

DOI:10.3969/j.issn.1003-5060.2025.05.008

基于出行地点选择建模的 共享电动汽车需求分布机理研究

孙小慧, 王飞燕

(新疆大学 建筑工程学院, 新疆 乌鲁木齐 830017)

摘要:为了揭示共享电动汽车的需求分布机理,文章研究个人碳交易、风险、习惯等潜变量对共享电动汽车出行地点选择行为的影响。基于北京市问卷调查数据,以计划行为理论为框架,通过建立多指标多原因模型量化不可直接观测的潜变量,并整合潜变量模型和混合Logit模型构建混合选择模型。模型估计结果表明:性别、学历、职业、是否有车、驾龄均对各心理潜变量有较大影响;个人碳交易、风险、主观规范、行为意向及知觉行为控制均对出行地点的选择有显著影响;停车场、地铁站、商场属性均对出行地点的选择有显著影响,而公交线路并无显著影响。该研究根据模型结果提出不同出行地点下发展共享电动汽车的相关建议。

关键词:交通工程;需求分布机理;混合选择模型;共享电动汽车;心理潜变量;多指标多原因模型

中图分类号:U491.8

文献标志码:A

文章编号:1003-5060(2025)05-0628-07

Study on demand distribution mechanism of shared electric vehicles based on travel location choice model

SUN Xiaohui, WANG Feiyan

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

Abstract: In order to reveal the demand distribution mechanism of shared electric vehicles, this paper explores the impact of latent variables such as personal carbon trading, risk, and habits on travel location choice behavior of shared electric vehicles. Based on the questionnaire data of Beijing City, this paper establishes a multiple indicators multiple causes (MIMIC) model to quantify the unobserved latent variables in the framework of the theory of planned behavior, and integrates the latent variable model and Mixed Logit model to construct a hybrid choice model. The results of the model estimation show that gender, education, occupation, car ownership and driving age all have great influence on psychological latent variables. Personal carbon trading, risk, subjective norms, behavioral intention and perceived behavioral control have significant influence on the choice of travel location. Parking lots, subway stations and shopping malls all have significant influence on the choice of travel location, while bus routes have no significant influence. According to the model results, relevant suggestions are put forward to develop shared electric vehicles in different travel locations.

Key words: traffic engineering; demand distribution mechanism; hybrid choice model; shared electric vehicle; psychological latent variable; multiple indicators multiple causes (MIMIC) model

传统燃油汽车的广泛使用被认为是交通领域导致化石燃料消耗和环境恶化的主要因素之一,

推广电动汽车成为降低能源消耗和减少交通碳排放的全球共识,但目前电动汽车的市场占有率还

收稿日期:2023-01-03;修回日期:2023-04-10

基金项目:新疆维吾尔自治区自然科学基金资助项目(2021D01C104)

作者简介:孙小慧(1986—),女,河南漯河人,博士,新疆大学副教授,硕士生导师。

很低。随着社会共享化的加速发展,共享经济成为推动电动汽车进入市场的重要驱动力^[1]。共享电动汽车是一种特殊的公共交通,不仅具有低碳节能的特点,还能满足居民灵活便捷的出行需求。研究表明,每辆共享电动汽车可以减少4.6~20辆私家车的拥有量^[2],通过促使居民从私家车转向共享电动汽车,可减少燃油汽车的行驶里程及其产生的二氧化碳^[3-4]。

在交通运输低碳化以及出行需求多样化的背景下,准确预测共享电动汽车的出行需求及其分布,既可为运营商进行站点布局和车辆调度提供依据,也可为政府制定碳减排政策和发展共享电动汽车提供依据,对加快我国低碳交通进程具有重大意义。

目前研究中,学者大多通过建模来预测共享电动汽车的需求总量,其中对居民进行出行行为调查进而构建离散选择模型是最常用的方法^[5-7]。近年来,考虑心理潜变量的研究逐年增多,且多以计划行为理论为基础,研究结果表明,共享电动汽车的选择行为会受到主观规范、知觉行为控制及态度的影响,此外加入其他的影响变量可以提高模型对行为的解释能力和预测精度^[8-10]。文献^[11]加入感知风险和感知价值,发现感知价值对共享电动汽车的态度存在正向影响,而感知风险存在负向影响;文献^[12]引入政策支持,发现政策支持对共享电动汽车的选择行为存在正向影响;文献^[13]引入感知有用性和感知易用性,发现感知有用性、感知易用性等心理潜变量对共享电动汽车的选择行为存在正向影响。

仅对共享电动汽车的需求总量进行预测还不足以指导站点布设、车辆调度等与共享电动汽车发展密切相关的工作,当前亟需明确共享电动汽

车的需求分布机理。已有研究表明,共享电动汽车的使用目的以休闲娱乐、通勤及接驳交通站点为主,其中通勤和接驳交通站点的起始点固定,而休闲娱乐出行的自由度较大。本文以休闲娱乐场景下的共享电动汽车出行地点选择行为为研究对象,在计划行为理论框架下引入个人碳交易、习惯、风险等可能影响共享电动汽车出行地点选择行为的心理潜变量,构建考虑变量的混合选择模型探究共享电动汽车出行地点选择行为的影响因素及其影响机制,深入剖析共享电动汽车需求的分布机理。

1 数据收集及检验

为探究共享电动汽车出行地点的选择行为,本文选取共享电动汽车用户较为活跃的北京市,以问卷调查的形式收集数据,并对样本进行描述性统计分析以及信效度检验,为后续的建模分析提供有效的数据基础。

1.1 数据收集

本次问卷调查内容包括被调查者的社会经济属性、心理属性及共享电动汽车出行的地点选择,其中心理属性包括知觉行为控制(PBC)、主观规范(SN)、态度(ATT)、个人碳交易(PCT)、习惯(HAB)、风险(FX)及行为意向(INT)。采用Likert 五级量表进行测量,要求被调查者对所列题项的赞同程度打分,1到5分分别表示非常不赞同、不赞同、中立、赞同、非常赞同;出行地点的选择要求被调查者在假定的出行场景中,从选项A(公共交通配套资源丰富的小型商场)、B(公共交通和停车配套资源较丰富的中型商场)、C(停车配套资源丰富的大型商场)3类商场中选择,选项属性及其水平见表1所列。

表1 出行地点属性和水平值

出行地点属性	商场属性	500 m 内停车场数量	1 km 内公交线路数量	1.5 km 内地铁站数量
水平 1	商场多以购物为主,餐饮及电影院、KTV、美容健身等休闲类为辅	15~<35	15~<30	<4
水平 2	除购物餐饮外,还包括游乐园、主题街区、生态公园、美术馆书店、会展等大型休闲场所	35~65	30~65	4~10

本研究调查于2022年2月,以网上问卷调查的形式展开进行,此次调查发放并回收问卷共784份,其中,有效问卷768份,问卷有效率达到97%以上。

1.2 描述性统计分析

样本统计结果见表2所列,调查样本与北京市实际人口分布特征基本相符,也与共享电动汽车的用户特征相符^[14-15]。

表 2 样本分布与实际人口分布对比

类别	描述	频数	占比/%	
			本文数据	年鉴数据
性别	男	396	51.6	51.1
	女	372	48.4	48.8
人口来源	本地人口	301	39.2	61.6
	外来人口	467	60.8	38.4
年龄	18~25 岁	133	17.3	7.3
	26~30 岁	241	31.4	10.2
	31~40 岁	218	28.4	24.9
	41~50 岁	124	16.1	17.2
	51~60 岁	38	5.0	17.4
	60 岁以上	14	1.8	23.0
学历	初中及以下	32	4.2	33.0
	高中/中专	148	19.3	17.6
	本科/大专	456	59.4	
	硕士及以上	132	17.1	42.0
月收入	5 000 元以下	161	21.0	
	5 000~10 000 元	344	44.8	
	10 001~20 000 元	190	24.7	
	20 000 元以上	73	9.5	
职业	企业人员	309	40.2	
	公职人员	182	23.7	
	学生	116	15.1	
	个体经营者	133	17.3	
	其他	28	3.7	
拥有私家车	是	306	39.8	
	否	462	60.2	
驾龄	1 a 以下	156	20.3	
	1~5 a	256	33.3	
	6~10 a	276	36.0	
	10 a 以上	80	10.4	
常用出行方式	私家车	116	15.1	
	公交	191	24.9	
	地铁	292	38.0	
	出租车/网约车	112	14.6	
	共享电动汽车	45	5.9	
	其他	12	1.5	

注:数据来源于 2021 年北京统计年鉴。

1.3 数据检验

为了确保后续建模分析的有效性,本研究需要对问卷数据的准确性和稳定性进行检验。数据检验主要从 2 个方面展开:一方面通过信效度分析检验样本数据的可靠性,多采用 Cronbach's α 系数和 KMO(Kaiser-Meyer-Olkin)值,两者均大于 0.5,表示信效度良好;另一方面通过验证性因子分析检验问卷设置的合理性,尤其是不可直接观测心理潜变量的测量题项的设置,多以组合信度(composite reliability, CR)和平均方差抽取量

(average variance extracted, AVE)为检验指标,评价标准为 CR 大于 0.7、AVE 大于 0.5。由表 3 可知:Cronbach's α 系数和 KMO 值均符合标准;除 PBC 外所有潜变量的 CR 和 AVE 均符合要求。整体来看,所获数据的可信度较好,可进行建模分析。

表 3 数据检验指标

潜变量	Cronbach's α 系数	KMO	CR	AVE
PBC	0.672	0.651	0.65	0.48
SN	0.794	0.697	0.80	0.57
ATT	0.908	0.939	0.80	0.57
HAB	0.814	0.712	0.81	0.59
FX	0.778	0.699	0.77	0.53
PCT	0.813	0.781	0.79	0.55
INT	0.835	0.723	0.83	0.63

2 模型理论基础

本文通过构建混合选择模型探究共享电动汽车出行地点的选择行为。混合选择模型由潜变量模型和离散选择模型组成,基本框架如图 1 所示。潜变量模型通过测量变量来量化潜变量,离散选择模型将量化后的潜变量作为解释变量的一部分构建效用函数。本研究采用潜变量模型中的多指标多原因模型和离散选择模型中的混合 Logit 模型,构建混合选择模型探究共享电动汽车出行地点选择行为。

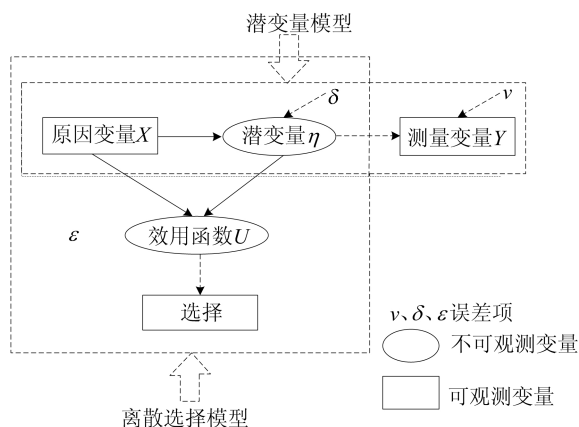


图 1 混合选择模型框架

2.1 多指标多原因模型

多指标多原因模型假设潜变量与测量变量之间以及潜变量与原因变量之间存在线性关系。多指标模型通过测量方程对潜变量进行验证性因子分析。多原因模型通过结构方程探究个人社会经

济属性对潜变量的影响,表达式分别如下:

$$Y = \Lambda\eta + \nu, \quad \nu \sim N(0, \sigma_1) \quad (1)$$

其中: Y 为测量变量; η 为潜变量; Λ 为因子载荷系数; ν 为误差项,服从多元正态分布。

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

其中: 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。

2.2 混合 Logit 模型

离散选择模型中的混合 Logit 模型在探究居民出行选择行为时可以充分考虑出行者的异质性。混合 Logit 模型以随机效用最大化为理论基础,即出行者总是选择对自身效用最大的选项,且效用函数通常表达成线性形式,具体如下:

$$U_{ni} = V_{ni} + \epsilon_{ni} = \beta X_{ni} + \epsilon_{ni} \quad (3)$$

其中: U_{ni} 为个体 n 选择选项 i 效用; V_{ni} 为效用函数的固定项; ϵ_{ni} 为效用函数的随机项,服从独立同 Gumbel 分布; β 为待估计的参数向量; X_{ni} 为出行方式 i 的解释变量向量。

混合 Logit 模型中待估计参数 β 是一个随机变量,可以服从正态分布、对数正态分布、均匀分布等,表示不同个体的偏好差异程度。混合 Logit 模型给出的出行者 n 选择选项 i 的概率可看作在不同 β 值下选择概率的加权平均值,即

$$P_{ni} = \int \frac{\exp(\beta X_{ni})}{\sum_j \exp(\beta X_{nj})} f(\beta | \theta) d\beta \quad (4)$$

其中: P_{ni} 为出行者 n 选择选项 i 的概率; $f(\beta | \theta)$ 为概率密度函数,决定权重系数; θ 为某种概率密度函数的未知参数,如果该函数为正态分布时,那么 θ 为函数的均值、方差,可通过最大似然法进行估计。

3 模型构建及结果分析

基于检验后的数据,本文通过建立多指标多原因模型量化潜变量,并将其纳入混合 Logit 模型构建混合选择模型。

3.1 多指标多原因模型分析

本文通过多指标多原因模型估计潜变量的适配值,并探究个人社会经济属性对潜变量的影响。模型的拟合指标见表 4 所列。通过比较拟合值与标准值可知,所建模型拟合效果良好。

表 4 模型拟合指标结果

指标	GFI	NFI	AGFI	CFI	NC	RMSEA
拟合值	0.945	0.940	0.926	0.945	2.8	0.049
标准值	>0.900			1.0~3.0 <0.050		

多指标多原因模型中测量方程的估计结果见表 5 所列,由此对因子载荷系数进行标准化处理,作为各测量变量的权重系数,进而得到潜变量的适配值计算公式。

表 5 潜变量的测量指标估计及适配公式

测量变量	因子载荷系数	潜变量的适配公式
PBC1	0.693***	$\eta_{PBC} = 0.50P_{BC1} + 0.50P_{BC2}$
PBC2	0.696***	
SN1	0.697***	$\eta_{SN} = 0.31S_{N1} + 0.33S_{N2} + 0.36S_{N3}$
SN2	0.751***	
SN3	0.809***	
ATT1	0.808***	$\eta_{ATT} = 0.36A_{TT1} + 0.30A_{TT2} + 0.34A_{TT3}$
ATT2	0.679***	
ATT3	0.764***	
HAB1	0.737***	$\eta_{HAB} = 0.32H_{AB1} + 0.33H_{AB2} + 0.35H_{AB3}$
HAB2	0.759***	
HAB3	0.802***	
FX1	0.724***	$\eta_{FX} = 0.33F_{X1} + 0.33F_{X2} + 0.34F_{X3}$
FX2	0.709***	
FX3	0.748***	
PCT1	0.696***	$\eta_{PCT} = 0.31P_{CT1} + 0.33P_{CT2} + 0.35P_{CT3}$
PCT2	0.743***	
PCT3	0.787***	
INT1	0.775***	$\eta_{INT} = 0.33I_{NT1} + 0.33I_{NT2} + 0.34I_{NT3}$
INT2	0.786***	
INT3	0.814***	

注: *** 表示 $P < 0.01$ 。

多指标多原因模型中结构方程的估计结果见表 6 所列。

由表 6 可知:个体的性别对知觉行为控制、主观规范、习惯、个人碳交易及行为意向均存在显著正影响,表明女性对自身是否可以完成出行有更清楚地认知,同时其选择行为容易受到外界、自身习惯和个人碳交易政策的影响;年龄越大的群体,对共享电动汽车的使用意向越强烈;学历越高的群体,具有越高的知觉行为控制、主观规范、习惯、风险、个人碳交易和行为意向;没有私家车的群体有更强的知觉行为控制,与该群体使用共享电动汽车的机会较多有关,有私家车的群体对共享电动汽车持积极态度;驾龄越长的群体,具有越高的知觉行为控制、态度、风险和个人碳交易;相较于企业人员,个体经营者、公职人员及学生对共享电动汽车有更强的知觉行为控制,表明其可以更清楚地感知到使用共享电动汽车的难易程度;常用私家车、地铁、出租车/网约车出行的群体有较弱的共享电动汽车使用意向。

表 6 个人社会经济属性与潜变量之间的标准化路径系数及显著性

潜变量	知觉行为控制	主观规范	接受态度	习惯	风险	个人碳交易	行为意向
性别	0.16**	0.15*	—	0.17**	—	0.11*	0.22***
年龄	—	—	—	—	—	—	0.06*
学历	0.17**	0.09*	—	0.13**	0.14***	0.13**	0.11**
无车	0.16**	—	-0.16*	—	—	—	—
驾龄	0.09**	—	0.15***	—	0.09**	0.13***	—
公职人员	0.35**	—	—	—	—	—	—
学生	0.33*	—	—	—	—	—	—
个体经营者	0.50***	—	—	0.33*	—	—	—
常用私家车	—	—	—	—	—	—	-0.68**
常用地铁	—	—	—	—	—	—	-0.59**
常用出租车/网约车	—	—	-0.54*	-0.55*	-0.60**	-0.47*	-0.68**

注: * 表示 $P < 0.10$; ** 表示 $P < 0.05$; *** 代表 $P < 0.01$; — 表示不显著。下同。

3.2 混合选择模型分析

为分析潜变量对模型解释能力的影响,本文分别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,以 B 类商场为参照项,将商场属性、公交线路数量、地铁站点数量及停车场数

量设置为随机变量,参数估计和检验结果见表 7 所列。表 7 中:评价模型拟合度采用赤池信息准则(Akaike information criterion, AIC)和贝叶斯信息准则(Bayesian information criterion, BIC)指标进行评价,越小则表示模型拟合度越好。

表 7 模型参数估计结果

指标	变量	描述	不考虑潜变量的混合 Logit 模型		考虑潜变量的混合选择模型	
			A 类商场	C 类商场	A 类商场	C 类商场
均值	age1	18~25 岁	1.557**	2.065***	1.704**	2.152***
	age2	26~30 岁	1.392***	—	1.557**	—
	occ2	公职人员	—	-1.056***	—	-1.123***
	occ3	学生	-0.913*	-1.696**	-0.849*	-1.620**
	edu3	本科/大专	-0.593**	-0.633**	-0.686**	-0.625**
	incl1	5 000 元以下	—	-1.426**	—	-1.496**
	inc4	20 000 元以上	-0.875*	—	-1.036**	—
	owncar	—	-0.548**	0.569**	-0.437*	0.558**
	highdyear	6 a 及以上	—	0.614**	—	0.573*
	PBC	—	—	—	—	0.293**
	FX	—	—	—	0.259*	—
	SN	—	—	—	0.310**	—
	INT	—	—	—	0.212*	0.419***
	PCT	—	—	—	-0.330**	-0.487**
	标准差	park	—	—	—	0.122***
substa		—	—	—	-0.142**	-0.156**
mall		—	—	—	0.166***	0.220***
协方差	park	—	0.039**	—	0.050**	—
	substa	—	1.101*	—	1.385*	—
	mall	—	0.081**	—	0.101**	—
评价指标	park&substa	—	0.146	—	0.182	—
	park&mall	—	0.056***	—	0.070**	—
	substa&mall	—	0.233**	—	0.090**	—
评价指标	AIC	—	1 920.875	—	1 814.328	—
	BIC	—	2 151.276	—	2 080.294	—

由表 7 可知,考虑潜变量的混合选择模型的 AIC 和 BIC 均小于不考虑潜变量的混合 Logit 模型,表明潜变量的引入可以增强模型的解释能力。年龄、职业、学历、收入、是否有车及驾龄均对

共享电动汽车出行地点选择行为存在显著影响,而性别、人口来源及常用出行方式对其无显著影响。相较于 B 类商场,18~50 岁、无私家车的群体倾向于选择使用共享电动汽车到 A 类商场进

行消费,可能是由于A类商场出行距离较短,可以降低无车的青中年群体对共享电动汽车的驾驶风险和里程焦虑;学生、大专/本科、月收入为20 000元以上的群体不倾向于选择共享电动汽车到A类商场,一方面可能是由于高收入群体和学生群体的休闲娱乐需求更加多样化,另一方面可能是由于A类商场所处区域的出行需求量较大,增加了取还车的不便程度;有私家车、驾龄较长的群体更倾向于选择C类商场,可能是由于C类大型商场通常位置较偏远,商场周边充足的停车场数量为共享电动汽车的停放提供了便利,也符合共享电动汽车多服务于中长距离出行的特点^[14];公职人员、学生、大专/本科、月收入为5 000元以下的群体不倾向于选择共享电动汽车到C类商场消费,可能是由于低收入群体认为使用共享电动汽车进行中长距离出行的成本和商场本身的消费水平过高。

风险、主观规范、知觉行为控制、行为意向及个人碳交易均对共享电动汽车出行地点的选择行为存在显著影响。对驾驶共享电动汽车存在风险的可接受度越高、主观规范和行为意向越强,越倾向于选择A类商场,可能是由于A类商场多处于市中心,发达的公共交通和较短的出行距离降低了公众对新兴交通工具的风险感知,同时增强了对共享电动汽车的接受意向;对共享电动汽车的知觉行为控制越强,则更倾向于选择C类商场,可能是由于知觉行为控制越强的群体,对使用共享电动汽车完成较长距离的出行有更清楚的认知,且C类商场周边便利的停车条件也对其具有较大的吸引力;而对个人碳交易政策的接受程度越强,越不倾向于选择A、C两类商场,可能原因如下:对于公共交通发达的A类商场,步行或公共交通显然比共享电动汽车更为低碳环保;而对于公共交通不便利的C类商场,个人碳交易政策的实施将直接影响使用小汽车到达该类商场的人群。

随机变量的均值在统计学上具有意义,停车场的数量、商场属性对共享电动汽车出行地点选择行为存在显著的正向影响,表明公众更倾向于使用共享电动汽车到停车便利、休闲娱乐项目多样化的商场出行;地铁站点数量则对共享电动汽车出行地点选择行为存在负向影响,表明地铁与共享电动汽车之间存在一定的竞争关系,与已有研究结论相符^[16];公交线路的影响并不显著,可能与居民休闲出行时不会选择舒适度较差的公交

有关。

随机变量的标准差同样具有统计学意义,即居民对各选择地点属性存在不同的偏好。由表7可知,居民对商场附近地铁站数量的偏好差异最大,其次为商场自身属性,停车场数量的偏好差异最小。地铁作为城市内部主要出行工具,其使用者涉及到各个年龄、各个收入水平、各个职业的不同群体,偏好差异性较大;而充足的停车场数量是共享电动汽车发展的必要条件,公众的偏好差异性较小。

随机变量的协方差具有统计学意义,表明各属性之间存在一定的相关性。商场属性与停车场数量之间存在相关性,商场服务项目越多样化,所配备的停车资源应越丰富;商场属性与地铁站点数量之间也有一定的相关性,休闲娱乐项目多样化的大型商场应配备发达的地铁网络满足大客流出行的需求。由于成本资源限制和规划建设周期较长,满足大型商场出行所需的地铁网络很难在短期内建设完成,根据商场属性与停车场数量、地铁站点数量之间的关系,可将共享电动汽车作为一种过渡方式,尽可能以有限的资源高效地满足多样化的出行需求。停车场数量与地铁站点数量无显著联系,可能是由于两者代表2种不同类型的出行方式,停车场主要服务于小汽车出行群体,而地铁主要服务于公共交通出行群体。

4 结 论

本文研究共享电动汽车的需求分布机理,以计划行为理论为基础,引入个人碳交易、习惯、风险等潜变量分析了使用共享电动汽车休闲娱乐出行时的地点选择行为。首先构建多指标多原因模型量化潜变量并探究了个人社会经济属性对各潜变量的影响机理;其次通过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共享电动汽车出行地点的选择行为,得出如下主要结论以及对政府和企业提升共享电动汽车竞争力的相关建议。

1) 个人碳交易、风险、主观规范、知觉行为控制及行为意向等心理因素均对共享电动汽车休闲娱乐出行时出行地点的选择行为有显著影响。此外,年龄、学历、职业、驾龄及是否有车等个人社会属性不仅影响共享电动汽车出行地点选择行为,而且也会影响居民的主观心理。因此,为增强共享电动汽车的竞争力,一方面可从提高居民对共享电动汽车的风险、主观规范、知觉行为控制及行

为意向等方面着手,政府通过发挥引导和监督作用,在宣传共享电动汽车便捷、环保等特性的基础上,制定个人碳交易等政策,同时协助与监督企业提高共享电动汽车的服务水平,从而提高外界环境对居民行为的规范作用、降低居民使用过程中的感知风险或预期面临的阻力,进一步影响居民的出行方式选择行为;另一方面可针对特殊人群量身定制适当的使用套餐来提高共享电动汽车的使用意向,如对企业人员的通勤或商务出行制定有吸引力的共享电动汽车服务套餐。

2) 当使用共享电动汽车休闲娱乐出行时,停车场数量、商场属性对出行地点的选择行为有正向影响,地铁站数量为负向影响,同时商场属性与停车场数量、地铁站数量之间存在相关性。因此,为兼顾出行低碳化和需求多样化的现实需求,可为不同类型的商场配套不同的公共交通和停车资源,如位于较偏远区域、休闲娱乐项目多样化的大型商场,政府可在其附近增设共享电动汽车站点,结合地铁网络,满足大量、中长距离且多样化的休闲娱乐出行需求;而对位于市中心且建设规模和可用土地资源受限的中小型商场,政府可助力企业将部分停车位改建为共享电动汽车站点,适当限制私家车的出行,满足低碳化出行需求。

本研究仅探讨了共享电动汽车休闲娱乐出行时的地点选择行为,且初步选取了与出行地点相关的属性因素,后续可考虑利用兴趣点等地理信息描述各出行地点的相关属性,进而探究不同出行目的下共享电动汽车需求分布的形成机理。

[参 考 文 献]

- [1] SCHLUETER J, WEYER J. Car sharing as a means to raise acceptance of electric vehicles; an empirical study on regime change in automobility[J]. *Transportation Research*, 2019, 60(6): 185-201.
- [2] MARTIN E, SHANEEN S A, LIDJCKER J. Impact of car-sharing on household vehicle holdings; results from North American shared-use vehicle survey[J]. *Transportation Research Record*, 2010, 2143(1): 150-158.
- [3] NIJLAND H, MEERKERK J V. Mobility and environmental impacts of car sharing in the Netherlands[J]. *Environmental Innovation & Societal Transitions*, 2017, 23(6): 84-91.
- [4] VINE S L, POLAK J. The impact of free-floating carsharing on car ownership: early-stage findings from London[J]. *Transport Policy*, 2017, 75(3): 119-127.
- [5] YIN Y, WANG H, XIONG J, et al. Estimation of optimum supply of shared cars based on personal travel behaviors in condition of minimum energy consumption[J]. *Environment, Development and Sustainability*, 2021, 23: 13324-13339.
- [6] 刘向,董德存,王宁,等. 基于 Nested Logit 的电动汽车分时租赁选择行为分析[J]. *同济大学学报(自然科学版)*, 2019, 47(1): 47-55.
- [7] KIM J, RASOULI S, TIMMERMANS H J P. The effects of activity-travel context and individual attitudes on car-sharing decisions under travel time uncertainty: a hybrid choice modeling approach[J]. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 2017, 56(10): 189-202.
- [8] AJZEN I. The theory of planned behavior[J]. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 1991, 50(2): 176-211.
- [9] JING P, WANG J, CHEN L, et al. Incorporating the extended theory of planned behavior in a school travel mode choice model: a case study of Shaoxing, China[J]. *Transportation Planning & Technology*, 2018, 41(2): 119-131.
- [10] LO S H, VAN BREUKELEN G J P, PETERS G J Y, et al. Proenvironmental travel behavior among office workers: a qualitative study of individual and organizational determinants[J]. *Transportation Research Part A: Policy & Practice*, 2013, 56(4): 11-22.
- [11] 赵敏,王善勇. 电动汽车共享的使用意向研究[J]. *大连理工大学学报(社会科学版)*, 2018, 39(3): 32-38.
- [12] 张余杰,郭宏伟,王武宏,等. 基于计划行为理论的电动汽车共享服务接受意愿研究[J]. *道路交通与安全*, 2015, 15(4): 25-31.
- [13] 鞠鹏,周晶,陈星光,等. 基于 TAM 和 TPB 整合模型的汽车共享使用意向研究[J]. *管理现代化*, 2016, 36(4): 82-85.
- [14] 陈小鸿,成嘉琪,叶建红,等. 共享汽车用户及出行时空特征分析[J]. *同济大学学报(自然科学版)*, 2018, 46(6): 796-803.
- [15] 余静财,李文权,王顺超,等. 共享电动汽车选择行为分析[J]. *东南大学学报(自然科学版)*, 2021, 51(1): 153-160.
- [16] 孙立山,王顺超,罗薇,等. 基于用地分布特征的共享汽车需求估计模型[J]. *重庆交通大学学报(自然科学版)*, 2020, 39(5): 1-6.

(责任编辑 李 凯)