策下居民换

表 6 各潜变量对换乘意向的效应值

Table 6 Effect values of each latent variable on transfer intention			
路径	直接效应	间接效应	总效应
态度→换乘意向	0.326	—	0.326
主观规范→换乘意向	0.140	0.172	0.312
感知有用性→换乘意向	0.282	0.084	0.366
感知易用性→换乘意向	—	0.096	0.096
行为习惯→换乘意向	0.182	0.275	0.457

乘意向的总效应值从大到小排序为:行为习惯、感知有用性、态度、主观规范、感知易用性。

(2)主观规范、感知有用性和行为习惯对换乘意向有正向的直接和间接影响。这表明易受家人和朋友影响的居民更易接受公交换乘优惠政策,并产生较强的换乘意向;认为公交换乘优惠政策能给生活带来更多便利的居民换乘意向更强烈;乘坐公交出行习惯越强的居民换乘意向越强烈。此外,行为习惯的间接效应在总效应中占比最大,且间接效应大于直接效应,通过多条路径间接影响换乘意向,表现出其复杂的影响路径。

(3)态度对换乘意向仅有正向的直接影响。这表明对公交换乘优惠政策持越积极态度的居民换乘意向越强烈。该结论不仅验证了TPB中的观点——正向态度可加强个体行为意向,还与Fu等^[29]的研究结论一致。此外,态度是非常重要的中介变量,行为习惯、感知易用性、感知有用性和主观规范均会通过态度间接对换乘意向产生影响。

(4)感知易用性对换乘意向仅有正向的间接影响。这表明认为公交换乘优惠政策易理解和操作的居民换乘意向越强烈。虽然感知易用性可通过3条路径间接影响换乘意向,但其对换乘意向的影响最小。

3.5 个人属性对潜变量的影响分析

如表7所示,采用单因素方差分析探讨潜变

表 7 单因素方差分析结果

Table 7 Results of one-way ANOVA							
潜变量	态度	主观规范	感知行为控制	感知有用性	感知易用性	行为习惯	换乘意向
性别	0.644 (***)	0.527 (***)	0.049	0.620 (***)	0.521 (***)	0.361	0.644 (***)
年龄	0.000	0.040	0.569 (0.463)	0.058 (***)	0.000 (***)	0.019	0.000
学历	0.522 (***)	0.479 (***)	0.388 (0.073)	0.259 (***)	0.052 (***)	0.591 (***)	0.195 (***)
职业	0.046	0.399 (0.366)	0.106 (0.173)	0.170 (0.177)	0.116 (0.335)	0.035	0.002
月收入	0.392 (***)	0.057 (***)	0.076 (0.605)	0.255 (***)	0.847 (***)	0.122 (***)	0.103 (***)
私家车拥有量	0.353 (**)	0.248 (**)	0.620 (0.478)	0.003	0.706 (**)	0.032	0.118 (**)
是否有驾照	0.893 (***)	0.820 (***)	0.652 (0.874)	0.110 (***)	0.239 (***)	0.352 (***)	0.050 (***)
家庭结构	0.214 (0.079)	0.322 (**)	0.050 (0.237)	0.842 (*)	0.100 (0.594)	0.340 (*)	0.086 (**)
出行目的	0.737 (**)	0.609 (**)	0.190 (0.167)	0.581 (**)	0.833 (***)	0.227 (***)	0.804 (**)
出行时间	0.347 (**)	0.121 (***)	0.167 (0.128)	0.801 (***)	0.574 (***)	0.098 (***)	0.995 (***)
出行时长	0.000	0.039	0.035	0.000	0.000	0.000	0.000
出行距离	0.032	0.475 (***)	0.085 (0.515)	0.363 (***)	0.961 (***)	0.486 (***)	0.243 (***)
出行费用	0.512 (***)	0.773 (0.156)	0.293 (0.965)	0.229 (***)	0.351 (***)	0.256 (***)	0.015
是否换乘	0.328 (0.692)	0.497 (0.154)	0.077 (0.233)	0.687 (0.735)	0.566 (0.386)	0.297 (0.903)	0.524 (0.722)
换乘方式	0.255 (0.730)	0.642 (0.545)	0.257 (0.658)	0.675 (0.476)	0.324 (0.562)	0.178 (0.227)	0.697 (0.641)
换乘距离	0.117 (0.768)	0.197 (0.185)	0.049 (0.685)	0.541 (0.878)	0.910 (0.797)	0.822 (0.988)	0.125 (0.697)

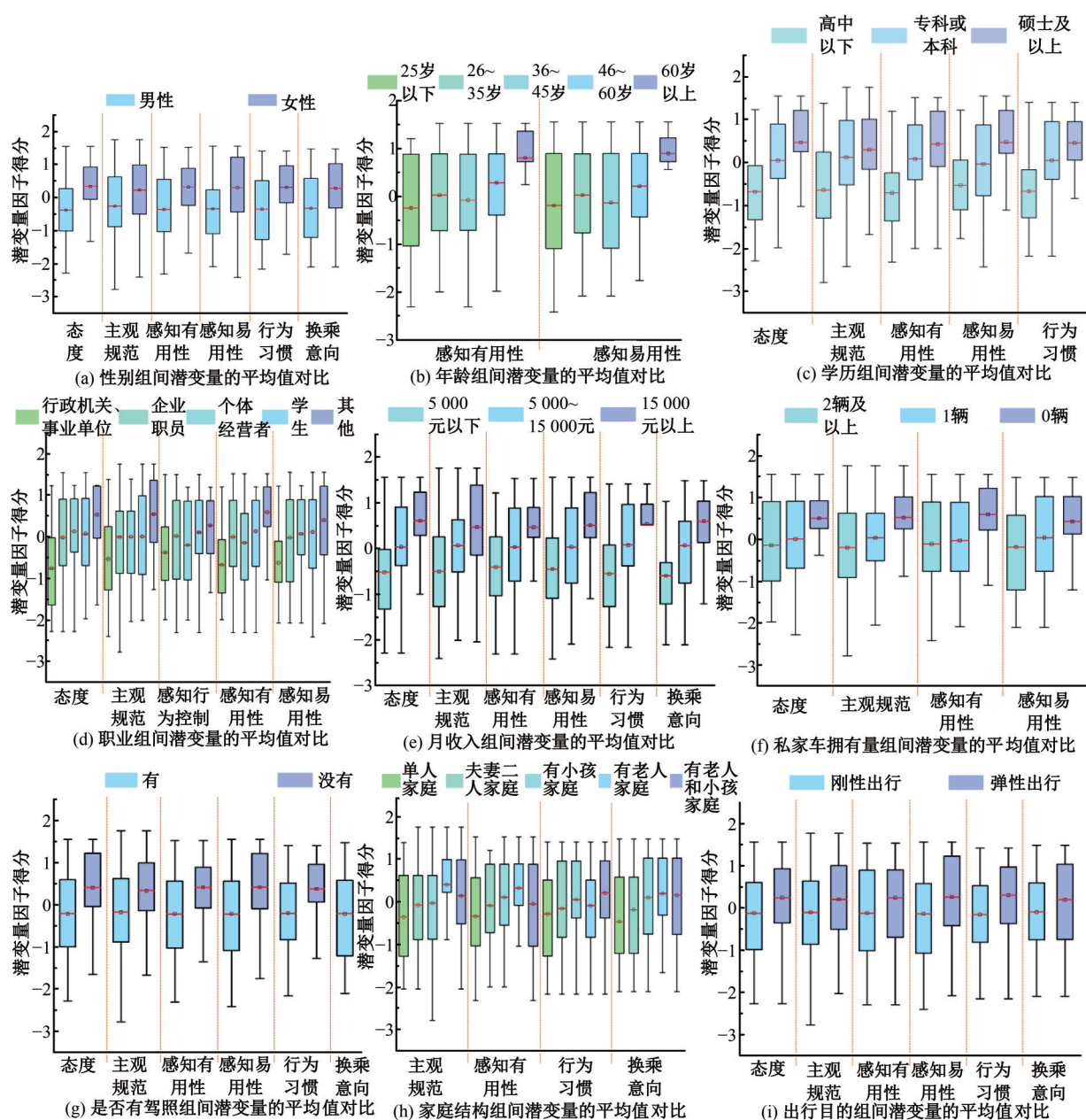
量因子得分在不同群组中的异质性。当方差齐性显著性检验结果 $p>0.05$ 时,认为样本数据之间的方差是齐性的,可继续进行单因素方差分析;反之,不进行方差分析。当单因素方差分析结果 $p<0.05$ 时,认为这些变量在不同群组中对潜变量的影响有显著差异^[30]。单因素方差分析结果如表7所示,表中数字是单因素方差分析的方差齐性显著性检验结果,括号内是方差分析的结果。

由表7可知,性别、年龄、学历、职业、月收入、私家车拥有量、是否有驾照、家庭结构、出行目的、出行时间、出行距离和出行费用在不同群组中对潜变量的影响有显著差异。

本文用箱线图表示性别、年龄、学历、职业、月收入、私家车拥有量、是否有驾照、家庭结构、出行目的、出行时间、出行距离和出行费用等变量对潜变量因子得分平均值的影响,以揭示这些变量的不同群组对潜变量影响的异质性,如图5所示。

(1)不同社会经济属性和出行特征的群组对潜变量表现出显著差异。其中,性别、是否有驾照、出行目的和出行时段在态度、主观规范、感知有用性、感知易用性、行为习惯和换乘意向方面表现出显著的异质性,年龄仅在感知有用性和感知易用性方面表现出显著的异质性。

(2)社会经济属性的差异导致潜变量在各群



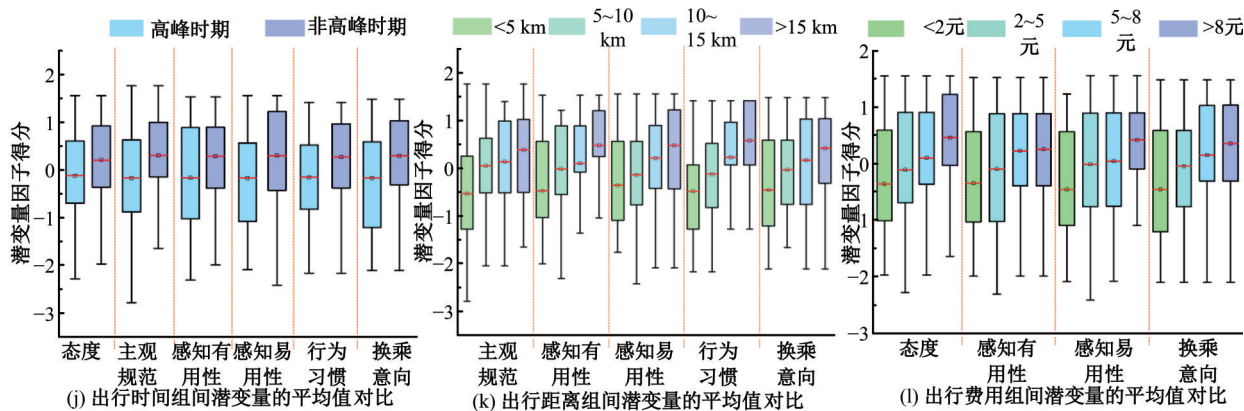


图5 不同群组潜变量的平均值对比

Fig. 5 Comparison of means of latent variables for different groups

组间存在异质性。例如,与男性相比,女性对公交换乘优惠政策的态度更为积极,可能是因为女性对出行成本更加敏感;25岁以下群体的感知有用性和感知易用性最弱,可能是因为这部分群体以学生为主,出行频率较低、出行距离较短,导致公交换乘优惠政策对他们的吸引力较低;高学历群体对公交换乘优惠政策的认可度更高,可能是因为这部分群体具有良好的认知能力。

(3)出行特征的差异同样导致潜变量在各群组间存在异质性。例如,与刚性出行人群相比,弹性出行的居民更愿意选择多种出行方式组合,因此公交换乘优惠政策对他们具有一定的吸引力;出行时间、出行距离和出行费用也呈现出类似的特征。

4 结论

(1)以TPB和TAM为理论基础,考虑居民出行的习惯性特征,构建了公交换乘优惠政策下居民换乘意向的SEM,探究各心理潜变量之间的路径关系,并通过Bootstrap法检验模型的中介效应,采用单因素方差分析探讨潜变量在不同群组中的异质性。

(2)态度、感知有用性和感知易用性是中介变量,但并非在所有经过该变量的路径中都能发挥中介效应;各潜变量对换乘意向影响的总效应值从大到小依次排序为:行为习惯、感知有用性、态度、主观规范、感知易用性。

(3)不同社会经济属性和出行特征的群组在潜变量得分上存在显著差异。态度、主观规范、感知有用性、感知易用性、行为习惯和换乘意向在性别、是否有驾照、出行目的、出行时间的不同群组

中都有显著的异质性,感知有用性和感知易用性仅在年龄的不同群组中有显著的异质性。

(4)本文仅以西安市居民换乘意向为研究对象,后续将进一步收集已实施公交换乘优惠政策城市的居民换乘意向数据,对比分析有无公交换乘优惠政策对居民换乘意向的影响差异。

参考文献:

- [1] 中国政府网. 中共中央 国务院印发《交通强国建设纲要》[EB/OL]. [2024-03-23]. http://www.gov.cn/zhengce/2019-09/19/content_5431432.htm.
- [2] Nayum A, Nordfjærn T. Predictors of public transport use among university students during the winter: A MIMIC modelling approach[J]. Travel Behaviour and Society, 2021, 22: 236-243.
- [3] 吴文静, 孙刃超, 宗芳, 等. 居民低碳通勤出行的主观态度识别及影响分析[J]. 重庆交通大学学报: 自然科学版, 2021, 40(5): 53-58.
Wu Wen-jing, Sun Ren-chao, Zong Fang, et al. Subjective attitude identification and impact analysis of residents' low-carbon commuting travel[J]. Journal of Chongqing Jiaotong University(Natural Science), 2021, 40(5): 53-58.
- [4] Zhang X, Zhong S, Ling S, et al. How to promote the transition from solo driving to mobility services delivery? an empirical study focusing on ridesharing[J]. Transport Policy, 2022, 129: 176-187.
- [5] 胡含, 李昕光, 孙崇效, 等. 城市居民低碳出行意向异质性分析[J]. 交通运输工程与信息学报, 2024, 22(1): 128-138.
Hu Han, Li Xin-guang, Sun Chong-xiao, et al. Heterogeneity analysis of urban residents' low-carbon travel intention[J]. Journal of Transportation Engi-

- neering and Information, 2024, 22(1): 128-138.
- [6] Kaye S, Lewis I, Buckley L, et al. To share or not to share: A theoretically guided investigation of factors predicting intentions to use fully automated shared passenger shuttles[J]. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 2020, 75: 203-213.
- [7] Rejali S, Aghabayk K, Mohammadi A, et al. Assessing a priori acceptance of shared dockless e-scooters in Iran[J]. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 2021, 100: No. 103042.
- [8] 马壮林, 崔姗姗, 胡大伟. 限行政策下城市居民低碳出行意向[J]. 吉林大学学报: 工学版, 2022, 52(11): 2607-2617.
- Ma Zhuang-lin, Cui Sha-shan, Hu Da-wei. Urban residents' low-carbon travel intention after implementation of driving restriction policy[J]. Journal of Jilin University(Engineering and Technology Edition), 2022, 52(11): 2607-2617.
- [9] Bollen K A. Structural Equation with Latent Variables [M]. New York: Wiley, 1989.
- [10] 王玉茹. 居民低碳出行意向模型及其影响因素研究[J]. 云南民族大学学报: 自然科学版, 2016, 25(3): 280-285.
- Wang Yu-ru. A study of the factors influencing Tianjin residents' intention of low-carbon travel[J]. Journal of Yunnan Minzu University(Natural Science Edition), 2016, 25(3): 280-285.
- [11] 乔婧, 孙立山, 刘小明, 等. 基于结构方程的公共交通换乘影响因素研究[J]. 科学技术与工程, 2017, 17(6): 296-300.
- Qiao Jing, Sun Li-shan, Liu Xiao-ming, et al. Analysis on public transportation transfer influencing factors based on structural equation model[J]. Science Technology and Engineering, 2017, 17(6): 296-300.
- [12] Li J, Shen J, Jia B. Exploring intention to use shared electric bicycles by the extended theory of planned behavior[J]. Sustainability, 2021, 13(8): 1-13.
- [13] Ajzen I. The theory of planned behavior[J]. Organizational Behavior & Human Decision Processes, 1991, 50(2): 179-211.
- [14] Davis F D, Bagozzi P R, Warshaw P. User acceptance of computer technology: a comparison of two theoretical models[J]. Management Science, 1989(35): 982-1003.
- [15] Neal D T, Wood W, Labrecque J S, et al. How do habits guide behavior? Perceived and actual triggers of habits in daily life[J]. Journal of Experimental Social Psychology, 2012, 48(2): 492-498.
- [16] Fatmi M R, Habib M A. Modelling mode switch associated with the change of residential location[J]. Travel Behaviour Society, 2017, 9: 21-28.
- [17] Verplanken B, Orbell S. Reflections on past behavior: a self-report index of habit strength[J]. Journal of Applied Social Psychology, 2003, 33(6): 1313-1330.
- [18] 张昱, 孙岩, 刘学敏. 基于TPB的北京市居民低碳通勤选择机制研究[J]. 北京师范大学学报: 自然科学版, 2020, 56(6): 831-837.
- Zhang Yu, Sun Yan, Liu Xue-min. Theory of planned behavior applied to choice of low carbon commuting of Beijing residents[J]. Journal of Beijing Normal University(Natural Science), 2020, 56(6): 831-837.
- [19] 景鹏, 黄芳, 徐刚, 等. 自动驾驶支付意愿及影响因素分析[J]. 长安大学学报: 自然科学版, 2021, 41(1): 90-102.
- Jing Peng, Huang Fang, Xu Gang, et al. Analysis of autonomous driving payment willingness and influencing factors[J]. Journal of Chang'an University(Natural Science Edition), 2021, 41(1): 90-102.
- [20] Liu D, Du H, Southworth F, et al. The influence of social-psychological factors on the intention to choose low-carbon travel modes in Tianjin, China[J]. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 2017, 105: 42-53.
- [21] Nieves-Pavón S, López-Mosquera N, Jiménez-Naranjo H. The role emotions play in loyalty and WOM intention in a Smart Tourism Destination Management[J]. Cities, 2024, 145: No. 104681.
- [22] Samadzad M, Nosratzadeh H, Karami H, et al. What are the factors affecting the adoption and use of electric scooter sharing systems from the end user's perspective?[J]. Transport Policy, 2023, 136: 70-82.
- [23] 齐航, 夏嘉祺, 王光超, 等. 考虑出行者习惯与利他性偏好的自动驾驶网约车使用意向模型[J]. 交通运输工程与信息学报, 2021, 19(2): 1-10.
- Qi Hang, Xia Jia-qi, Wang Guang-chao, et al. A behavioral intention to use model of autonomous vehicle ride-hailing incorporating traveler habit and altruistic preference[J]. Journal of Transportation Engineering and Information, 2021, 19(2): 1-10.
- [24] 盛光华, 岳蓓蓓, 龚思羽. 共享单车用户持续使用意愿研究——基于TAM理论的拓展模型[J]. 东北大学学报: 社会科学版, 2019, 21(6): 567-574.

- Sheng Guang-hua, Yue Bei-bei, Gong Si-yu. A research on consumers' willingness to use shared bicycles continuously——Based on the extended model of TAM theory[J]. Journal of Northeastern University (Social Science), 2019, 21(6): 567-574.
- [25] 李振龙, 邢冠仰, 李佳, 等. 基于扩展TAM的车路协同系统驾驶人接受度研究[J]. 中国公路学报, 2021, 34(7): 188-200.
- Li Zhen-long, Xing Guan-yang, Li Jia, et al. Driver's acceptance of cooperative vehicle infrastructure system based on extended TAM[J]. China Journal of Highway and Transport, 2021, 34(7): 188-200.
- [26] Chen C F, Chao W H. Habitual or reasoned? Using the theory of planned behavior, technology acceptance model, and habit to examine switching intentions toward public transit[J]. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 2011, 14(2): 128-137.
- [27] Yen Y S, Wu F S. Predicting the adoption of mobile financial services: the impacts of perceived mobility and personal habit[J]. Computers in Human Behavior, 2016, 65: 31-42.
- [28] 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, 2009: 40-53.
- [29] Fu X, Juan Z. 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.
- [30] Greenland S, Senn S J, Rothman K J, et al. Statistical tests, *P* values, confidence intervals, and power: a guide to misinterpretations[J]. European Journal of Epidemiology, 2016, 31: 337-350.