

DOI:10.3969/j.issn.1003-5060.2025.05.009

# 考虑汽油价格的燃油小汽车使用者出行方式选择

吴江玲<sup>1</sup>, 张馨月<sup>1</sup>, 周备<sup>2</sup>, 任丽丽<sup>1</sup>

(1. 河南大学 建筑工程学院, 河南 开封 475004; 2. 长安大学 运输工程学院, 陕西 西安 710064)

**摘要:**为探究汽油价格对燃油小汽车使用者出行方式选择行为的影响,文章综合考虑心理潜变量、个人社会经济属性、出行特征属性、出行方式属性的影响,基于获取的出行选择数据,分别构建不考虑潜变量的混合 Logit 模型和考虑潜变量的混合选择模型。研究表明:考虑潜变量的混合选择模型的拟合效果优于不考虑潜变量的混合 Logit 模型;在不考虑潜变量的混合 Logit 模型中,出行者收入越高、出行距离越远、拥有 2 辆以上小汽车及女性出行者更愿意选择小汽车出行,公共交通服务水平越好则燃油小汽车使用者越愿意选择公共交通出行;在考虑潜变量的混合选择模型中,除学历和收入外,潜变量对燃油小汽车使用者出行选择也存在显著影响,同时汽油价格越高、公共交通服务水平越高,燃油小汽车使用者选择公共交通出行的概率越高。

**关键词:**交通工程;出行方式选择;汽油价格;混合选择模型;混合 Logit 模型

**中图分类号:**U491 **文献标志码:**A **文章编号:**1003-5060(2025)05-0635-07

## Incorporating gasoline price into travel mode choice of gasoline car users

WU Jiangling<sup>1</sup>, ZHANG Xinyue<sup>1</sup>, ZHOU Bei<sup>2</sup>, REN Lili<sup>1</sup>

(1. School of Civil Engineering and Architecture, Henan University, Kaifeng 475004, China; 2. School of Transportation Engineering, Chang'an University, Xi'an 710064, China)

**Abstract:** In order to explore the impact of gasoline price on the travel mode choice behavior of gasoline car users, this paper considers the influence of psychological latent variables, personal socioeconomic attributes, travel characteristic attributes and travel mode attributes, and constructs a Mixed Logit (ML) model without considering latent variables and a hybrid choice model considering latent variables based on the obtained travel choice data. Results indicate that the hybrid choice model fits better than the ML model. The ML model results indicate that the travelers who have higher income, travel farther and own more than two cars as well as the female travelers are more willing to travel by car. The gasoline car users are willing to switch to public transport when a higher level of service (LOS) of public transport is available. According to the results of hybrid choice model, in addition to education and income, latent variables also have significant influence on the travel choice of gasoline car users. Meanwhile, the higher the gasoline price and the LOS of public transport, the higher the probability that gasoline car users will choose public transport.

**Key words:** traffic engineering; travel mode choice; gasoline price; hybrid choice model; Mixed Logit (ML) model

**收稿日期:**2023-01-30; **修回日期:**2023-03-30

**基金项目:**国家自然科学基金青年科学基金资助项目(52102404);河南省科技攻关计划资助项目(202102310590)和河南省高等学校重点科研资助项目(20A580001)

**作者简介:**吴江玲(1987—),女,河南开封人,博士,河南大学副教授,硕士生导师,通信作者, E-mail: wujiangling-2006@126.com.

## 0 引 言

据统计,中国民用汽车保有量从 2011 年的 9 356 万辆猛增至 2021 年的 2.94 亿辆,其中 2021 年的私人汽车保有量达到 2.62 亿辆<sup>[1]</sup>。汽车保有量的快速增长是能源问题的一大挑战,也给环境和交通带来巨大的负担。

汽油价格是影响出行者使用燃油小汽车出行的重要因素。文献[2]首次将油价和出行选择结合在一起,研究发现随着油价的上涨选择自驾车旅游的比例会持续下降,但在油价大于 12 元/L 时,下降速度变缓;文献[3]研究发现油价上涨会抑制小汽车的出行需求,居民出行方式向低成本的公共交通转移;文献[4]调查了美国公共交通与汽油价格之间的关系,结果表明,汽油价格每上涨 10%,公共汽车的客流量就会增加 4%,铁路的客流量则会增加 8%;文献[5]研究了油价影响下我国居民出行特征,研究结果表明,油价对小汽车出行者出行存在显著的影响;文献[6]调查了澳大利亚新南威尔士州汽油价格与交通流量之间的关系,研究结果表明,汽油的价格弹性为负值,当汽油价格较高时,人们更有可能使用公共交通;文献[7]研究了美国 6 个城市汽油价格上涨对公交客流的影响,结果表明,从长远来看,汽油价格上涨会增加所有城市的公交客流量,同时公交乘客的不同反应取决于汽油价格走势的方向。

出行方式选择行为的研究方法以离散选择模型为主,包括多项 Logit 模型、分层 Logit 模型、混合 Logit 模型等<sup>[8]</sup>。文献[9]构建了基于面板数据的共享出行方式选择的混合 Logit 模型,以探讨常态和非常态时期选择行为的差异及影响机理;文献[10]选取网约车依赖性等属性构建混合 Logit 模型,明确了城市综合交通背景下出行方式选择的关键因素;文献[11]采用双层混合嵌套 Logit 模型研究伊朗女性的出行方式选择行为;文献[12]运用随机效应构建了多项 Logit 模型,分析低碳补贴下居民出行方式选择的边际效应;文献[13]采用混合 Logit 模型和潜在类别条件 Logit 模型,对比分析了居民出行方式选择行为。

出行方式选择受多种因素的影响,其中心理因素也受到了广大学者的关注。文献[14]将低碳心理潜变量引入离散选择模型中,研究表明加入低碳心理因素的出行方式选择模型更能全面地反

映实际情况;文献[15]研究发现考虑潜变量的模型对出行者的出行选择解释性较好;文献[16]通过建立结构方程模型(structural equation model, SEM)-Logit 模型量化旅客心理潜变量对出行方式选择行为的影响,研究表明含有心理潜变量的模型能够更好地解释城际出行方式选择行为;文献[17]研究发现,无人驾驶汽车选择行为中心理潜变量的影响显著;文献[18]将代表态度的心理因素加入离散选择模型,研究发现潜在心理因素对方式选择存在显著影响。

本文以燃油小汽车使用者为调查对象,通过网络问卷调查的方式开展受访者的个人社会经济属性调查、出行属性调查、心理潜变量调查和选择行为调查,分别构建不考虑潜变量的混合 Logit 模型和考虑潜变量的混合选择模型,分析汽油价格调整对燃油小汽车使用者出行选择行为的影响,为解决交通拥堵和城市交通发展提供理论依据。

## 1 问卷设计及数据采集

### 1.1 问卷设计

问卷内容包含燃油小汽车使用者的个人社会经济属性、出行特征属性、出行方式属性及心理潜变量。个人社会经济属性包括性别、年龄、学历、职业、家庭人数、收入和小汽车拥有数 7 个影响因素;出行特征属性包括出发时间、出行距离、出行时间、是否接送孩子和出行频率 5 个影响因素;出行方式包括公共交通和小汽车出行,出行方式属性包括公共交通服务水平和汽油价格 2 个因素,出行方式属性水平值的设置情况见表 1 所列。

表 1 出行方式属性水平值设置

水平值	1	2	3	4	5	6
公共交通服务水平	较好	一般	较差			
汽油价格/(元/L)	10.0	9.5	9.0	8.5	8.0	7.5

本文在由态度、主观规范和感知行为控制组成的计划行为理论(theory of planned behavior, TPB)的基础上添加了 3 个新的变量,即认知信任、行为习惯和环保意识,建立了一个扩展的计划行为理论框架,以探索影响燃油小汽车使用者出行方式选择意向的更广泛因素。潜变量采用 Likert 五级量表的形式,潜变量和对应的观测变量设置见表 2 所列。

表 2 潜变量与观测变量设置

潜变量	变量符号	观测变量
认知信任	CT1	关注汽油价格的变动
	CT2	经常浏览媒体对汽油价格的报道
	CT3	了解汽油价格的调整周期
	CT4	认为汽油价格由政府调控是合理的
	CT5	认为汽油价格信息发布及时、可靠、清晰
行为态度	ATT1	乐意改变小汽车出行
	ATT2	认为改变出行方式后在心理上更加舒适
行为习惯	BH1	一般不会考虑重新选择出行方式
	BH2	会下意识地选择小汽车出行
	BH3	开车出行使个体觉得一切尽在掌控之中
	BH4	小汽车出行是个体的生活习惯
环保意识	EA1	认为交通出行对环境的影响很大,支持低碳出行
	EA2	认为汽车尾气排放是造成空气污染的重要原因
主观规范	SN1	因汽油价格上涨改变出行方式
	SN2	家人和朋友建议改变出行方式
	SN3	因社交网络媒体上的汽油价格信息改变出行方式
	SN4	有义务尽量减少小汽车出行
感知行为控制	PBC1	改变出行方式对个体来说不切实际
	PBC2	不擅长改变
	PBC3	一些自身因素不允许作出改变
行为意向	INT1	受汽油价格影响,尽量减少小汽车出行的意向很高
	INT2	受汽油价格影响,减少不必要的外出意向很高
	INT3	受汽油价格影响,采用更经济环保的出行方式意向很高

1.2 样本统计

本研究共计收到 498 份有效样本,受访者的基本统计信息分布见表 3 所列。

表 3 样本基本信息分布

属性	描述	比例/%	属性	描述	比例/%
性别	男	52.8	家庭人数	1~3 人	33.7
	女	47.2		4~5 人	55.8
	18~25 岁	9.6		6 人及以上	10.5
年龄	26~35 岁	30.1	职业	国家机关公务人员	25.1
	36~45 岁	36.5		企事业单位人员	67.1
	46~60 岁	16.7		其他	7.8
	60 岁以上	7.1		<5 万元	7.2
学历	高中及以下	24.3	年收入	[5,15]万元	51.6
	大专或本科	61.8		(15,25]万元	29.1
	硕士及以上	13.9		>25 万元	12.1
接送孩子	是	65.1	小汽车拥有数	1 辆	62.0
	否	34.9		2 辆及以上	38.0

从表 3 可以看出:受访者男性占比 52.8%,女性占比 47.2%;受访者年龄分布总体集中于 26~45 岁的群体,占比最少的是 60 岁以上的老年人群体,这与老年人使用网络和老年驾驶人较

少有关,18~25 岁的群体仅占比 9.6%,这与年轻人的经济水平相对较低有关;受访者学历大部分都在大专及以上;受访者年收入主要集中在 5~15 万元;拥有 1 辆小汽车的受访者占比 62.0%。

2 混合选择模型的构建

2.1 模型框架

由结构方程模型和混合 Logit 模型整合而构建的混合选择模型框架如图 1 所示。燃油小汽车使用者选择出行方式的效用由个人社会经济属性、出行特征属性、出行方式属性以及心理潜变量 4 类因素共同作用。将由结构方程模型得到各潜变量的适配值代入到混合 Logit 模型中,以最大效用理论为基础研究燃油小汽车使用者出行方式选择行为。

2.2 模型构建

1) 混合 Logit 模型。混合 Logit 模型考虑了个体之间的异质性偏好,很好地克服了多项 Logit 模型中存在的缺陷,在混合 Logit 模型中,出行者  $n$  选择出行方式  $i$  的效用函数为:

$$U_{ni} = V_{ni} + \epsilon_{ni} = \beta X_{ni} + \epsilon_{ni} \quad (1)$$

其中: $V_{ni}$  为出行者  $n$  选择出行方式  $i$  的固定效用; $\epsilon_{ni}$  为出行者  $n$  选择出行方式  $i$  时不可观测到的效用,即随机效用; $\beta$  为系数向量; $X_{ni}$  为出行方式  $i$  的解释变量向量,包括出行者  $n$  的个体社会经济属性向量、出行特征属性向量和出行方式属性向量。

出行者  $n$  选择出行方式  $i$  的概率为:

$$P_{ni} = \int L_{ni}(\beta) f(\beta | \theta) d\beta \quad (2)$$

其中: $f(\beta | \theta)$  为随机参数概率密度函数; $\theta$  为  $\beta$  服从的分布函数的参数值; $L_{ni}(\beta)$  为出行者的条件选择概率。 $L_{ni}(\beta)$  公式为:

$$L_{ni}(\beta) = \frac{e^{V_{ni}(\beta)}}{\sum_j e^{V_{nj}(\beta)}}, \quad i, j \in C_n \quad (3)$$

其中, $C_n$  为选择集。

2) 混合选择模型。混合 Logit 模型基于完全理性来反映个体的决策过程的,而混合选择模型不仅可以反映个体基于理性的决策,而且对个体在决策时的心理过程也可以很好地刻画。混合选择模型是由结构方程模型和混合 Logit 模型整合而来,将心理潜变量对出行者选择某种出行方式的影响纳入到模型框架中。出行者在选择出行方式时,总是会选择出行效用最大的备选方案,在考虑心理潜变量的混合选择模型中,出行者  $n$  选

择出行方式  $i$  的效用函数为:

$$U_{ni} = \beta X_{ni} + \beta_{\eta} \eta_{ni} + \epsilon_{ni} \quad (4)$$

其中:  $\eta_{ni}$  为难以直接观测到的心理潜变量;  $\beta_{\eta}$  为心理潜变量对应的系数向量。

在混合选择模型中,模型的选择概率为:

$$P_{ni} = \int \frac{\exp(\beta X_{ni} + \beta_{\eta} \eta_{ni} + \epsilon_{ni})}{\sum_j \exp(\beta X_{nj} + \beta_{\eta} \eta_{nj} + \epsilon_{nj})} f(\beta | \theta) d\beta \quad (5)$$

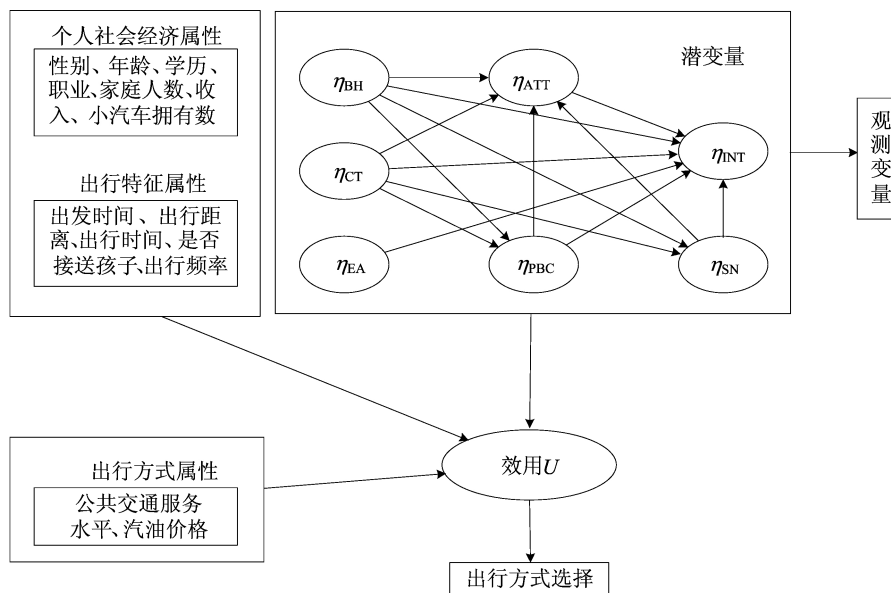


图1 混合选择模型具体框架

### 3 实证分析

基于问卷量表数据建立结构方程模型,不断修正与调整获得反映各潜变量和与其对应的观测变量之间关系的估计结果,计算各潜变量的适配值,然后基于构建的不考虑潜变量的混合 Logit 模型和考虑潜变量的混合选择模型拟合数据以分析燃油小汽车使用者出行方式选择行为的影响因素及其作用机理。

#### 3.1 信效度检验

在建立结构方程模型之前,需要对问卷的信度和效度进行检验,结果见表 4 所列。

表 4 信效度检验

潜变量	Cronbach's $\alpha$	KMO	Bartlett 球形度检验	
			近似卡方值	Sig 值
认知信任	0.825	0.722	1 323.633	0
行为态度	0.848	0.500	387.749	0
行为习惯	0.898	0.725	1 480.822	0
环保意识	0.795	0.500	282.420	0
主观规范	0.882	0.682	1 369.802	0
感知行为控制	0.864	0.725	717.067	0
行为意向	0.856	0.734	667.427	0
预测量整体	0.821	0.850	7 268.268	0
信效度参照值	>0.7	>0.5		

观测变量整体的 Cronbach's  $\alpha$  值为 0.821,各潜变量的 Cronbach's  $\alpha$  值均大于 0.7,表明问

卷量表的信度满足要求;观测变量整体的 KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) 检验统计量为 0.850, Bartlett 球形度检验结果显著,各潜变量的 KMO 均大于 0.5,表明量表具有较好的结构效度。

#### 3.2 潜变量估算

运用 AMOS 软件构建结构方程模型以反映潜变量与其对应观测变量之间的关系,将各测量模型中标准荷载系数不符合可接受范围的部分观测变量依次进行删除,经过多次调整可得到最佳的估计结果。对本文输出结果中的 MI(modification indices) 值进行筛选并添加相关路径,逐个修正完善。

经过模型修正,删除了荷载系数不符合要求的观测题项,并增加了行为习惯、认知信任和环保意识两两之间的相关路径,各潜变量间路径系数关系如图 2 所示。从图 2 可以看出:行为习惯对行为意向有负向影响,这意味着习惯使用燃油小汽车出行的出行者对改变出行习惯存在抵触心理;认知信任、环保意识、感知行为控制、行为态度、主观规范对行为意向有显著的直接正向影响,这意味着认知信任、感知行为控制、行为态度、主观规范对燃油小汽车使用者改变燃油小汽车出行存在积极心理;感知行为控制、行为态度、主观规范还对行为意向存在间接影响。

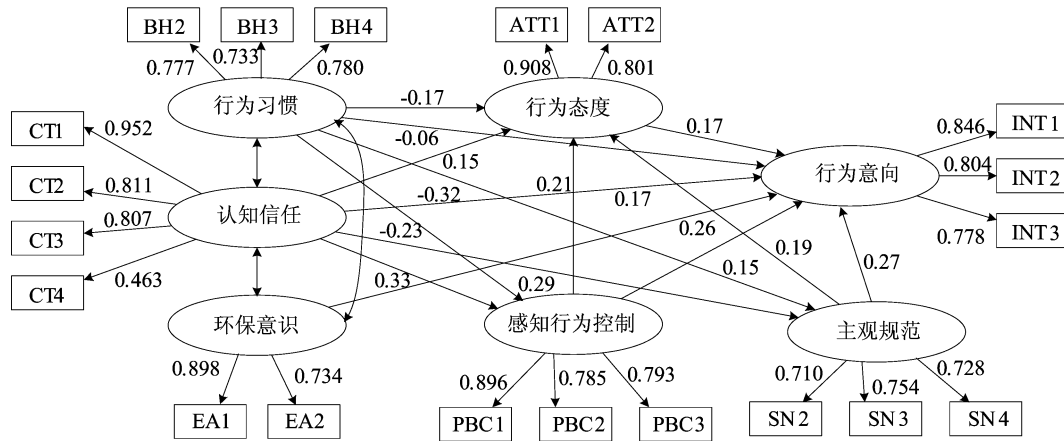


图 2 潜变量间的路径系数

结构方程模型的具体拟合指标见表 5 所列,可以看出,各指标均满足要求,模型结果可信度较高。

表 5 模型的适配度参数检验表

适配指标	推荐值	拟合值	是否满足
卡方	愈小愈好	300.347	
卡方自由度比	<3.0	1.963	是
拟合优度指数	>0.9	0.970	是
调整拟合优度指数	>0.9	0.919	是
近似误差平方根	<0.05	0.044	是
增值拟合指数	>0.9	0.970	是
比较拟合优度指数	>0.9	0.970	是

根据图 2 中的估计结果计算各潜变量的适配值,各潜变量的适配值计算结果见表 6 所列。

表 6 各观测变量标准荷载系数及各潜变量

潜变量	观测变量	标准荷载系数	潜变量的适配公式
认知信任	CT1	0.952***	$\eta_{CT} = 0.314C_{T1} +$
	CT2	0.811***	
	CT3	0.807***	
	CT4	0.463***	
行为态度	ATT1	0.908***	$\eta_{ATT} = 0.529A_{TT1} +$
	ATT2	0.810***	
行为习惯	BH2	0.777***	$\eta_{BH} = 0.341B_{H2} +$
	BH3	0.733***	
	BH4	0.780***	
环保意识	EA1	0.898	$\eta_{EA} = 0.552E_{A1} +$
	EA2	0.734***	
主观规范	SN2	0.710***	$\eta_{SN} = 0.324S_{N2} +$
	SN3	0.754***	
	SN4	0.728***	
感知行为控制	PBC1	0.896***	$\eta_{PBC} = 0.363P_{BC1} +$
	PBC2	0.785***	
	PBC3	0.793***	
行为意向	INT1	0.846***	$\eta_{INT} = 0.350I_{NT1} +$
	INT2	0.804***	
	INT3	0.778***	

注:\*\*\*表示  $P < 0.001$ 。

### 3.3 模型参数估计

结合问卷调查得到的燃油小汽车使用者在汽油价格影响下的出行方式选择数据及结构方程模型计算出的各潜变量值,将小汽车出行作为参照的出行方式,标定各个参数,筛除了对模型影响不显著的变量,各变量系数估计值的显著性采用  $P$  值进行检验,并采用赤池信息准则(Akaike information criterion, AIC)和贝叶斯信息准则(Bayesian information criterion, BIC)2 个指标对模型进行评价。模型参数的标定结果见表 7 所列。

由表 7 可知,考虑潜变量的混合选择模型的 AIC 值和 BIC 值均小于不考虑潜变量的混合 Logit 模型,表明考虑心理潜变量能够提高模型的拟合程度和估计精度。

在不考虑潜变量的混合 Logit 模型中,性别、收入、出行距离、小汽车拥有数和公共交通服务水平对燃油小汽车使用者出行选择行为存在显著影响。具体有以下结论:① 性别(0.342)对选择公共交通出行有正向影响,这意味着相较于男性,女性出行者更倾向于选择公共交通出行;② 收入(-0.350)、出行距离(-0.215)、小汽车拥有数(-0.445)和公共交通服务水平(-0.235)对选择公共交通出行产生负向影响,这说明年收入越高、出行距离越远、小汽车拥有数量越多的出行者越不愿意选择公共交通出行,公共交通服务水平不好时,出行者更愿意选择小汽车出行,其中小汽车拥有数量对模型的负向影响最大。

在考虑潜变量的混合选择模型中,收入对出行选择行为的影响与不考虑潜变量的混合 Logit 模型中类似;学历对选择公共交通出行影响显著,但性别、出行距离、小汽车拥有数对选择公共交通出行影响不显著,这可能与考虑潜变量后,潜变量

对模型的影响程度更大有关。具体有以下结论:

1) 学历(0.165)对选择公共交通出行有正向影响,表明学历越高出行者选择公共交通出行的

心理意愿越高。其原因可能是受教育程度较高的出行者环保意识更高,对绿色出行的接受程度较高,愿意改变小汽车出行。

表 7 模型参数标定结果

变量	不考虑潜变量的混合 Logit 模型			考虑潜变量的混合选择模型		
	相关系数	Z 统计量	P 值	相关系数	Z 统计量	P 值
常数项	-1.328**	-2.94	0.003	-4.552***	-8.78	0
性别	0.342*	2.33	0.020	—	—	—
学历	—	—	—	0.165*	2.02	0.043
收入	-0.350***	-3.56	0	-0.314***	-4.30	0
出行距离	-0.215*	-2.05	0.040	—	—	—
小汽车拥有数	-0.445**	-2.73	0.006	—	—	—
CT	—	—	—	—	—	—
ATT	—	—	—	0.245***	3.86	0
BH	—	—	—	—	—	—
EA	—	—	—	0.415***	6.11	0
SN	—	—	—	0.470***	6.71	0
PBC	—	—	—	-0.812***	-11.72	0
INT	—	—	—	0.558***	8.23	0
公共交通服务水平	-0.235**	-2.65	0.008	-0.178*	-2.31	0.021
汽油价格	—	—	—	-0.276***	-8.92	0
公共交通服务水平标准差	0.299*	1.98	—	0.214*	2.08	—
汽油价格标准差	—	—	—	0.221***	3.62	—
AIC	—	2 535.528	—	—	2 155.687	—
BIC	—	2 637.568	—	—	2 299.744	—

注: \* 表示  $P < 0.05$ ; \*\* 表示  $P < 0.01$ ; \*\*\* 表示  $P < 0.001$ ; — 表示结果不显著。

2) 行为态度(0.245)、环保意识(0.415)、主观规范(0.470)、行为意向(0.558)对选择公共交通出行有正向影响,其中行为意向对模型的影响最大,出行者对这几项潜变量的评分越高,出行者越愿意选择公共交通出行。行为态度、环保意识、主观规范的估计结果表明,有较为正向的改变出行方式的态度、有较强的环保意识和绿色出行观念以及家人朋友对改变出行方式的认可程度高的出行者更倾向于选择公共交通出行;行为意向表示出行者受汽油价格调整的影响表现出的反应倾向,相较而言,行为意向的相关系数最大,能最直观地反映出在汽油价格调整的影响下出行者更愿意放弃使用小汽车出行而选择公共交通。

3) 感知行为控制(-0.812)、公共交通服务水平(-0.178)和汽油价格(-0.276)对选择公共交通出行有负向影响,其中感知行为控制的负向影响最大。感知行为控制表示出行者对改变出行方式感知到的难易程度,出行者感知行为控制能力越大,即对改变出行方式感知到的难度越大,出行者越不愿意选择公共交通出行,即出行者继续选择小汽车出行,因而感知行为控制对选择公共交通出行产生负向影响。公共交通服务水平这一

出行方式属性的水平值越高,即交通服务水平公共交通服务水平越差,出行者越不愿意选择公共交通出行,其原因可能是公共交通服务水平越差就会消耗越多的时间成本,并伴随着较差的出行体验。汽油价格在该模型中为随机变量,随机变量系数服从正态分布(均值为-0.276,标准差为0.221),所计算正态分布的累计概率为0.106,表明汽油价格越高,约89.4%的燃油小汽车使用者选择小汽车出行的概率减小,汽油价格越高就会消耗更多的金钱成本,人们更愿意选择成本相对较低的出行方式出行。

在混合 Logit 模型中,汽油价格对选择公共交通出行不存在显著影响,表明混合 Logit 模型在研究汽油价格调整对燃油小汽车使用者出行方式选择的影响上不具有较强的说服力;在混合选择模型中,汽油价格对选择公共交通出行存在显著影响,部分潜变量也存在显著影响,表明混合选择模型在本研究中有较强的适用性。

#### 4 结 论

本文以出行方式选择数据为基础,建立不考虑潜变量的混合 Logit 模型和考虑潜变量的混合

选择模型,分析了燃油小汽车使用者在汽油价格调整影响下的出行方式选择行为,研究表明,心理潜变量和公共交通服务水平对燃油小汽车使用者出行方式选择行为存在不可忽略的影响。具体结论如下:

1) 相比于不考虑潜变量的混合 Logit 模型,考虑潜变量的混合选择模型有更好的拟合优度和估计精度,更宜于解释燃油小汽车使用者的决策行为。

2) 汽油价格的影响在混合 Logit 模型中不显著,而在混合选择模型中显著,相比之下混合选择模型更适用于汽油价格调整影响下的燃油小汽车使用者出行方式选择研究。

3) 部分心理潜变量对燃油小汽车使用者出行方式选择行为存在显著性影响,在考虑潜变量的混合选择模型中,行为态度、环保意识、主观规范、行为意向 4 个变量对模型有显著的正向影响,促进这几个因素的发展有助于出行者的出行方式转移到公共交通上,提高公共交通出行分担率,缓解城市交通拥堵。

4) 公共交通服务水平和汽油价格对出行者选择公共交通出行有显著的负向影响,出行者选择出行方式时比较在意出行成本,提高城市公共交通服务水平、适当调控汽油价格有利于促进公共交通的发展,优化居民出行结构。

本文仅考虑公共交通和燃油小汽车出行 2 种出行方式,在进一步的研究中可考虑更多的出行方式,如非机动车、新能源车辆等,挖掘汽油价格对出行者出行方式的选择和转移特征的影响。

### [参 考 文 献]

- [1] 国家统计局. 中国统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2021.
- [2] 宋素娟. 燃油价格对小汽车出行需求的影响研究[D]. 北京: 北京工业大学, 2010.
- [3] 胡列格, 魏文彬, 杨俊慧, 等. 高油价对居民出行方式选择的影响分析[J]. 铁道科学与工程学报, 2011, 8(4): 90-94.
- [4] LANE B W. A time-series analysis of gasoline prices and public transportation in U. S. metropolitan areas[J]. Journal of Transport Geography, 2012, 22: 221-235.
- [5] 王京元, 韩艳, 赵建军. 燃油价格影响下的居民出行选择行为特征分析及建模[J]. 交通运输系统工程与信息, 2013, 13(4): 171-175.
- [6] ZHANG T, BURKE P J. The effect of fuel prices on traffic flows: evidence from new south Wales[J]. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 2020, 141: 502-522.
- [7] CHI J. Asymmetric gasoline price effects on public transit ridership: evidence from U. S. cities[J]. Transportation Research Record, 2022, 2676(5): 643-659.
- [8] 吴世江, 史其信, 陆化普. 交通出行方式离散选择模型的效用随机项结构研究综述[J]. 公路工程, 2007, 127(6): 92-97.
- [9] 张小雨, 邵春福, 王博彬, 等. 新冠疫情影响下居民共享出行方式选择行为研究[J]. 交通运输系统工程与信息, 2022, 22(2): 186-196, 205.
- [10] 唐立, 邹彤, 罗霞, 等. 基于混合 Logit 模型的网约车选择行为研究[J]. 交通运输系统工程与信息, 2018, 18(1): 108-114.
- [11] ARMAN M, KHADEMI N, DE LAPPARENT M. Women's mode and trip structure choices in daily activity-travel: a developing country perspective[J]. Transportation Planning and Technology, 2018, 41(8): 845-877.
- [12] 朱顺应, 陈秋成, 肖文彬, 等. 低碳补贴下的武汉市居民出行方式选择边际效应[J]. 安全与环境学报, 2020, 20(3): 1118-1125.
- [13] 杨亚琛, 唐浩冬, 彭勇. 考虑偏好差异的后疫情时代居民出行方式选择行为研究[J]. 交通运输系统工程与信息, 2022, 22(3): 15-24.
- [14] 陈月霞, 陈龙, 查奇芬, 等. 基于低碳心理潜变量 Logit 模型的出行方式预测模型[J]. 公路交通科技, 2017, 34(9): 100-108, 137.
- [15] 张晨阳. 考虑潜在变量的西安居民短距离出行方式选择研究[D]. 西安: 长安大学, 2019.
- [16] 孙靖翔. 疫情期间考虑乘客心理变量的城际出行方式选择行为研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2021.
- [17] 刘志伟, 刘建荣, 邓卫. 无人驾驶汽车对出行方式选择行为的影响[J]. 西南交通大学学报, 2021, 56(6): 1161-1168.
- [18] DOMARCHI C, TUDELA A, GONZALEZ A. Effect of attitudes, habit and affective appraisal on mode choice: An application to university workers [J]. Transportation, 2008, 35(5): 585-599.

(责任编辑 李 凯)