

文章编号:1672-4747(2024)01-0160-15

## 考虑心理潜变量的城市轨道交通站点接驳方式选择行为研究

傅玉玲,孙小慧\*,张佳欣  
(新疆大学,建筑工程学院,乌鲁木齐830017)

**摘要:**本文以计划行为理论为基础框架,从出行者使用接驳工具的经验 and 对接驳工具属性评价两个维度分别引入出行习惯、感知态度两类潜变量,构建城市轨道交通站点接驳方式选择意向的多指标多因果模型,探究城市轨道交通站点接驳方式选择意向的影响因素及其作用路径,并在此基础上结合巢式Logit模型构建混合选择模型,探究出发端与到达端接驳方式选择行为的影响因素及其影响机理。结果表明:行为习惯潜变量直接影响接驳方式选择意向,感知态度对步行、共享单车接驳选择意向具有直接影响;显著影响接驳方式选择意向的可观测变量有学历、车辆保有情况、收入情况、接驳距离及出行人数;相较于慢行交通与道路公共交通,私人小汽车、电动车的有无对私人交通方式接驳选择行为影响较大;学历和职业等个人社会经济属性,出行目的和出行人数等出行属性,以及主观规范和行为意向等心理属性对出行者城市轨道交通出发端和到达端接驳方式选择行为均有显著影响;相较于到达端,出行费用、主观规范及行为态度对出发端接驳方式选择行为的影响更大,且出发端接驳方式选择对到达端的接驳决策行为具有影响。

**关键词:**城市交通;混合选择模型;接驳方式选择;城市轨道交通站点;计划行为理论

中图分类号:U492.4\*3

文献标志码:A

DOI:10.19961/j.cnki.1672-4747.2023.10.007

### Choice behavior of urban rail station connection mode considering influence of psychological latent variables

FU Yuling, SUN Xiaohui\*, ZHANG Jiixin

(School of Architecture and Engineering, Xinjiang University, Urumqi 830017, China)

**Abstract:** Based on the framework of planning behavior theory, this study introduces two latent variables (travel habits and perceived attitudes) from the dimensions of travelers' experience in using connection tools and attribute evaluation of connection tools to construct a multi-index multicausal model of choice intention of urban rail station connection mode. In addition, the influencing factors and their action paths for the choice intention of the urban rail station connection mode are investigated. A hybrid-choice model was established by combining with a nested logit model to examine the influencing factors and influencing mechanisms of the choice behavior of the connection mode at the origin and destination sides of the urban rail station. The results show that the latent variables of behavioral habits directly influence the choice intention of the connection mode, and the perceived attitude has a direct impact on the choice intention of the walking and shared bicycle connection. The observable variables that significantly influence the choice intention of the connection mode are edu-

收稿日期:2023-10-09

录用日期:2023-11-16

网络首发:2023-11-21

审稿日期:2023-10-09~2023-10-18; 2023-11-09~2023-11-16

基金项目:新疆维吾尔自治区自然科学基金项目(2021D01C104)

作者简介:傅玉玲(1998—),女,硕士研究生,研究方向为交通行为分析,E-mail:fuyuling@stu.xju.edu.cn

通信作者:孙小慧(1986—),女,副教授,研究方向为交通行为分析、交通规划,E-mail:xhsun347@xju.edu.cn

引文格式:傅玉玲,孙小慧,张佳欣.考虑心理潜变量的城市轨道交通站点接驳方式选择行为研究[J].交通运输工程与信息学报,2024,22(1):160-174.

FU Yuling, SUN Xiaohui, ZHANG Jiixin. Choice behavior of urban rail station connection mode considering influence of psychological latent variables[J]. Journal of Transportation Engineering and Information, 2024, 22(1): 160-174.

cation background, vehicle ownership, income, connection distance, and number of travelers. The presence or absence of private cars and electric vehicles has a greater impact than slow traffic and road public transportation on the choice of private transportation modes. Personal socioeconomic attributes such as education and occupation, travel attributes such as travel purpose and number of travelers, and psychological attributes such as subjective norms and behavior intentions significantly influence the origin- and destination-side mode choice behaviors. Travel cost, subjective norms, and behavioral attitude have a greater impact on the choice of the connection mode at the origin side than at the destination side. The choice of the connection mode at the origin side impacts the connection decision-making behavior at the destination side.

**Key words:** urban traffic; hybrid choice model; the connection mode choice; urban rail station; theory of planned behavior

## 0 引言

城市轨道交通作为城市公共交通的重要组成部分,具有运量大、速度快、准时性高、安全性好、污染少与占用道路资源少等优点,逐渐成为大、中型城市解决城市交通问题的首选<sup>[1-2]</sup>。然而受造价、工程可行性等因素的影响,城市轨道交通存在线路密度、站点覆盖率较低等问题,导致其提供的站到站式的服务难以满足城市居民出行门到门的需求,居民城市轨道交通出行过程中通常需要借助其他交通方式与之进行衔接换乘。因此,有必要对城市轨道交通出行者接驳方式选择意向与接驳方式选择行为进行研究,以更好地了解城市轨道交通出行者的接驳需求及接驳方式选择决策行为的内在机理,对提高城市轨道交通服务水平和利用率具有重要的现实意义。

城市轨道交通接驳方式选择行为的既有研究主要基于轨道交通出行者接驳方式调查数据,通过考虑个人属性、出行属性、接驳属性等可观测属性,构建离散选择模型探讨接驳方式选择行为的影响因素及其影响机理。Goel和Tiwari<sup>[3]</sup>通过建立多项Logit模型进行研究,发现出行距离、机动车拥有数量对接驳方式选择行为有显著影响;郑长江等<sup>[4]</sup>通过建立多项Logit模型进行研究,发现个人收入、职业类型、出行目的、出行成本对方式选择均有显著影响;周家中<sup>[5]</sup>从出行全过程角度出发,构建巢式Logit(Nested Logit, NL)模型研究轨道交通出行链中的接驳方式选择行为,发现年龄对接驳方式选择的影响不显著,高收入人群更倾向于选择小汽车进行接驳。鉴于相关研究表明不可观测的心理变量显著影响着出行方式选择行为,如对灵活性、舒适性、方便性等的感知态度<sup>[6-7]</sup>,

行为习惯<sup>[8-9]</sup>等,部分学者在轨道交通接驳方式选择行为研究中考虑了心理变量的影响。Martinez等<sup>[10]</sup>建立二项Logit模型对秘鲁巴士接驳城市轨道交通进行研究,发现城市轨道交通出行者个人偏好对是否选择巴士接驳起决定性影响;金晓东<sup>[11]</sup>以计划行为理论(Theory of Planned Behavior, TPB)为基础构建多指标多因果(Multiple Indicator and Multiple Causes, MIMIC)模型与混合Logit模型整合的混合选择模型(Hybrid Choice Model, HCM),以成都市轨道交通出行者接驳数据进行建模研究,发现主观规范、行为意向对出行者的接驳方式选择行为具有显著影响;杨敏等<sup>[12]</sup>建立混合Logit模型研究南京市轨道交通通勤人群接入、接出全过程步行—城市轨道交通—共享单车等典型组合出行模式,发现通勤者对出发(Origin-Urban Rail Station, O-R)端接驳设施服务的感知水平影响着到达(Urban Rail Station-Destination, R-D)端的接驳方式选择行为。

综上所述,对城市轨道交通出行者接驳方式选择行为进行研究时,有必要考虑心理潜变量的影响,但现有研究考虑的心理潜变量尚不够全面,已被证实对出行方式选择有显著影响的行为习惯、感知态度等未纳入到接驳方式选择行为的研究中;同时,现有文献未对新型交通方式(如共享汽车)接驳城市轨道交通的选择意向及行为进行研究;并且,在对出发端和到达端接驳方式选择进行建模时,现有研究仅将城市轨道交通出行者出发端的接驳工具感知水平纳入到达端选择行为建模中,未直接考虑出发端接驳方式选择对到达端选择行为的影响。基于此,本文在已有研究成果的基础上,考虑城市轨道交通出行者接驳习惯、感知态度

等心理潜变量对包括共享汽车在内的各接驳方式选择意向的影响机理,并将出行者心理潜变量纳入接驳方式选择行为模型中,探讨个人社会经济属性、出行属性和心理潜变量对城市轨道交通出行者出发端和到达端的接驳方式选择的作用机理,同时将出发端接驳方式选择直接纳入到达端选择模型中,挖掘出发端接驳方式选择对到达端选择行为的影响。

## 1 问卷收集及检验

为探究城市轨道交通出行者接驳方式选择行为的影响因素及其影响机理,本文以成都市城市轨道交通出行者为调查对象,采取问卷调查的形式收集相关数据,并对样本进行描述性统计以及信效度检验,为接驳方式选择的建模分析提供有

效的数据基础。

### 1.1 问卷设计

根据相关研究成果以及城市轨道交通出行者接驳方式选择行为特点,本研究基于TPB框架,在行为态度、主观规范、行为意向三个心理潜变量的基础上,增加感知态度与行为习惯变量来刻画出行者对城市轨道交通站点接驳方式选择的心理感受,5个心理潜变量的具体描述如表1所示。编制的城市轨道交通出行者接驳方式选择行为调查问卷包含个人社会经济属性(6个题目)、出行属性(4个题目)及心理属性(15个题目)3部分,心理属性变量题目统一采用李克特量表(Likert scale)五点计分法进行调查,其中1表示非常不同意,2表示不同意,3表示一般,4表示同意,5表示非常同意。

表1 心理潜变量及其测量题项

Tab.1 Latent variables and their measurement items

潜变量	来源	定义	编号	测量变量
主观规范 (SN)	TPB	出行者接驳方式选择时所感受到的社会压力	SN1	亲朋好友认为我应该选择该出行方式到达/离开地铁站
			SN2	电视、网络等媒体推荐我选择该出行方式到达/离开地铁站
			SN3	我会考虑亲朋好友对于地铁站两端出行方式的建议
			SN4	我会考虑主流媒体对于地铁站两端出行方式的建议
行为态度 (AT)	TPB	出行者对接驳方式所持正向或负向评价	AT1	我认为该到达/离开地铁站的出行方式比其他方式好
			AT2	我更乐于选择该出行方式到达/离开地铁站
感知态度 (PA)	文献[7]	出行者对接驳方式固有性质的评价	PA1	选择该方式进行接驳快捷性更好
			PA2	选择该方式进行接驳舒适性更好
			PA3	选择该方式进行接驳经济性更好
			PA4	选择该方式进行接驳环保性更好
行为习惯 (HB)	文献[8]	出行者对接驳方式选择的过往经验	HB1	我一般不会选择该出行方式以外的其他出行方式到达/离开地铁站
			HB2	我会毫不犹豫的选择该出行方式到达/离开地铁站
行为意向 (INT)	TPB	出行者选择接驳方式的意愿及鼓励他人选择该接驳方式的可能性	INT1	我愿意将该出行方式作为我日常到达/离开地铁站的首选
			INT2	我愿意向他人推荐该出行方式到达/离开地铁站
			INT3	我愿意选择该接驳方式到达/离开地铁站

### 1.2 问卷收集及统计

于2022年9月20至22日全天,以线下问卷调查的形式收集成都市城市轨道交通接驳方式选择行为的数据,发放并回收问卷734份,其中有效问卷681份,有效率达93%。调查结果的描述性统计结果如表2所示,调查对象中男女比例分别为51.98%和48.02%,与四川省第七次人口普查数据50.26%和49.74%相符;年龄集中在18~45岁段,其中18~35岁年龄段所占比例最高,达到51.10%,与轨道交

通使用者多为年轻群体<sup>[13]</sup>的研究结论相符;企事业单位员工和学生占比较大,通勤者是轨道交通的主力军<sup>[13]</sup>;整体的学历相对较高,超过半数的被调查对象学历为大专及以上学历,与城市轨道交通出行者多为学历偏高人群<sup>[14]</sup>的研究结论相符;出行者月收入集中在2 000~8 000元段,与城市轨道交通使用者多为中等收入人群<sup>[15]</sup>的研究结论相符。综上所述,本次调查样本与成都市实际人口分布特征基本相符,也与城市轨道交通出行者的特征相符。

表2 描述性统计分析  
Tab.2 Descriptive statistical analysis

特征变量	水平	样本数量	所占比例/%	特征变量	水平	样本数量	所占比例/%	
性别	男	354	51.98	交通工具拥有情况	私人小汽车	236	34.56	
	女	327	48.02		摩托车	112	16.45	
年龄	<18岁	43	6.31		电动车	267	39.21	
	18~35岁	348	51.10		自行车	234	34.36	
	36~45岁	197	28.93		其他	53	7.78	
	46~60岁	83	12.19		无	61	8.96	
	>60岁	10	1.47		出行目的	上学	43	6.31
职业	学生	98	14.39			上班	224	32.89
	事业单位人员	114	16.74			就医	64	9.40
	企业单位人员	318	46.70			办理日常事务	71	10.43
	个体经营者	51	7.49	休闲娱乐		89	13.07	
	自由职业者	64	9.40	走亲访友		51	7.49	
	退休人员	8	1.17	返家		98	14.39	
	其他	28	4.11	其他	41	6.02		
学历	初中及以下	37	5.43	O-R 距离/m	<500	121	17.77	
	中专/高中	154	22.61		500~1 000	132	19.38	
	大专/本科	377	55.36		1 001~1 500	169	24.82	
	硕士及以上	113	16.59		1 501~2 000	119	17.47	
月收入/元	<2 000	70	10.28		2 001~2 500	41	6.02	
	2 000~5 000	160	23.49		2 501~3 000	39	5.73	
	5 001~8 000	209	30.69		>3 000	60	8.81	
	8 001~11 000	160	23.49	R-D 距离/m	<500	103	15.12	
	11 001~14 000	63	9.25		500~1 000	106	15.57	
	>14 000	119	2.79		1 001~1 500	105	15.42	
出行人数/人	1	307	45.08		1 501~2 000	122	17.42	
	2	249	36.56		2 001~2 500	98	14.39	
	3	91	13.36		2 501~3 000	45	6.61	
	>3	34	4.99	>3 000	102	14.98		

通过对有效问卷中出发端和到达端接驳方式的选择结果进行统计分析(见表3),发现在O-R端,步行接驳所占比例最高,达到26.28%,其次是共享单车、常规公交和出租(网约车)车接驳,所占比例分别为18.50%、16.30%和13.07%,共享汽车、私家车等接驳方式的占比较低。R-D端接驳方式选择结果与O-R端接驳方式选择结果相似,占比最高的接驳方式依然是步行,达到24.82%,其次是共

享单车、常规公交和出租(网约车)车接驳,所占比例分别为21.73%、17.33%和12.19%,共享汽车、私家车等接驳方式的占比较低;同一出行者两端接驳过程中选择相同交通方式接驳的比例为35.54%,在O-R端选择步行、共享单车、常规公交接驳的出行者在R-D端仍旧选择相同接驳方式的比例分别为56.98%、38.10%与37.84%。

表3 O-R端与R-D端接驳方式选择统计对比  
Tab.3 Statistical comparison between O-R side and R-D side connection modes

接驳方式	O-R端									
	步行	共享单车	私人自行车	常规公交	共享汽车	私家车	出租(网约车)	摩托(电动)车	其他	
R-D端	步行	102	17	4	13	10	5	11	5	2
	共享单车	23	48	5	21	9	7	20	11	4
	私人自行车	3	4	4	2	3	1	2	1	0
	常规公交	16	17	3	42	11	6	21	2	0
	共享汽车	6	4	4	9	8	5	3	7	2
	私家车	3	4	0	6	0	6	6	0	0
	出租(网约车)	8	19	0	11	5	10	21	8	1
	摩托(电动)车	9	6	2	5	5	0	1	9	0
	其他	9	7	2	2	2	1	4	4	2
	总计	179	126	24	111	53	41	89	47	11
出行者O-R端接驳方式与R-D端接驳方式选择相同占比/%		56.98	38.10	16.67	37.84	15.09	14.63	23.60	19.15	18.18

1.3 数据有效性检验

为确保后续建模研究的有效性,需对问卷数据进行检验,信效度分析常被用于检验量表数据的有效性。信度是对问卷可靠性的分析,通常以Cronbach  $\alpha$ 系数作为判断指标,Cronbach  $\alpha$ 系数大于0.5说明信度较好<sup>[16]</sup>;效度是对问卷合理性的分析,多以KMO(Kaiser-Meyer-Olkin)测度和累计方差解释率作为判断指标,当KMO值大于0.5,累计方差解释率大于40%说明效度较好<sup>[17]</sup>。

问卷信度分析结果如表4所示,各接驳方式的潜在变量Cronbach  $\alpha$ 系数均高于0.5,说明问卷信度较好。

表4 调查问卷信度检验  
Tab.4 Questionnaire reliability test

接驳方式	潜在变量维度信度值 Cronbach $\alpha$				
	主观规范	感知态度	行为意向	行为态度	行为习惯
步行	0.701	0.786	0.604	0.620	0.590
共享单车	0.683	0.786	0.583	0.502	0.510
常规公交	0.655	0.795	0.598	0.529	0.511
共享汽车	0.662	0.769	0.669	0.559	0.600
出租(网约车)	0.608	0.756	0.633	0.566	0.568
私人自行车	0.697	0.786	0.672	0.588	0.596
私人小汽车	0.582	0.733	0.650	0.592	0.584
摩托(电动)车	0.587	0.785	0.649	0.594	0.526

问卷效度分析结果如表5所示,KMO值最小为0.538,大于0.5,公共因子的累积方差解释率最小为

49.559%,大于40%,说明问卷具有较好的效度。

表5 调查问卷效度检验  
Tab.5 Questionnaire validity test

接驳方式	潜在变量维度效度值 KMO					累计方差解释率/%
	主观规范	感知态度	行为意向	行为态度	行为习惯	
步行	0.685	0.664	0.635	0.710	0.725	52.398
共享单车	0.660	0.664	0.631	0.664	0.671	49.559
常规公交	0.659	0.659	0.631	0.680	0.672	50.285
共享汽车	0.639	0.641	0.661	0.694	0.714	53.238
出租(网约车)	0.552	0.657	0.650	0.697	0.698	52.337
私人自行车	0.688	0.664	0.660	0.584	0.665	51.564
私人小汽车	0.539	0.632	0.656	0.711	0.660	52.613
摩托(电动)车	0.538	0.670	0.655	0.712	0.678	54.517

综上可知,信效度检验结果表明问卷信效度均满足要求,数据的有效性较好可用于后续建模研究。

2 研究方法

用于分析城市轨道出行者接驳方式选择的意向-行为模型,实际是结构方程模型和离散选择模型的结合应用,本研究通过整合MIMIC模型与NL模型构建混合选择模型,对接驳方式选择行为进行研究。通过MIMIC模型量化心理潜变量,并将其纳入NL模型,使其与个人社会经济属性、出行属性等可观测变量共同参与出行决策过程。混合选择模型结构如图1所示。

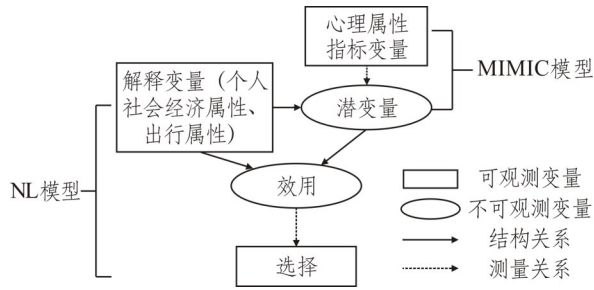


图1 混合选择模型结构

Fig.1 Hybrid-choice model structure

### 2.1 MIMIC模型

MIMIC模型是一种特殊形式的结构方程模型,本质上可以分为两部分:第一部分是对潜变量之间的关系进行验证性分析的过程,称为多指标部分(Multiple Indicator, MI);第二部分是对出行者个人社会经济属性、出行属性等可观测变量与潜变量之间关系进行分析的过程,称为多因果(Multiple Causes, MIC)部分。多指标部分计算公式如式(1)所示:

$$Y = A\eta + v \quad v \sim N(0, \sigma_1) \quad (1)$$

式中:Y为观测变量;η为潜变量;A为因子载荷系数;v为误差项,服从多元正态分布。

多因果部分计算公式如式(2)所示:

$$\eta = ZX + \delta \quad \delta \sim N(0, \sigma_2) \quad (2)$$

式中:X为原因变量,如性别、年龄等;Z为回归系数;δ为误差项,服从多元正态分布。

采用MIMIC模型构建城市轨道交通出行者接驳方式选择意向模型,需要预先提出各心理潜变量间的假设路径,本文通过梳理现有研究成果提出相关假设如表6所示。

表6 潜变量关系假设描述

Tab.6 Description of hypothetical about latent variable relationships

假设标号	来源	假设内容
S1	TPB	主观规范对行为意向具有正向影响
S2	TPB	行为态度对行为意向具有正向影响
S3	文献[7]	感知态度对行为意向具有正向影响
S4	文献[8]	行为习惯对行为意向具有正向影响
S5	文献[18]	主观规范对行为习惯具有正向影响
S6	TPB	主观规范对行为态度具有正向影响
S7	文献[7]	感知态度对行为态度具有正向影响
S8	文献[8]	行为习惯对行为态度具有正向影响
S9	文献[18]	主观规范和感知态度具有交互正向影响

### 2.2 NL模型

NL模型通常将具有相似特征的备选选项放入同一巢内,允许同一巢内的选项相关,但不同巢中的选项相互独立,以此来克服部分的IIA特性<sup>[19]</sup>。NL模型遵循效用最大化理论,出行者n选择方式i的效用 $U_{in}$ 为不随选项i变化只随上层选择枝 $A_m$ 变化的固定效用 $W_{mn}$ 、只随选项i变化的固定效用 $V_{in}$ 与随机效用 $\epsilon_{in}$ 之和:

$$U_{in} = W_{mn} + V_{in} + \epsilon_{in} \quad (3)$$

出行者n选择方式i的选择概率 $P_{in}$ 为选择下层选择枝的概率 $P_{(i|A_m)}$ 与选择上层选择枝的概率 $P_{n(A_m)}$ 之积:

$$P_{in} = P_{(i|A_m)} P_{n(A_m)} \quad (4)$$

本文依据速度特征、公私属性将接驳方式分为慢行交通、道路公共交通和私人交通三类,其中慢行交通包括步行和共享单车,道路公共交通包括常规公交、共享汽车和出租(网约车),私人交通包括私人小汽车、私人自行车、摩托(电动车)。因此本文构建的NL模型为含有两层选择的树形结构,如图2所示。

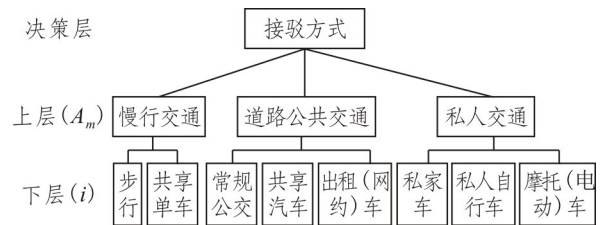


图2 接驳方式选择树形结构

Fig.2 Tree structure of connection mode choice

## 3 结果分析

### 3.1 MIMIC模型结果分析

运用MIMIC模型分析接驳方式选择意向的内在机理之前,需验证假设模型与观测数据间的适配度是否符合要求,若不符合要求则进行修正,得到最终适配模型。本文采用 $\chi^2/DF$ 、RMSEA、GFI、CFI、IFI五项指标对MIMIC模型进行适配度检验,发现在步行、共享单车接驳方式选择意向模型中,S1、S7假设不成立;常规公交、共享汽车及出租(网约车)接驳方式选择意向模型中,S1、S3及S7假设不成立;私人自行车、私人小汽车及摩托(电动车)接驳方式选择意向模型中,S1、S3、S7及S8假设不成立。删除不成立假设并对模型进行修正,最终得到各接驳方式选择意向MIMIC模型的拟合度检

验结果如表 7 所示, 检验结果均符合标准, 表明模型整体适配度较好, 可用于后续分析。

表 7 MIMIC 模型拟合度检验结果  
Tab.7 MIMIC model fit test results

检验指标	标准	步行	共享单车	常规公交	共享汽车	出租(网约车)	私人小汽车	私人自行车	摩托(电动车)
$\chi^2/DF$	<5	3.576	2.854	2.841	3.874	3.420	4.366	3.371	4.355
RMSEA	<0.08	0.062	0.052	0.052	0.065	0.060	0.070	0.059	0.070
GFI	>0.9	0.942	0.952	0.954	0.934	0.951	0.938	0.942	0.937
CFI	>0.9	0.932	0.943	0.945	0.920	0.933	0.906	0.929	0.915
IFI	>0.9	0.933	0.944	0.945	0.921	0.933	0.907	0.930	0.915

3.1.1 潜变量之间关系分析

潜变量之间的关系可通过 MIMIC 模型多指标部分的结果进行反映, 从两个方面进行分析。一方面, 通过对表 8 中各接驳方式潜变量对行为意向影响效应进行分析, 得到各潜变量对行为意向的影响机制。

(1) 各接驳方式选择意向模型中, 行为态度直接影响行为意向, 表明出行者对接驳方式的评价越积极, 使用该接驳方式的意向越强; 主观规范通过行为态度及行为习惯间接影响行为意向, 表明出行者所受到的外界期望越高, 则对接驳方式的评价越积极, 越习惯使用该接驳方式, 进而对该接驳方式选择意向越强。

(2) 私人自行车、私人小汽车及摩托(电动)车接驳方式选择意向模型中, 行为习惯直接影响行为意向, 出行者越习惯使用私人交通方式接驳, 其使用私人交通方式接驳的意向越强; 步行、共享单车、常规公交、共享汽车及出租(网约车)车接驳方式选择意向模型中, 行为习惯不仅直接影响行为意向, 还通过行为态度间接影响行为意向, 表明出行者越习惯使用该交通方式, 对该方式的评价越积极, 使用该交通方式接驳的意向越强。

(3) 在步行、共享单车接驳方式选择意向模型中, 感知态度直接影响行为意向, 表明出行者对交通工具的属性评价越高, 使用该交通方式接驳的意向越强。

另一方面, 通过对图 3 所示各接驳方式选择意向模型中潜变量间的标准化路径系数进行分析, 得出各潜变量间的相互作用机制。

(1) 各接驳方式选择意向模型中, 主观规范对行为态度、行为习惯均存在显著正影响, 出行者亲朋好友的建议及社会期望会增强其对各接驳方式的接受态度, 提升对各接驳方式的经验认知水平;

主观规范与感知态度存在交互正向影响, 出行者所感受到的来自亲朋好友或社会压力越强, 其对各接驳方式的快捷性、舒适性、经济性及环保性认知水平越高, 反之亦成立。

表 8 各接驳方式潜变量对行为意向的影响效应

Tab.8 Influence effect of latent variables on intention of connection modes

接驳方式	影响效应	潜变量			
		主观规范	行为态度	感知态度	行为习惯
步行	直接效应	0.000	0.297	0.116	0.634
	间接效应	0.643	0.000	0.000	0.119
	总效应	0.643	0.297	0.116	0.753
共享单车	直接效应	0.000	0.393	0.194	0.502
	间接效应	0.565	0.000	0.000	0.218
	总效应	0.565	0.393	0.194	0.72
常规公交	直接效应	0.000	0.296	0.000	0.746
	间接效应	0.659	0.000	0.000	0.161
	总效应	0.659	0.296	0.000	0.907
共享汽车	直接效应	0.000	0.272	0.000	0.744
	间接效应	0.632	0.000	0.000	0.17
	总效应	0.632	0.272	0.000	0.914
出租(网约车)	直接效应	0.000	0.351	0.000	0.668
	间接效应	0.594	0.000	0.000	0.202
	总效应	0.594	0.351	0.000	0.87
私人自行车	直接效应	0.000	0.192	0.000	0.868
	间接效应	0.707	0.000	0.000	0.000
	总效应	0.707	0.192	0.000	0.868
私人小汽车	直接效应	0.000	0.462	0.000	0.687
	间接效应	0.744	0.000	0.000	0.000
	总效应	0.744	0.462	0.000	0.687
摩托(电动)车	直接效应	0.000	0.436	0.000	0.704
	间接效应	0.757	0.000	0.000	0.000
	总效应	0.757	0.436	0.000	0.704

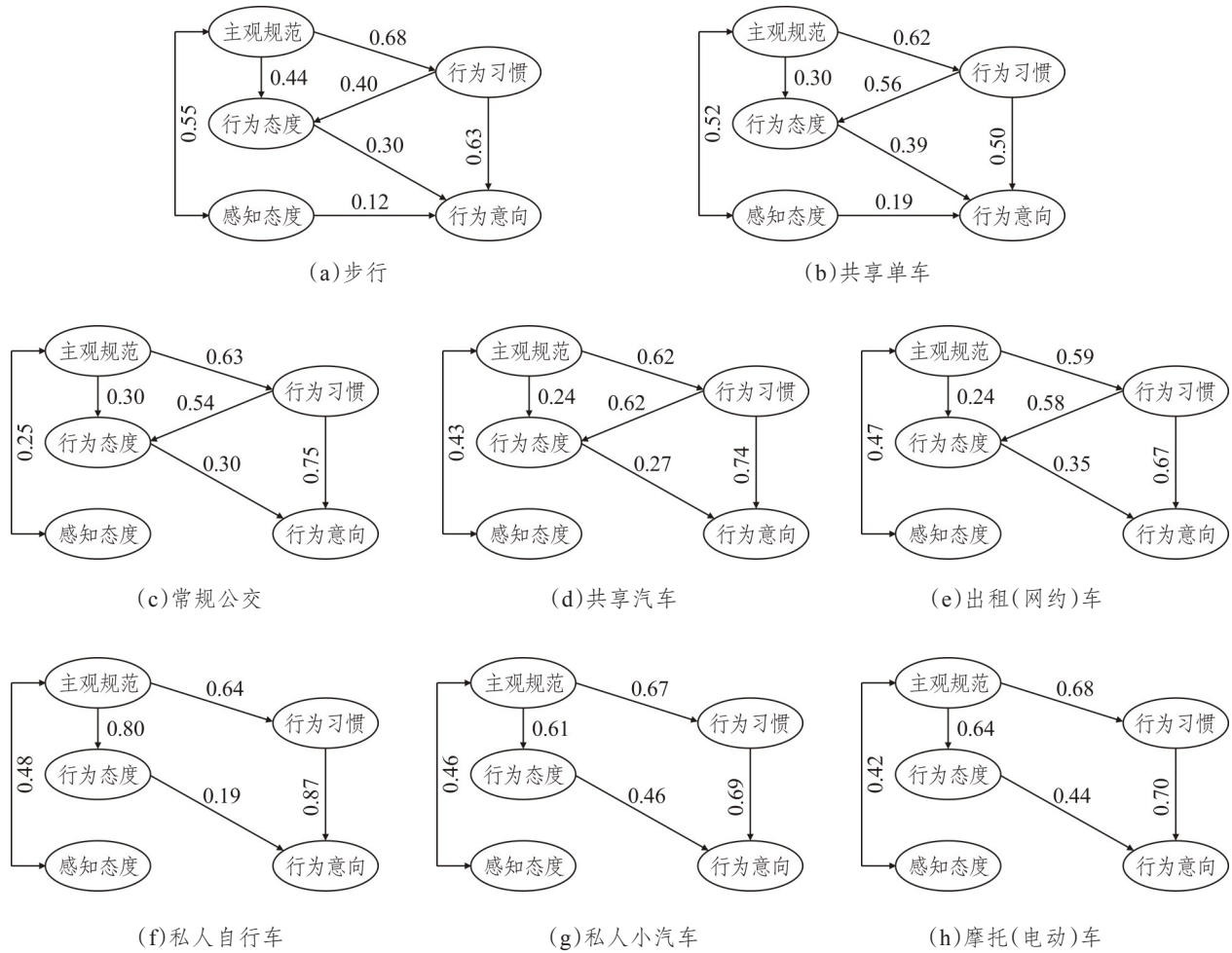


图3 各接驳方式选择意向模型标准化路径系数

Fig.3 Standardized path coefficients of connection mode choice intention models

(2)步行、共享单车、常规公交、共享汽车及出租(网约车)接驳方式选择意向模型中,行为习惯对行为态度具有显著正影响,表明出行者个人越习惯使用该交通方式接驳,对该接驳方式的评价越高。

### 3.1.2 潜变量和可观测属性变量之间关系分析

潜变量和可观测属性变量之间的关系可通过MIMIC模型多因果部分的结果进行反映。表9显示了各接驳方式中的潜变量与在5%显著性水平下显著的可观测变量之间的量化关系。

由表9可知,女性对使用共享单车、私家车或摩托(电动)车进行城市轨道交通站点接驳的意愿(测量系数为-0.105,-0.102,-0.112)比男性要弱,这可能与男女体力差异相关<sup>[13]</sup>;学历对出行者的主观规范有显著影响,学历越高越易受社会规范的影响,与学历越高受社会期望影响越强<sup>[19]</sup>的研究结论相符;个人月收入对出行者感知态度有负向影响,在

常规公交接驳选择意向模型中(测量系数为-0.179)体现的最明显,可能与高收入人群对各接驳方式的工具属性要求更高相关<sup>[20]</sup>;个体经营者受社会压力的影响程度比其他职业更强,这可能与该职业与外界互动较多有关;对于拥有摩托车或电动车的人群,使用步行接驳城市轨道交通的态度(测量系数为-0.101,-0.132)较差,可能与摩托车或电动车与步行的接驳范围有较大重叠<sup>[21]</sup>有关,在该接驳范围内有摩托车或电动车的人群对步行接驳的评价会更消极;出行人数对共享汽车接驳意向(测量系数为0.169)有较强影响,出行人数增多,出行者选择共享汽车接驳的意向增强,可能与共享汽车载客人数较多、经济性较高有关;出行距离是影响出行者对步行、共享单车接驳态度(测量系数为-0.194,-0.187)和意愿(测量系数为-0.207、-0.198)的重要原因,出行距离增加,出行者对慢行接驳方式的评价态度、选择意向会显著降低<sup>[10]</sup>。

表 9 各接驳方式多因果公式  
Tab.9 Multicausal formula for connection mode

接驳方式	多因果公式
步行	$\eta_{SN} = 0.173x_{edu} - 0.112x_{inc} + 0.160x_{job4} + 0.134x_{vehicle5} - 0.161x_{ORdis}$ $\eta_{AT} = 0.101x_{edu} - 0.101x_{vehicle2} - 0.132x_{vehicle3} - 0.194x_{ORdis}$ $\eta_{PA} = -0.143x_{inc} + 0.121x_{vehicle1}$ $\eta_{INT} = -0.151x_{vehicle3} - 0.207x_{ORdis}$
共享单车	$\eta_{SN} = 0.176x_{edu} - 0.100x_{inc} + 0.162x_{job4} + 0.135x_{vehicle5} - 0.154x_{ORdis}$ $\eta_{AT} = 0.184x_{job5} - 0.187x_{ORdis}$ $\eta_{PA} = -0.143x_{inc} + 0.121x_{vehicle1}$ $\eta_{HB} = -0.140x_{gen} + 0.140x_{edu} - 0.104x_{vehicle1}$ $\eta_{INT} = -0.105x_{gen} + 0.128x_{edu} - 0.198x_{ORdis}$
常规公交	$\eta_{SN} = 0.173x_{edu} + 0.170x_{job4} + 0.096x_{vehicle1} + 0.136x_{vehicle5} - 0.143x_{ORdis}$ $\eta_{AT} = 0.017x_{num} - 0.017x_{vehicle2} - 0.018x_{vehicle3} - 0.017x_{ORdis}$ $\eta_{PA} = 0.133x_{edu} - 0.179x_{inc} - 0.114x_{job6} + 0.095x_{vehicle1}$ $\eta_{HB} = 0.081x_{job4} + 0.067x_{job5} - 0.063x_{vehicle2} + 0.059x_{num}$ $\eta_{INT} = -0.109x_{ORdis}$
共享汽车	$\eta_{SN} = 0.157x_{edu} + 0.154x_{job4} + 0.090x_{vehicle1} + 0.135x_{vehicle5} - 0.150x_{ORdis}$ $\eta_{AT} = -0.152x_{inc} + 0.185x_{job1} + 0.287x_{job2} + 0.272x_{job3} + 0.206x_{job4} + 0.243x_{job5} + 0.118x_{vehicle2} + 0.100x_{vehicle4}$ $\eta_{PA} = 0.107x_{edu} - 0.154x_{inc} + 0.097x_{vehicle1} - 0.119x_{ORdis}$ $\eta_{HB} = 0.113x_{vehicle2} + 0.105x_{vehicle4} + 0.101x_{vehicle5} + 0.150x_{num} - 0.153x_{ORdis}$ $\eta_{INT} = 0.188x_{job2} + 0.126x_{vehicle2} + 0.155x_{vehicle4} + 0.169x_{num} - 0.119x_{ORdis}$
出租(网约车)	$\eta_{SN} = 0.165x_{edu} - 0.119x_{inc} + 0.189x_{job4} + 0.101x_{vehicle1} + 0.143x_{vehicle5} - 0.148x_{ORdis}$ $\eta_{AT} = -0.149x_{inc} + 0.211x_{job5}$ $\eta_{PA} = 0.118x_{edu} - 0.168x_{inc} - 0.126x_{job6} + 0.142x_{vehicle1} - 0.091x_{ORdis}$ $\eta_{HB} = 0.224x_{job1} + 0.206x_{job5} + 0.115x_{job6} + 0.115x_{vehicle5} + 0.104x_{num} - 0.101x_{ORdis}$ $\eta_{INT} = 0.120x_{edu} + 0.140x_{vehicle2} + 0.130x_{vehicle4}$
私人自行车	$\eta_{SN} = 0.161x_{edu} + 0.172x_{job4} + 0.090x_{vehicle1} + 0.136x_{vehicle5} - 0.149x_{ORdis}$ $\eta_{PA} = -0.149x_{inc} + 0.121x_{vehicle1}$ $\eta_{HB} = 0.112x_{vehicle4} + 0.132x_{num}$ $\eta_{INT} = 0.113x_{vehicle2} + 0.116x_{vehicle4}$
私人小汽车	$\eta_{SN} = 0.161x_{edu} - 0.128x_{inc} + 0.187x_{job4} + 0.102x_{vehicle1} + 0.137x_{vehicle5} - 0.143x_{ORdis}$ $\eta_{PA} = 0.137x_{edu} - 0.118x_{inc} + 0.116x_{vehicle1} - 0.118x_{ORdis}$ $\eta_{HB} = 0.220x_{job1} + 0.183x_{job5} + 0.117x_{vehicle4} + 0.122x_{vehicle5} + 0.170x_{pur1}$ $\eta_{INT} = -0.102x_{gen} + 0.208x_{job2} + 0.163x_{job5} + 0.133x_{vehicle1} + 0.119x_{vehicle3} + 0.160x_{vehicle4}$
摩托(电动车)	$\eta_{SN} = 0.163x_{edu} - 0.125x_{inc} + 0.188x_{job4} + 0.101x_{vehicle1} - 0.146x_{ORdis}$ $\eta_{PA} = 0.126x_{edu} - 0.159x_{inc} - 0.105x_{job6} + 0.134x_{vehicle1} - 0.108x_{vehicle2} - 0.107x_{ORdis}$ $\eta_{INT} = -0.112x_{gen} + 0.147x_{vehicle4} + 0.143x_{num}$

3.2 NL模型结果分析

本文分别对出发端和到达端的接驳方式选择行为进行建模,选取的解释变量包括社会经济属

性变量、出行属性变量以及心理潜变量三类,模型具体的变量设置见表10。

表10 NL模型变量设置  
Tab.10 Variable settings of nested logit model

变量归类	变量定义	变量名	类型
上下层共有变量	接驳费用	cost	连续变量
	心理潜变量	SN/AT/PA/HB/INT	连续变量
上层变量	有无私人小汽车	carhave	0-1变量
	有无摩托车	motorhave	0-1变量
	有无电动车	ebikehave	0-1变量
	有无私人自行车	bikehave	0-1变量
下层变量	性别	gender	0-1变量
	年龄	age	多个0-1变量(age1-age5)
	职业	job	多个0-1变量(job1-job7)
	学历	edu	多个0-1变量(edu1-edu4)
	收入	inc	多个0-1变量(inc1-inc6)
	出行目的	pur	多个0-1变量(pur1-pur8)
	出行人数	num	连续变量
	出行距离	dis	连续变量
R-D端选择模型 特有下层变量	O-R端选择步行	cw	0-1变量
	O-R端选择共享单车	cbs	0-1变量
	O-R端选择常规公交	cbu	0-1变量
	O-R端选择共享汽车	ccs	0-1变量
	O-R端选择出租(网约车)	ct	0-1变量
	O-R端选择私人自行车	cpb	0-1变量
	O-R端选择私家小汽车	cc	0-1变量
	O-R端选择摩托(电动)车	cm	0-1变量

注:多个0-1变量均按照表2中的描述性统计数据由上至下进行编号。

O-R端和R-D端的NL模型似然比及IIA特性检验结果如表11所示,结果显示,LR值均大于 $\chi^2$ 值,表明模型通过似然比检验;IIA特性检验结果

显示模型均拒绝IIA假设,表明模型均通过IIA特性检验,模型估计结果分别见表12与表13。

表11 NL模型似然比及IIA特性检验结果  
Tab.11 NL model likelihood ratio and IIA characteristic test results

模型类别	检验结果
O-R端NL模型	DF=14
	$LL_0 = -1\ 058.345\ 6, LL_\beta = -1\ 016.232\ 6$
	$LR = -2(LL_0 - LL_\beta) = 84.226 > \chi^2_{14,0.05} = 23.085$
	LR test for IIA ( $\tau = 1$ ): $\chi^2(3) = 25.39, Prob > \chi^2 = 0.000\ 0$
R-D端NL模型	DF=12
	$LL_0 = -1\ 026.477\ 20, LL_\beta = -998.977\ 29$
	$LR = -2(LL_0 - LL_\beta) = 55.000 > \chi^2_{12,0.05} = 21.026$
	LR test for IIA ( $\tau = 1$ ): $\chi^2(3) = 38.71, Prob > \chi^2 = 0.000\ 0$

表12 O-R端NL模型估计结果  
Tab.12 Estimation results of nested logit model on O-R side

上层变量	慢行交通		道路公共交通				私人交通							
	Coef.	S.E.	Coef.	S.E.	Coef.	S.E.	Coef.	S.E.						
carehave	/		-		-		0.618		0.270**					
ebikehave	/		0.359		0.217*		0.700		0.257***					
下层变量	共享单车		常规公交		共享汽车		出租(网约车)		私人小汽车		私人自行车		摩托(电动)车	
	Coef.	S.E.	Coef.	S.E.	Coef.	S.E.	Coef.	S.E.	Coef.	S.E.	Coef.	S.E.	Coef.	S.E.
edu2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.344	0.574**
job3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2.088	0.947**	0.855	0.483*
Nonfixedjob (job4+job5)	—	—	—	—	-9.273	4.950*	—	—	—	—	—	—	—	—
Commoninc (inc2+inc3+inc4)	—	—	7.335	3.185**	—	—	—	—	—	—	-1.525	0.798*	—	—
pur2	—	—	—	—	—	—	—	—	4.864	1.909**	—	—	—	—
Nonfixedpur (pur3+pur4+ pur5+pur6)	—	—	—	—	4.340	2.205**	—	—	3.903	1.737**	1.625	0.868*	—	—
dis	0.286	0.121**	—	—	—	—	3.399	2.015*	1.159	0.230***	—	—	0.391	0.125***
num	—	—	1.968	0.714***	—	—	—	—	—	—	0.774	0.393**	—	—
上下层共有变量			Coef.				S.E.							
cost					-1.105				0.540**					
SN					0.889				0.287***					
HB					0.321				0.127**					
INT					0.780				0.202***					

注:上层模型以慢行交通作为参照项,下层模型以步行作为参照项;\*表示在10%显著性水平下显著,\*\*表示在5%显著性水平下显著,\*\*\*表示在1%显著性水平下显著;—表示变量在10%的显著性水平下不显著,在建模过程中被剔除。

表13 R-D端NL模型估计结果  
Tab.13 Estimation results of nested logit choice model on R-D side

上层变量	慢行交通		道路公共交通				私人交通							
	Coef.	S.E.	Coef.	S.E.	Coef.	S.E.	Coef.	S.E.	Coef.	S.E.				
carehave	/		-0.630		0.217***		-0.532		0.217*					
ebikehave	/		-0.790		0.214***		-0.615		0.295**					
下层变量	共享单车		常规公交		共享汽车		出租(网约车)		私人小汽车		私人自行车		摩托(电动)车	
	Coef.	S.E.	Coef.	S.E.	Coef.	S.E.	Coef.	S.E.	Coef.	S.E.	Coef.	S.E.	Coef.	S.E.
edu2	—	—	-3.162	1.382**	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
job3	—	—	2.507	1.026**	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
pur2	—	—	—	—	5.972	2.366**	-3.558	1.310***	—	—	—	—	—	—
dis	0.151	0.062**	—	—	—	—	3.228	1.062***	0.985	0.465**	—	—	1.354	0.640**

续表13

下层变量	共享单车		常规公交		共享汽车		出租(网约车)		私人小汽车		私人自行车		摩托(电动)车	
	Coef.	S.E.	Coef.	S.E.	Coef.	S.E.	Coef.	S.E.	Coef.	S.E.	Coef.	S.E.	Coef.	S.E.
num	—	—	0.943	0.504*	1.727	0.993*	-1.816	0.872**	—	—	4.296	2.000**	—	—
Cslow (cw+cbs)	—	—	—	—	-10.691	4.051***	—	—	-3.784	2.261*	—	—	—	—
Cpublic (cbu+ccs +ct)	—	—	6.157	3.182*	-6.654	3.251**	—	—	—	—	—	—	—	—
上下层 共有变量					Coef.				S.E.					
cost					-0.935				0.324***					
SN					0.370				0.203*					
INT					0.176				0.100*					

注:Cslow(choice-slow traffic)表示出发端选择慢行交通方式进行接驳;Cpublic(choice-public road traffic)表示出发端选择道路公共交通方式进行接驳;上层模型以慢行交通作为参照项,下层模型以步行作为参照项;\*表示在10%显著性水平下显著,\*\*表示在5%显著性水平下显著,\*\*\*表示在1%显著性水平下显著;—表示变量在10%的显著性水平下不显著,在建模过程中被剔除。

### 3.2.1 上层模型结果分析

上层模型以慢行交通作为参照选项进行参数标定,由参数估计结果可知:O-R端出行中,相较于慢行交通而言,拥有私人小汽车的人群更倾向于选择私人交通方式进行接驳(coef.=0.618);拥有电动车与否对道路公共交通接驳(coef.=0.359)和私人交通接驳(coef.=0.700)选择行为均具有正向作用,但对私人交通接驳的影响程度更显著,私人交通工具拥有群体更乐意选择私人交通工具进行接驳。R-D端出行中,私人小汽车与电动车的有无对私人交通接驳选择行为呈负向影响,由于被调查者的出行目的大多为非返家出行,这可能与出行者在O-R端使用私人交通工具进行接驳,R-D端不能继续使用私人交通方式进行接驳有关。

### 3.2.2 下层模型结果分析

下层模型以步行作为参照选项进行参数标定,由参数估计结果可知:O-R端出行中,个人社会经济属性中的学历、收入、职业等对O-R端接驳方式选择行为有显著影响,其中中专或高中这一学历水平对选择摩托(电动)车接驳行为(coef.=1.344)具有正向影响,与该学历群体对摩托(电动)车出行选择倾向较高<sup>[23]</sup>的研究结论相符;普通收入群体更倾向于选择常规公交进行接驳(coef.=7.335),可能与中等收入人群进行接驳时会因为经

济原因更倾向于选择常规公交这种经济的交通方式有关<sup>[23]</sup>;企业单位群体更倾向于选择私人自行车、摩托(电动)车接驳(coef.=2.008、coef.=0.885),这可能与调查数据中该类群体超50%拥有私人自行车或摩托(电动)车有关;非固定时间工作群体(个体经营、自由职业)对共享汽车接驳(coef.=-9.273)的倾向较弱,可能和共享汽车停放点较为固定,与该类群体的出行地点匹配度不高相关;出行属性中的出行目的、出行距离等对O-R端接驳方式选择行为有显著影响,出行目的为上班的人群在进行接驳时,更倾向于选择私人小汽车这类自主性强且高效的交通方式进行接驳(coef.=4.864);弹性出行(就医、办理日常事务、休闲娱乐或走亲访友)群体更倾向于采用共享汽车(coef.=4.340)、私人小汽车(coef.=3.903)或私人自行车(coef.=1.625)接驳,这可能与该类出行目的对时间选择的自由程度较大有关;接驳距离增加,出行者采用出租(网约车)(coef.=3.399)、私人小汽车(coef.=1.159)接驳的倾向增强,这可能与接驳距离增加时出行者更倾向于选择机动车进行接驳有关;出行人数增加,使用常规公交这类较为经济的接驳方式的倾向增强(coef.=1.968),这可能与出行花费随着出行人数增加相应增长相关。

R-D端出行中,个人社会经济属性中的学历、职业对R-D端接驳方式选择行为有显著影响,

其中中专或高中学历水平对选择常规公交接驳(coef.=-3.162)倾向具有负向作用,这可能与该学历水平群体对绿色公共出行的响应不突出<sup>[24]</sup>相关;企业单位人员对选择常规公交进行接驳(coef.=2.507)具有明显倾向,该类群体拥有私人交通工具的比例较高且收入处于中等水平,在O-R端选择私人交通工具接驳,在R-D端选择常规公交这种高效且经济的交通方式进行接驳的倾向会增强<sup>[23]</sup>;出行属性中的出行目的、出行距离等对R-D端接驳方式选择行为有显著影响,出行目的为上班的群体更倾向选择共享汽车(coef.=5.972)而不是出租(网约车)车(coef.=-3.558)进行接驳,与该类群体在O-R端倾向于选择私人小汽车进行接驳有关,出于习惯,在R-D端仍旧会选择自主性高的机动化交通方式,如共享汽车进行接驳;接驳距离的增加增强了对出租(网约车)车接驳的选择倾向(coef.=3.228),距离增加会增强对机动化接驳方式的选择倾向,与O-R端的接驳方式选择行为模型结果相似;出行人数对常规公交与共享汽车接驳的选择行为具有正向影响,出于对经济性的考量,出行人数增多时出行群体更倾向选择较为经济的接驳方式,与O-R端接驳方式选择行为模型结果相似;O-R端接驳方式选择结果对R-D端接驳方式选择行为有显著影响,在O-R端使用慢行交通方式进行接驳的人群,在R-D端选择共享汽车或私人小汽车的倾向明显下降,在O-R端选择道路公共交通的人群在R-D端仍然更倾向选择道路公共交通中的常规公交进行接驳,这可能与出行者日常接驳习惯相关。

### 3.2.3 上下层共有变量建模结果分析

依据模型参数标定结果,对上下层共有变量建模结果分析如下:

(1)O-R端出行中,接驳费用的增加对除步行外的其他接驳方式均具有负向作用(coef.=-1.105),表明接驳费用增加,出行者选择该类接驳方式的概率将降低,符合微观经济理论;主观规范、行为习惯与行为意向均对接驳方式选择具有正向影响(coef.=0.889、0.321、0.780),表明出行者越容易受到社会期望影响、越习惯选择某种接驳方式,对某种接驳方式的主观使用意愿越强烈,越倾向于选择该种方式进行接驳。

(2)R-D端出行中,接驳费用对除步行外的其他接驳方式均具有负向作用(coef.=-0.936),但影响程度较O-R端弱,可能与出行者在O-R端对较为经济的交通工具接驳体验较差,在R-D端会选择更舒适但经济性相对较低的接驳工具有关<sup>[25]</sup>;与O-R端接驳方式选择行为模型结果相似,主观规范、行为意向对R-D端接驳方式选择均具有正向影响(coef.=0.370、0.176)。

## 4 结语

本文基于计划行为理论,引入城市轨道交通出行者接驳工具感知态度、接驳方式选择行为习惯两类心理潜变量,构建MIMIC模型探究城市轨道交通出行者接驳方式选择意向,在此基础上结合NL模型建立考虑心理变量与出行者个人属性、出行属性的混合选择模型,对成都市轨道交通出行者进行实例分析,揭示城市轨道交通站点出发端和到达端各类接驳方式选择行为的形成机理。主要研究结论如下:

(1)出行者的心理潜变量对各接驳方式选择意向的影响机理不尽相同。行为习惯和行为态度均直接影响出行者的接驳方式选择意向;主观规范通过行为习惯、行为态度对行为意向产生间接影响;出行者的感知态度对除步行、共享单车外的其他接驳方式选择意向无显著影响。

(2)个人社会经济属性、出行属性等可观测变量对潜变量存在不同程度影响。其中性别、学历、收入、交通工具拥有情况、职业、出行目的、出行人数及出行距离对心理潜变量存在较大影响。

(3)通过将8种接驳方式划分为3类构建NL模型,发现相对于慢行交通、道路公共交通而言,拥有私人交通工具与否是影响轨道交通出行者选择私人交通方式接驳的主要原因。拥有私人小汽车、电动车的人群更倾向于选择私人交通方式进行接驳。

(4)个人社会经济属性、出行属性及心理潜变量均对出行者的接驳方式选择行为具有显著影响,但在O-R与R-D端存在差异。出行人数、出行距离对O-R端与R-D端接驳方式选择行为影响程度大致相同,出行费用、主观规范及行为态度对O-R端接驳方式选择行为的影响比R-D端更强。

(5)O-R端接驳方式选择会对R-D端接驳方式选择行为产生影响。在O-R端选择慢行交通方式进行接驳时,在R-D端接驳选择共享汽车等机动化交通方式接驳的概率会降低;在O-R端选择道路公共交通进行接驳时,在R-D端选择道路公共交通方式中的常规公交接驳的概率会增加。

本研究在一定程度上揭示了个人属性、出行属性及心理属性对城市轨道交通出行者站点接驳方式选择的影响机理,有助于管理者根据出行者的个人属性、出行属性及出行心理特性对接驳方式进行精细化管理,进一步改善出行者的接驳体验,提高城市轨道交通吸引力。

由于问卷采用线下扫码的作答方式,受访者呈现“年轻化”特点,主要集中在18~45岁(80.03%),60岁以上人群占比较少(1.47%),未来可对城市轨道交通出行者进行分层调查以获取更广泛的数据验证结论的有效性。此外,本研究调查对象的出行目的以上班为主,未来可对不同出行目的下出发端与到达端接驳方式选择进行分类讨论。

## 参考文献

- [1] 陈锦渠, 吴雨遥, 殷勇, 等. 城市轨道交通站点可达性研究[J]. 交通运输工程与信息学报, 2020, 18(4): 38-45.  
CHEN Jinqiu, WU Yuyao, YIN Yong, et al. Analysis of urban rail transit station's accessibility[J]. Journal of Transportation Engineering and Information, 2020, 18(4): 38-45.
- [2] 殷勇, 鞠子奇, 吴雨遥, 等. 国外轨道交通发展对我国城市群轨道交通一体化的启示[J]. 交通运输工程与信息学报, 2021, 19(1): 52-58.  
YIN Yong, JU Ziqi, WU Yuyao, et al. The enlightenment of foreign rail transit development to the rail transit integration of China megalopolis[J]. Journal of Transportation Engineering and Information, 2021, 19(1): 52-58.
- [3] GOEL R, TIWARI G. Access-egress and other travel characteristics of metro users in Delhi and its satellite cities [J]. IATSS Research, 2016, 39(2): 164-172.
- [4] 郑长江, 杨淑茜, 张小丽, 等. 基于多项Logit模型的轨道站点接驳方式选择[J]. 贵州大学学报(自然科学版), 2018, 35(3): 120-124.  
ZHENG Changjiang, YANG Shuqian, ZHANG Xiaoli, et al. Selection of rail station feeder mode based on multinomial logit model[J]. Journal of Guizhou University (Natural Sciences), 2018, 35(3): 120-124.
- [5] 周家中. 出行链视角下城市轨道交通接驳方式联合选择模型[J]. 铁道标准设计, 2016, 60(4): 4-7.  
ZHOU Jiazhong. Joint selection model of urban rail transit access modes based on trip chain[J]. Railway Standard Design, 2016, 60(4): 4-7.
- [6] BRONS M, GIVONI M, RIETVELD P. Access to railway stations and its potential in increasing rail use[J]. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 2009, 43(2): 136-149.
- [7] 陈坚, 晏启鹏, 杨飞, 等. 出行方式选择行为的SEM-Logit整合模型[J]. 华南理工大学学报(自然科学版), 2013, 41(2): 51-57, 65.  
CHEN Jian, YAN Qipeng, YANG Fei, et al. SEM-logit integration model of travel mode choice behaviors[J]. Journal of South China University of Technology (Natural Science Edition), 2013, 41(2): 51-57, 65.
- [8] 景鹏, 隽志才, 查奇芬. 考虑心理潜变量的出行方式选择行为模型[J]. 中国公路学报, 2014, 27(11): 84-92, 108.  
JING Peng, JUAN Zhicai, ZHA Qifen. Incorporating psychological latent variables into travel mode choice model [J]. China Journal of Highway and Transport, 2014, 27(11): 84-92, 108.
- [9] 王玲. 城市中小學生通學出行方式選擇研究[D]. 重慶: 重慶交通大學, 2022.  
WANG Ling. Research on travel mode choice of urban primary and middle school students[D]. Chongqing: Chongqing Jiaotong University, 2022.
- [10] MARTÍNEZ M J, CORNEJO J. Value of the facilities and attributes of new heavy rail and bus rapid transit projects in a developing city: the case of Lima, Peru[J]. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2003, 1835(1): 50-58.
- [11] 金晓东. 基于计划行为理论的城市轨道交通站点接驳方式选择研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2021.  
JIN Xiaodong. Research on the access mode choice of urban rail transit stations based on theory of planned behavior[D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2021.
- [12] 杨敏, 吴静娴, 赵静瑶, 等. 城市轨道交通多方式组合出行与接驳设施优化[J]. 城市交通, 2017, 15(5): 64-69, 77.  
YANG Min, WU Jingxian, ZHAO Jing-yao, et al. Optimizing multimodal transfer facility design for urban rail transit service[J]. Urban Transport of China, 2017, 15

- (5): 64-69, 77.
- [13] 侯露露. 城市轨道交通接驳方式选择行为研究[D]. 西安: 长安大学, 2021.  
HOU Lulu. Research on the behavior of access mode choice of urban rail transit[D]. Xi'an: Chang'an University, 2021.
- [14] 贾思宁. 考虑排除规则异质性的两阶段接驳方式选择行为研究[D]. 南京: 南京大学, 2021.  
JIA Sining. Two-stage access mode choice behavior considering the heterogeneity of the exclusion rule[D]. Nanjing: Nanjing University, 2021.
- [15] 杨惠婷. 城市轨道交通站点接驳方式选择研究[D]. 南京: 东南大学, 2018.  
YANG Huiting. Research on the access-egress mode choice of urban rail transit stations[D]. Nanjing: Southeast University, 2018.
- [16] 王云泽, 李英杰, 唐立. 交通运输从业者对自动驾驶接受度建模与分析[J]. 交通运输工程与信息学报, 2023, 21(2): 42-54.  
WANG Yunze, LI Yingjie, TANG Li. Modeling and analysis of autonomous driving acceptance by transportation practitioners[J]. Journal of Transportation Engineering and Information, 2023, 21(2): 42-54.
- [17] 罗伯特·F·德威利斯(Robert F.Devellis)著. 量表编制: 理论与应用[M]. 魏勇刚, 龙长权, 宋武译. 重庆: 重庆大学出版社, 2004.
- [18] 陈坚, 张弛, 庾永恒, 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.
- [19] 周雅欣. 基于“态度-行为”缺口的公交出行行为影响因素及决策机理分析[D]. 西安: 长安大学, 2020.  
ZHOU Yaxin. Analysis on the influencing factors and decision mechanism of public transit travel behavior based on “attitude behavior” gap[D]. Xi'an: Chang'an University, 2020.
- [20] 许冰, 邵春福, 钱剑培, 等. 扩展计划行为理论框架下城际出行方式选择建模[J]. 交通工程, 2018, 18(3): 28-35.  
XU Bing, SHAO Chunfu, QIAN Jianpei, et al. Modeling for intercity travel mode choice under the theory of extended planned behavior[J]. Journal of Transportation Engineering, 2018, 18(3): 28-35.
- [21] 王娟. 公共租赁住房居民出行行为及方式选择研究[D]. 重庆: 重庆交通大学, 2015.  
WANG Juan. Research of regional traffic characteristics based on mobile signaling technology[D]. Chongqing: Chongqing Jiaotong University, 2015.
- [22] 鲜于建川, 隽志才. 城市摩托车交通出行特征与出行方式选择行为研究[J]. 交通运输系统工程与信息, 2008, 8(5): 136-140.  
XIAN-YU Jianchuan, JUAN Zhicai. Travel behavior and mode choice of urban motorcycle[J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 2008, 8(5): 136-140.
- [23] 高一鸣. 大城市中低收入群体出行行为研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2022.  
GAO Yiming. Study on travel behavior of low-income groups in big cities[D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2022.
- [24] 任悦. 城市居民绿色通勤行为的影响因素研究: 以江苏省徐州市为例[D]. 徐州: 中国矿业大学, 2020.  
REN Yue. Research on the influencing factors of urban residents' green commuting behavior[D]. Xuzhou: China University of Mining and Technology, 2020.
- [25] 杨敏, 高磊, 尤雨婷. 城市轨道交通多方式组合出行行为模型与接驳设施配置优化[M]. 北京: 科学出版社, 2018: 57-64.

(责任编辑:刘娉婷)