

文章编号:1005-0523(2021)06-0073-07



基于分层线性模型的电动汽车分时租赁偏好分析

杨亚琛,路超杰,胡小海

(重庆交通大学交通运输学院,重庆 400074)

摘要:通过调查获取顾客对拥有不同便捷性、经济性等特征的电动汽车分时租赁产品的评价数据,分析影响电动汽车分时租赁产品吸引力的因素。基于联合分析法,运用顾客的评价数据,建立分层线性模型分析电动汽车分时租赁产品吸引力与自身产品属性、顾客特征之间的关系,得出不同顾客的偏好结构。结果表明:价格变量对方差的解释力达13.6%;用车前找车时间变量和用车后还车方式变量对方差的解释力分别为6.2%和2.1%;相对于便捷性,经济性对使用过分时租赁车辆人群的影响在1%的显著性水平下显著;相对于经济性,便捷性对拥有一份全职工作的人群的影响在10%的显著性水平下显著。

关键词:顾客偏好;联合分析;分时租赁;电动汽车;分层线性模型

中图分类号:U491

文献标志码:A

本文引用格式:杨亚琛,路超杰,胡小海.基于分层线性模型的电动汽车分时租赁偏好分析[J].华东交通大学学报,2021,38(5):73-79.

DOI:10.16749/j.cnki.jecjtu.20211210.001

Car-Sharing Preference Analysis of Electric Vehicles Based on Hierarchical Linear Model

Yang Yazao, Lu Chaojie, Hu Xiaohai

(College of Traffic & Transportation, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China)

Abstract: Through the survey, customers' evaluation data on car-sharing products of electric vehicles with different convenience and economy characteristics were obtained, and the factors affecting the attractiveness of car-sharing products of electric vehicles were analyzed. Based on the joint analysis method and the evaluation data of customers, a hierarchical linear model was established to analyze the relationship between the attractiveness of electric vehicle car-sharing products, its own product attributes and customer characteristics, and the preference structure of different customers was obtained. The results show that the explanatory power of price variables is 13.6%. The explanatory power of finding the car before using the car and returning the car after using the car were 6.2% and 2.1% respectively. Compared with convenience, the effect of economy on people who lease vehicles when overuse is significant at the significance level of 1%. The impact of convenience on people with a full-time job, as opposed to economy, is significant at the 10% significance level.

Key words: customer preference; conjoint analysis; car-sharing; electric vehicles; hierarchical linear model

Citation format: YANG Y Z, LU C J, HU X H. Car-sharing preference analysis of electric vehicles based on hierarchical linear model[J]. Journal of East China Jiaotong University, 2021, 38(5): 73-79.

电动汽车推广是缓解能源危机和环境污染的有效手段,是实现低碳减排、绿色发展的重要途径。从

2013年开始,分时租赁已成为电动汽车推广的主要方式^[1]。据国家信息中心分享经济研究中心发布的《中国

收稿日期:2021-04-21

基金项目:国家社会科学基金西部项目(17XGL009);教育部人文社会科学基金项目(17YJCZH220, 17YJA630079)

表 1 变量描述
Tab.1 Variable description

Variables		Value
Level-1	T/min	10, 20, 30
	$C/(\text{yuan}/\text{min})$	0.4, 0.8, 1.2
	M/km	150, 300, 450
	R	Public parking: 1, car rental outlets: 2
	Y	1~6
Level-2	Occupation U	Full-time: 1, freelancer: 2, non-worker (student, retired, etc.): 3
	Experience of using P	Never used: 0, ever used: 1
	Environmental consciousness E	Mean of measurement indexes
	Financial awareness F	Mean of measurement indexes
	Sociability S	Mean of measurement indexes

汽车分时租赁市场年度综合分析 2019》, 分时租赁市场中电动汽车投放超过 8 万辆, 月活跃用户超过 130 万, 人均单日使用时长超过 13 min。从消费的角度研究顾客的选择偏好, 对于推动供给侧改革, 实现经济增长与生态文明协同发展^[2], 促进电动汽车分时租赁行业的发展, 具有积极的理论和现实意义。

对于电动汽车分时租赁的研究主要集中在商业模式^[3]、顾客使用意向^[4-6]、产品定价策略^[7]、网点布局和车辆调度优化^[8-9]等方面, 鲜有研究关注顾客的偏好分析。联合分析法是一种有效分析顾客偏好的工具, 能更加深入了解顾客使用和购买产品的权衡行为^[10-11]。分层线性模型可以同时考虑产品属性和顾客特征存在的差异, 明确表示出拥有不同特征的顾客群体对产品属性偏好变化的情况, 可以对不同层级的嵌套结构变量进行数学统计分析, 有效地解释不同层面的变量对研究对象的关系和作用^[12]。当数据存在于不同层级时, 可以使用分层线性模型, 先以第 1 层级的变量建立回归方程, 然后把该方程中的截距和斜率作为因变量, 使用第 2 层级数据中的变量作为自变量, 再建立新的方程^[13]。

本研究运用正交设计确定租赁商产品轮廓, 通过问卷调查获取顾客对租赁商产品吸引力的评价数据, 建立租赁商和顾客 2 个层面的分层线性模型, 结合租赁商产品属性和顾客特征分析顾客的偏好。

1 模型构建及变量选取

1.1 变量选择及描述

文献[6]的研究结果表明, 电动汽车分时租赁需

要解决的首要问题是便捷性, 经济性是其需要保持的重要优势, 同时车辆的续航里程还有待提高。据此租赁商层选取便捷性、经济性和车辆续航里程 3 个变量。便捷性通过用车前的找车时间和用车后的还车方式来反映, 经济性通过用车价格来反映, 取值范围根据电动汽车分时租赁头部平台 EVCARD 的现有水平确定。

Peugh^[14]在分层线性模型中, 用 P_{RV} 表示变量的效应值, 具体的变量选取和取值方法见表 1。Cohen 对于 P_{RV} 小于 0.02 的变量, 其解释效应可以忽略。具有解释效应的变量输出结果见表 2 (为了清晰起见, 对效应值不显著的变量不加以列举)。

表 2 方差减少比例值
Tab.2 Proportion reduction in variance

Variables		P_{RV}
Level-1	T/min	6.2
	$C/(\text{yuan}/\text{min})$	13.6
	R	2.1
Level-2	Occupation U	2.8
	Experience of using P	4.1
	Environmental consciousness E	16.7
	Financial awareness F	24.7
	Sociability S	24.8

P_{RV} 的计算公式如下

$$P_{RV}=(v_{NoPredictor}-v_{Predictor})/v_{NoPredictor} \quad (1)$$

式中: $v_{NoPredictor}$ 为未加入解释变量的方差值; $v_{Predictor}$ 为加入变量后的方差值。

1.2 模型表达

模型可表达为

Level-1 model:

$$Y_{ij}=\beta_{0j}+\sum_{i=1}^n\beta_{ij}X_{ij}+\varepsilon_{ij} \quad (2)$$

Level-2 model:

$$\beta_{ij}=\gamma_{i0}+\sum_{j=1}^m\gamma_{ij}Z_j+\mu_{ij} \quad (3)$$

式中: X_{ij} 为租赁商层面变量; β_{ij} 为其对应的回归系数; Z_j 为顾客层面变量; γ_{ij} 为对应的回归系数; Y_{ij} 为第*j*个顾客对第*i*个租赁商的吸引力评价; β_{0j} 和 ε_{ij} 分别为第1层模型的截距和随机项; γ_{i0} 和 μ_{ij} 分别为顾客特征变量对 β_{ij} 影响的截距和随机成分。

2 问卷设计

2.1 问卷结构

问卷的第1部分是对受访者的驾驶资质和出行需求等情况进行调查。第2部分是有关人口统计学信息的问题。第3部分包含3个心理变量及相对应的测试题,本研究根据最新研究成果选取具有代表性的变量及测试题项。Hjortset 对于汽车分时租赁用户使用意愿的研究以及 Globisch 对于电动汽车使用意愿的研究结果都显示人们的环保意识会对使用电动汽车产品的意愿产生显著影响^[15-16];Hjortset 发现人们消费时对于金钱的敏感度也会显著影响使用汽车分时租赁产品的意愿,王保乾的研究结果也表明,货币成本是使用电动汽车分时租赁的一个重要影响因素^[4];善于交际(being sociable)这一变量选取在 Hjortset 的研究中被提出,虽然在其研究中没有显著影响,但是作为一个新的研究角度也将其纳入其中。综上所述,本研究选取的3个变量及其测试题项个数分别为:环保意识(*N*)5个问题、成本意识(*F*)3个问题、社交意识(*S*)3个问题。第4部分是对9个给定的代表性租赁商进行评价。凭借李克特6分量表来评价每个租赁商产品的吸引力,其范围从“非常没有吸引力”至“非常有吸引力”,分别赋值1~6。

2.2 数据收集及样本描述性统计

采取线下和线上相结合的方式在重庆市进行

问卷调查。线下调查坚持随机抽样原则,主要在EVCARD 停车网点和高校、商圈、轻轨站等人流多的地方选择受访者;线上调查IP地址限定为重庆市,答题机会限制为1次,随机邀请受访者填写网络调查问卷,得到有效问卷297份。受访者中,男性占56.2%,女性占43.8%;85%的受访者年龄在18~40岁;月收入分布较为均匀;在受教育程度方面,大专及以上学历占比达到72%,本科及以上学历占比49%;职业主要为普通职员、企业管理者、学生和自由职业人员,占比达到72%。该样本结果能够代表电动汽车分时租赁用户群体。

2.3 信度和效度检验

为确保调查问卷及所回收数据的稳定程度及可靠性,在进行数据分析之前对回收的样本数据进行信度分析,其中成本意识的 Cronbach's Alpha 系数小于0.7,表示有些题项需要剔除。

本研究用 AMOS 24.0 软件进行验证性因子分析(CFA),各测量指标的因子载荷量如表3所示。可以看到 *F3* 的值为 $0.489 < 0.5$,将其剔除。因为环保意识和社交意识的指标中只有 *E1* 和 *S3* 小于0.7,若将其一起剔除,从表4可以看出整体拟合效果显著提高,故剔除 *E1*, *F3*, *S3* 的值。

表3 样本数据信度及效度检验
Tab.3 Reliability and validity of sample data

Variables	Items	Cronbach's Alpha	Factor loading
Environmental consciousness	<i>E1</i>	0.840	0.667
	<i>E2</i>		0.717
	<i>E3</i>		0.716
	<i>E4</i>		0.750
	<i>E5</i>		0.738
Financial awareness	<i>F1</i>	0.549	0.589
	<i>F2</i>		0.566
	<i>F3</i>		0.489
Sociability	<i>S1</i>	0.732	0.742
	<i>S2</i>		0.701
	<i>S3</i>		0.624

表4 CFA的整体拟合结果
Tab.4 Results of CFA for global fit

Model	X2/df	RMSEA	CFI	PClose
Initial model	2.908	0.080	0.926	0.002
Modified model	2.134	0.062	0.973	0.219

3 数据分析

3.1 可行性分析

使用分层线性模型,需要建立零模型进行可行性分析。其它子模型的建立都是基于零模型之上。零模型形式设定如下

Level-1 model:

$$Y_{ij} = \beta_{0j} + r_{ij} \quad (4)$$

Level-2 model:

$$\beta_{0j} = \gamma_{00} + \mu_{0j} \quad (5)$$

从表5可以看出,每个顾客评分的组内变异为1.114,组间变异为0.671,算出的组内相关系数数值为0.3759,代表顾客之间差异占总差异的30.59%,属于高度关联程度,组间差异无法忽略。为了研究影响评分的因素,依次引入各层次的变量,建立不同的模型来考察租赁商产品属性和顾客特征对租赁商产品吸引力的影响。

根据Peugh建议,需要对观测值进行组均值中心化($X_{ij} - \bar{X}_j$)和总均值中心化($X_{ij} - \bar{X}$)处理。

表5 零模型的参数估计与检验结果
Tab.5 Parameter estimation and test results of unconditional model

Variables	Parameters	Unconditional model
Mean value	β_0	
Intercept	γ_{00}	4.145*** (0.051)
Between all customers (level-2)	τ_{00}	0.671***
Among each customer (level-1)	σ^2	1.114
Deviance		8 431.104

Note:*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$.

3.2 协方差模型设计与结果分析

协方差模型主要考察租赁商层次的变量对评分(Y)的影响,它在空模型的基础上,在Level-1模型中引入产品属性解释变量:取车时间(T)、用车价格(C)、还车方式(R)。建模如下

Level-1 model:

$$Y_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{1j}(T_{ij} - \bar{T}_j) + \beta_{2j}(C_{ij} - \bar{C}_j) + \beta_{3j}R_{ij} + r_{ij} \quad (6)$$

Level-2 model:

$$\beta_{0j} = \gamma_{00} + \mu_{0j} \quad (7)$$

$$\beta_{1j} = \gamma_{10} \quad (8)$$

$$\beta_{2j} = \gamma_{20} \quad (9)$$

$$\beta_{3j} = \gamma_{30} \quad (10)$$

运用HLM软件进行分析,表6显示2个模型所估计出来的截距项相近,在固定效应的回归系数方面,协方差模型的斜率均达到显著水平。第1层误差项的方差,零模型为0.114,而协方差模型为1.032。相比较之下,协方差模型的数据匹配度要优于零模型。

表6 零模型与协方差模型比较

Tab.6 Comparison of unconditional model and ANVOCA model

Variables	Parameters	Unconditional model	ANVOCA model
Mean value	β_{0j}		
Intercept	γ_{00}		3.967*** (0.085)
Slope model of time	β_{1j}		
Fixed effect	Intercept	γ_{10}	-0.012*** (0.002)
	Slope model of price	β_{2j}	4.145*** (0.051)
	Intercept	γ_{20}	-0.709*** (0.078)
	Slope model of return	β_{3j}	
	Intercept	γ_{30}	0.114*** (0.041)
Variance component	Between all customers (level-2)	τ_{00}	0.671***
	Among each customer (level-1)	σ^2	1.114
	Deviance		8 431.104
			8 261.940

Note:*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$.

协方差模型的回归结果显示,价格是影响评分的主要因素,价格越高,评分越低。便捷性对评分的

影响不可忽视:找车时间越长,顾客给出的分值越低;相比较于缴纳调度费用在社会公共车位还车,人们更倾向于选择商家网点还车这种方式。

3.3 截距模型设计与结果分析

截距模型假设没有第 1 层产品属性的影响,仅从顾客特征解释评分水平的差异。模型如下

Level-1 model:

$$Y_{ij}=\beta_0+r_{ij} \quad (11)$$

Level-2 model:

$$\beta_0=\gamma_{00}+\gamma_{01}U_j+\gamma_{02}P_j+\gamma_{03}(E_j-\bar{E})+\gamma_{04}(F_j-\bar{F})+\gamma_{05}(S_j-\bar{S})+\mu_{0j} \quad (12)$$

截距模型回归结果见表 7。第 2 层变量中职业

的回归系数为 0.112,表明自由职业者的人均评分要比无职业者(学生、退休人群等)的人均评分高,拥有一份全职工作的人群的人均评分比自由职业者的评分高。用车经验的回归系数为 0.188,表明使用过分时租赁汽车的人群的人均评分要比未使用过的人群高。环境意识等级每提高 1 点,人均评分就会提高 0.13 点;成本意识等级每提高 1 点,人均评分就会提高 0.22 点;环境意识等级每提高 1 点,人均评分就会提高 0.29 点。在顾客差异解释后,其平均评分的残差项方差由零模型的 0.671 降为 0.428,下降 36.2%,意味着引入第 2 层自变量对第 1 次层截距项的变异程度具有相当的解释力。

表 7 零模型与截距模型比较

Tab.7 Comparison of unconditional model and intercept model

	Variables	Parameters	Unconditional model	Intercept model
	Mean value	β_0		
	Intercept	γ_{00}		3.569*** (0.194)
	Occupation	γ_{01}		0.112** (0.048)
Fixed effect	Experience of using	γ_{02}	4.145*** (0.051)	0.188* (0.101)
	Environmental consciousness	γ_{03}		0.134* (0.069)
	Financial awareness	γ_{04}		0.222*** (0.059)
	Sociability	γ_{05}		0.289*** (0.071)
	Between all customers (level-2)	τ_{00}	0.671***	0.428***
Variance component	Among each customer (level-1)	σ^2	1.114	1.114
	Deviance		8 431.104	8 335.165

Note:*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$.

3.4 情境模型和完整模型设计与结果分析

情境模型和完整模型可以共同考察租赁商产品属性差异和顾客特征差异对评分水平的综合影响,结果见表 8。情境模型设定如下

Level-1 model:

$$Y_{ij}=\beta_0+\beta_{1j}(T_{ij}-\bar{T}_j)+\beta_{2j}(C_{ij}-\bar{C}_j)+\beta_{3j}R_{ij}+r_{ij} \quad (13)$$

Level-2 model:

$$\beta_0=\gamma_{00}+\gamma_{01}U_j+\gamma_{02}P_j+\gamma_{03}(E_j-\bar{E})+\gamma_{04}(F_j-\bar{F})+\gamma_{05}(S_j-\bar{S})+\mu_{0j} \quad (14)$$

$$\beta_{1j}=\gamma_{10}+\mu_{1j} \quad (15)$$

$$\beta_{2j}=\gamma_{20}+\mu_{2j} \quad (16)$$

$$\beta_{3j}=\gamma_{30}+\mu_{3j} \quad (17)$$

选用情境变量作为第 2 层回归模式的自变量,分析产品属性、顾客特征对评分水平的直接影响,同时考察跨层级自变量的交互作用对评分水平

影响。完整模型设定如下

Level-1 model:

$$Y_{ij}=\beta_0+\beta_{1j}(T_{ij}-\bar{T}_j)+\beta_{2j}(C_{ij}-\bar{C}_j)+\beta_{3j}R_{ij}+r_{ij} \quad (18)$$

Level-2 model:

$$\beta_{1j}=\gamma_{10}+\gamma_{11}U_j+\gamma_{12}P_j+\gamma_{13}(E_j-\bar{E})+\gamma_{14}(F_j-\bar{F})+\gamma_{15}(S_j-\bar{S})+\mu_{1j} \quad (19)$$

$$\beta_{2j}=\gamma_{20}+\gamma_{21}U_j+\gamma_{22}P_j+\gamma_{23}(E_j-\bar{E})+\gamma_{24}(F_j-\bar{F})+\gamma_{25}(S_j-\bar{S})+\mu_{2j} \quad (20)$$

$$\beta_{3j}=\gamma_{30}+\gamma_{31}U_j+\gamma_{32}P_j+\gamma_{33}(E_j-\bar{E})+\gamma_{34}(F_j-\bar{F})+\gamma_{35}(S_j-\bar{S})+\mu_{3j} \quad (21)$$

$$\beta_{4j}=\gamma_{40}+\gamma_{41}U_j+\gamma_{42}P_j+\gamma_{43}(E_j-\bar{E})+\gamma_{44}(F_j-\bar{F})+\gamma_{45}(S_j-\bar{S})+\mu_{4j} \quad (22)$$

从表 8 分析结果来看,在随机效应方面,对比方差成分可以看出情境模型对于数据的解释效力明显好于协方差模型。职业、用车经验、环保意识、

表8 协方差模型、情境模型与完整模型的比较
Tab.8 Comparison of ANVOCA, situation model and complete model

Variables	Parameters	ANVOCA model	Situation model	Complete model
Mean value	β_0			
Intercept	γ_{00}	3.967*** (0.085)	3.713*** (0.197)	3.907*** (0.334)
Occupation	γ_{01}		0.128** (0.053)	0.263*** (0.093)
Experience of using	γ_{02}		0.107* (0.095)	-0.303* (0.168)
Environmental consciousness	γ_{03}		0.128* (0.073)	0.119 (0.114)
Financial awareness	γ_{04}		0.218*** (0.065)	0.266** (0.117)
Sociability	γ_{05}		0.310*** (0.078)	0.360*** (0.127)
Fixed effect				
Slope of time	β_{1j}			
Intercept	γ_{10}	-0.012*** (0.002)	-0.011*** (0.003)	-0.009 (0.012)
Slope of price	β_{2j}			
Intercept	γ_{20}	-0.709*** (0.078)	-0.699*** (0.084)	-0.640* (0.359)
Slope of return	β_{3j}			
Intercept	γ_{30}	0.114*** (0.041)	0.015 (0.041)	-0.151 (0.183)
Occupation	γ_{31}			-0.096** (0.049)
Experience of using	γ_{32}			0.275*** (0.088)
Variance component				
Between all the customers	τ_{00}	0.680***	0.555***	0.458***
Slope of time	τ_{10}		0.001***	0.001***
Slope of price	τ_{20}		0.745***	0.815***
Slope of return	τ_{30}		-	-
Among each customer	σ^2	1.032	1.099	0.847
Deviance		8 261.940	8 378.811	8 080.219

Note:*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$.

成本意识、社交意识的效应显著且明显为正,说明它们可以解释顾客评分水平的差异,并且和评分水平正相关。

从完整模型与情境模型比较来看,完整模型的组间方差下降了17.4%,组内方差下降了22.9%,说明完整模型在所有模型中对信息消费水平最具解释力。另外,完整模型回归结果也显示职业、用车经验和还车方式之间存在明显的跨层级交互作用。

4 结论

运用分层线性模型实证检验影响使用电动汽车分时租赁吸引力的产品属性因素和顾客特征因素,进行了跨层级交互作用分析。

1) 对于使用过分时租赁车辆的人群来说,用车结束后,更倾向于选择在商家网点还车这种方式;

2) 虽然需要收取调度费用,拥有一份全职工作的人群对于在社会公共车位还车这种方式仍表现出了使用需求;

3) 现阶段使用电动汽车分时租赁不会给顾客在心理上造成额外的财务负担,分时租赁已经成为人们参与交际和娱乐的重要出行方式,并有着广泛的市场需求。

参考文献:

- [1] 李苏秀,刘颖琦,Kokko Ari. 中国新能源汽车产业不同阶段商业模式创新特点及案例研究[J]. 经济问题探索,2017,421(8):158-168.
LI S X,LIU Y Q,KOKKO A. Characteristics and case study of business model innovation in different stages of China's new energy vehicle industry[J]. Inquiry into Economic Issues,2017,421(8):158-168.
- [2] 陈志建,周超,康梓澳,等. 环境规制对经济高质量发展影响研究[J]. 华东交通大学学报,2021,38(1):131-135.
CHEN Z J,ZHOU C,KANG Z A, et al. Influence of environmental regulations on high quality economic development[J]. Journal of East China Jiaotong University,2021,38

- (1):131-135.
- [3] 杨宝路,冯相昭.我国共享交通的现状、问题分析与发展建议[J].环境保护,2017,45(24):49-52.
YANG B L,FENG X Z. Present situation and development suggestions on shared traffic in China[J]. Environmental Protection, 2017, 45(24): 49-52.
- [4] 王保乾,邵志颖.基于修正 UTAUT 模型的共享电动汽车市场用户意愿研究[J].软科学,2018,32(11):130-133.
WANG B Q. SHAO Z Y. Research on users' willingness of electric vehicle car-sharing market based on the modified UTAUT model[J]. Soft Science, 2018, 32(11): 130-133.
- [5] 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.
ZHAO M,WANG S Y. Investigating the intention for electric vehicle sharing[J]. Journal of Dalian University of Technology(Social Sciences), 2018, 39(3): 32-38.
- [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.
LIU X,DONG D C,WANG N,et al. Analysis of choices of electric car sharing based on Nested Logit model[J]. Journal of Tongji University(Natural Science), 2019, 47(1): 47-55.
- [7] 杨耀坤,张博,沈万霞.基于规模化电动车分时租赁动态成本效益建模仿真[J].北京工业大学学报,2019,45(1):74-80.
YANG Y K,ZHANG B,SHEN W X. Dynamic cost benefit mathematical modeling and simulation based on large-scale electric vehicle car-sharing[J]. Journal of Beijing University of Technology, 2019, 45(1): 74-80.
- [8] 王宁,郑文晖,刘向,等.基于用户激励的共享电动汽车调度成本优化[J].同济大学学报(自然科学版),2018,46(12):1668-1675.
WANG N,ZHENG W H,LIU X,et al. Relocation cost optimization model of electric vehicle sharing based on user incentive[J]. Journal of Tongji University(Natural Science), 2018, 46(12): 1668-1675.
- [9] 李婷婷,吴建平.广州花都区电动汽车共享服务仿真研究[J].系统仿真学报,2018,30(11):4421-4428.
LI T T,WU J P. Simulation study of EV sharing service in Huadu district Guangzhou[J]. Journal of System Simulation, 2018, 30(11): 4421-4428.
- [10] 韩煜东,刘伟.联合分析法研究综述与展望[J].管理现代化,2011,178(6):29-31.
HAN Y D,LIU W. Review and prospect of conjoint analysis[J]. Modernization of Management, 2011, 178(6): 29-31.
- [11] 王海峰,徐济超,常广庶.运用联合分析确定在顾客满意度调查中测量的服务属性的相对重要性[J].工业工程与管理,2006(2):78-82.
WANG H F,XU J C,CHANG G S. Using conjoint analysis to determine the relative importance of service attributes in survey of customer satisfaction[J]. Industrial Engineering and Management, 2006(2): 78-82.
- [12] 赵丽元,王书贤,韦佳伶.基于 IC 卡数据的建成环境与公交出行率关系研究[J].交通运输系统工程与信息,2019,19(4):233-238.
ZHAO L Y,WANG S X,WEI J L. Exploring the relationship between built environment and bus transit usage based on IC card data[J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 2019, 19(4): 233-238.
- [13] 薛艳.基于分层线性模型的流动人口社会融合影响因素研究[J].人口与经济,2016,216(3):62-72.
XUE Y. A research on the factors affecting social integration of floating population based on hierarchical linear model[J]. Population & Economics, 2016, 216(3): 62-72.
- [14] PEUGH J L. A practical guide to multilevel modeling[J]. Journal of School Psychology, 2010, 48(1): 85-112.
- [15] HJORTESET M A,BOCKER L. Car sharing in norwegian urban areas:examining interest,intention and the decision to enrol[J]. Transportation Research Part D:Transport and Environment, 2020, 84: 102322.
- [16] GLOBISCH J,PLOTZ P,DUTSCHKE E,et al. Consumer preferences for public charging infrastructure for electric vehicles[J]. Transport Policy, 2019, 81: 54-63.



第一作者:杨亚琛(1981—),重庆交通大学交通运输学院副教授,博士,硕士生导师,研究方向为运输与物流优化等。2005年本科毕业于河海大学,2010年博士毕业于华南理工大学。Email:yyzjt@cqjtu.edu.cn。

(责任编辑:刘棉玲)