

基于结构方程模型的共享汽车用户使用意向分析

王哲源¹, 王玥², 李星¹, 乔俊杰¹

(1.成都市规划设计研究院, 四川 成都 610041; 2.崇州市住房和城乡建设局, 四川 成都 611230)

摘要:作为一种新型出行服务模式,共享汽车能够为居民出行带来更便利的选择,但是对用户使用意向考虑不足等问题也逐步显现。基于线上线下问卷调查,并结合计划行为理论、技术接受模型以及解构计划行为理论设计了14个潜变量及相应的观测变量。在此基础上,基于结构方程模型构建了用户使用意向模型,以分析成都市共享汽车用户的使用意向。结果表明,感知安全性、感知收费水平以及感知设施水平等因素对使用意向具有间接效用,而行为态度、主观规范和感知行为控制对共享汽车使用意向具有直接效用。此外,网點選址的合理性是影响用户使用意向的关键因素,据此对共享汽车网点的合理布局提出建议。

关键词: 交通调查; 共享汽车; 使用意向; 结构方程模型; 成都市

Preference Analysis of Car Sharing Users Based on Structural Equation Model

WANG Zheyuan¹, WANG Yue², LI Xing¹, QIAO Junjie¹

(1. Chengdu Institute of Planning and Design, Chengdu Sichuan 610041, China; 2. Chongzhou Housing and Urban-Rural Development Bureau, Chengdu Sichuan 611230, China)

Abstract: As a new travel service model, car sharing can bring more convenient choices for residents traveling, but problems such as insufficient consideration of user preference have gradually emerged. Based on online and offline questionnaire surveys, 14 latent variables and corresponding observational variables are designed by combining with the theory of planned behavior, technology acceptance model, and deconstructive theory of planned behavior. On this basis, this paper develops a user preference model based on structural equation model to analyze the preference of shared car users in Chengdu. The results show that factors such as perceived safety, perceived fee level, and perceived facilities level have an indirect effect on user's preference, while behavioral attitudes, subjective norms and perceived behavior control have a direct effect on preference to use car sharing. In addition, the reasonableness of network location is a key factor influencing the user's preference, and accordingly, suggestions are provided for the reasonable layout of the car-sharing network.

Keywords: traffic survey; car sharing; users preference; structural equation model; Chengdu

收稿日期: 2023-04-30

基金项目: 四川省自然资源厅科研项目“基于多元大数据与综合交通模型的交通规划分析应用技术研究”(KJ-2023-037)

作者简介: 王哲源(1997—),男,浙江嘉兴人,硕士,助理工程师,主要研究方向:交通规划、交通模型、城市规划。E-mail: 410209053@qq.com

0 引言

共享汽车作为一种新型出行服务模式,能够为居民出行带来更便利的选择。新能源汽车作为共享汽车的主力进入市场,有助于降低空气污染和能源消耗^[1]。为了进一步提升共享汽车的规模和服务质量,需要站在用户的角度进行更多思考,充分了解用户使用意向。

现有文献对影响共享汽车用户使用意向的因素进行了一定的研究。

闫康礼等^[2]将共享汽车与私人汽车进行对比并发现,影响用户使用意向的首要因素是共享汽车租金的设置,其次是共享汽车网点的设置。赵敏等^[3]基于计划行为理论构建共享汽车用户出行使用意向的结构方程模型,研究发现感知价值是影响用户行为态度的首要因素,感知风险因素与共享汽车用户

的使用意向负相关，而行为态度是最重要因素。Ko Eunjeong 等^[4]通过 logistic 回归模型分析影响当前共享汽车用户和潜在用户使用意愿的因素，发现性别、汽车拥有量和教育程度等变量对使用共享汽车的意愿有显著影响。R. Curtale 等^[5]基于技术接受与使用统一理论 (Unified Theory of Acceptance and Use of Technology, UTAUT) 的扩展理论，考察了 6 种心理因素对出行使用意向的影响，结果表明社会影响力是行为意图的最重要影响因素，其次是预期有用性和个人态度。余静财等^[6]基于计划行为理论和技术接受模型，分别建立了不含有影响共享车辆出行选择潜变量的多项 Logit 模型和含有这一潜变量的混合选择模型，并对各变量进行敏感性分析，发现混合选择模型对共享汽车用户出行行为具有更好的解释度，而一个家庭中是否拥有小汽车是影响共享汽车用户使用意向最主要的因素。

为进一步探寻多种因素对共享汽车使用意向的影响关系，部分学者采用结构方程模型对用户使用意向进行解析。刘红德等^[7]基于结构方程模型对共享汽车满意度进行分析，发现环境影响对顾客期望有积极作用，增强顾客感知质量和感知价值有利于提高顾客满意度。袁霞^[8]等运用结构方程模型对共享汽车用户的调查问卷进行分析，认为使用态度和主观规范正向影响共享汽车的使用意愿，用户的环保意识对使用共享汽车的态度和意愿均有显著正向影响。

在关于共享汽车用户使用意向的研究中，大多研究基于计划行为理论和技术接受模型来分析行为态度、主观规范等因素对共享汽车用户使用意向的影响，而行为态度和主观规范等因素仍可以进一步解构为其他多种因素。因此，本研究在计划行为理论、技术接受模型基础上引入解构计划行为理论，将三种方法拓展融合后构建多因素间的关系模型，最终利用结构方程模型对实际调查数据进行拟合分析，力求更加真实地了解共享汽车用户的出行需求，为提升共享汽车使用率提出针对性的措施。

1 理论基础

1.1 计划行为理论

计划行为理论 (Theory of Planned Behavior, TPB) 是一种应用广泛的行为模

型，于 1975 年由 I. Ajzen 和 M. Fishbein^[9]共同提出。在该理论中，行为的最佳决定因素被认为是个人的使用意向因素，而使用意向又受其他三个因素的影响，即行为态度、主观规范和感知行为控制 (见图 1)。

1.2 技术接受模型

F. D. Davis^[10]提出的技术接受模型 (Technology Acceptance Model, TAM) 是分析用户如何接受某种新技术或执行特定行为的最常用的理论之一。该模型既包括人们采用新技术或执行特定使用意向的核心变量即感知易用性、感知有用性、行为态度，又包括结果变量即使用意向、实际行为 (见图 2)。

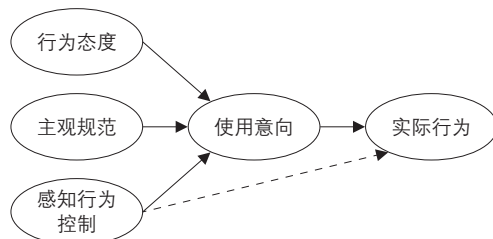


图1 计划行为理论

Fig.1 Theory of planned behavior

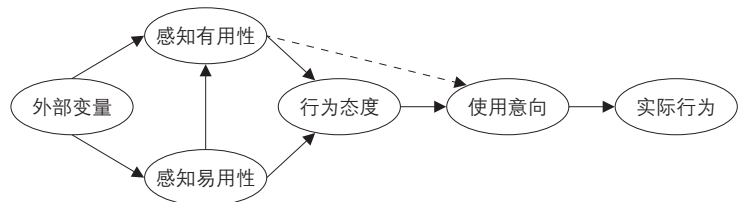


图2 技术接受模型

Fig.2 Technology acceptance model

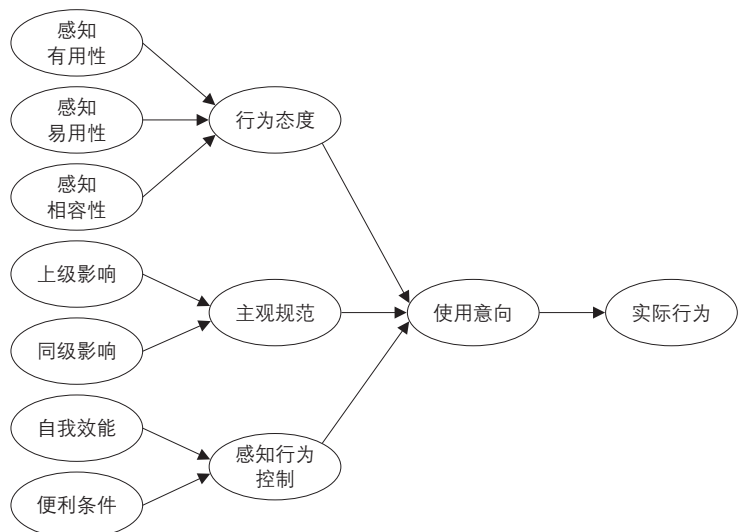


图3 解构计划行为理论

Fig.3 Deconstructive theory of planned behavior

1.3 解构计划行为理论

S. Taylor 等^[11]将计划行为理论与技术接受模型相结合对计划行为理论进行分解,提出了解构计划行为理论(Decomposed Theory of Planned Behaviour, DTPB),将一维变量解构为多维变量,从而更清晰、更具体地解释影响使用意向和实际使用行为的因素(见图3)。

1.4 结构方程模型

K. G. Jöreskog^[12]提出的结构方程模型

(Structural Equation Model, SEM)可量化分析潜变量之间的关系,经常被用于归纳和演绎研究。SEM中包括观测变量、潜变量及误差变量。结构方程模型是组合起来的一系列模型,主要包括测量模型和结构模型两个基本模型^[7]。其中,测量模型是线性模型,根据观测变量生成,能够反映潜变量与观测变量之间的关系;结构模型能够量化潜变量之间的关系。

测量模型表达式为

$$x = \Lambda_x \xi + \delta,$$

$$y = \Lambda_y \eta + \epsilon,$$

式中: x 为外衍观测变量(自变量)所构成的向量; y 为内衍观测变量(因变量)所构成的向量; ξ 为外衍潜变量所构成的向量; η 为内衍潜变量所构成的向量; δ 为 x 变量中测量误差所构成的向量; ϵ 为 y 变量中测量误差所构成的向量; Λ_x 为结构系数矩阵,由外衍观测变量在外衍潜变量上的回归系数构成; Λ_y 为结构系数矩阵,由内衍观测变量在内衍潜变量上的回归系数构成。

结构模型及其矩阵表达式为

$$\eta = \beta \eta + \Gamma \xi + \zeta,$$

$$\begin{pmatrix} \eta_1 \\ \eta_2 \\ \eta_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & \beta_{12} & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & \beta_{32} & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \eta_1 \\ \eta_2 \\ \eta_3 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ \gamma_2 \\ \gamma_3 \end{pmatrix} \xi + \begin{pmatrix} \zeta_1 \\ \zeta_2 \\ \zeta_3 \end{pmatrix},$$

式中: β 为内衍潜变量之间的相关系数矩阵($m \times n$); Γ 为外衍潜变量之间的相关系数矩阵($m \times n$), γ 为 Γ 矩阵的数值项; ζ 为测量误差所构成的矩阵。

2 成都市共享汽车用户出行行为调查

2.1 构造调查变量

为了能够更加清晰地体现影响共享汽车用户使用意向的因素,本文结合计划行为理论、技术接受模型、解构计划行为理论以及结构方程模型构造相关变量,共构造了14个变量。根据多元指标原则,任何一个潜变量都要由至少两个观测项进行反映。因此,本文中各潜变量都通过两项或三项观测变量进行反映,各个潜变量有关描述及其对应的观测变量见表1。

2.2 问卷设计与数据获取

调查问卷主要包括两部分:第一部分针对用户的基本出行信息,如用户是否使用过

表1 潜变量及观测变量相关描述

Tab.1 Description of latent variables and observed variables

潜变量符号	潜变量	观测变量符号	观测变量
PS	感知安全性	PS ₁	我认为驾驶共享汽车不会造成人身伤害
		PS ₂	我认为使用共享汽车不会泄露个人信息
		PS ₃	我认为共享汽车押金能按时退回
PCL	感知收费水平	PCL ₁	我认为共享汽车出行收费合理
		PCL ₂	我认为共享汽车押金设置合理
		PCL ₃	我对共享汽车提供的优惠力度满意
PFL	感知设施水平	PFL ₁	我认为共享汽车车型丰富
		PFL ₂	我认为共享汽车内部空间舒适
PU	感知有用性	PU ₁	共享汽车节约了我的出行时间
		PU ₂	共享汽车满足了我对出行舒适度的要求
		PU ₃	共享汽车节约了我的出行成本
PEC	感知易用性	PEC ₁	我认为共享汽车租赁点数量设置合理
		PEC ₂	我能在任意时间租到共享汽车
		PEC ₃	我认为共享汽车租赁点位置设置合理
PC	感知相容性	PC ₁	我以往的驾驶技术能运用于共享汽车出行
		PC ₂	使用共享汽车出行符合我的环保出行观念
SI	上级影响	SI ₁	我的老师或老板认为,我应该使用共享汽车出行
		SI ₂	一些权威机构认为,我应该使用共享汽车出行
PI	同级影响	PI ₁	我的家人认为,我应该使用共享汽车出行
		PI ₂	我的朋友认为,我应该使用共享汽车出行
FC	便利条件	FC ₁	我认为使用共享汽车时,发生问题能得到及时有效的解决
		FC ₂	共享汽车租赁点与目的地/出发地之间的距离合理
SE	自我效能	SE ₁	我了解使用共享汽车的流程
		SE ₂	我能熟练自如地使用共享汽车出行
BA	行为态度	BA ₁	我认为使用共享汽车比购买私人汽车更有助于环保
		BA ₂	我认为使用共享汽车有助于节约出行成本
		BA ₃	我认为使用共享汽车有助于提升资源利用率
SN	主观规范	SN ₁	整个社会舆论认为,我应该使用共享汽车出行
		SN ₂	对我重要的人认为,我应该使用共享汽车出行
PBC	感知行为控制	PBC ₁	我很容易选择共享汽车出行
		PBC ₂	使用共享汽车出行在我的能力范围内
UI	使用意向	UI ₁	比起私人汽车出行,我将更多使用共享汽车出行
		UI ₂	比起公共交通出行,我将更多使用共享汽车出行
		UI ₃	我愿意增加共享汽车的使用频率

共享汽车、使用频率及出行目的等；第二部分针对感知安全性、感知收费水平和感知设施水平等潜变量及其观测变量。第一部分的问题采用常规的单向选择题或多项选择题进行设置，共包括8道题；第二部分的问题采用李克特5级量表法(Likert Scale)进行设置，共包括34道题。为保障调查覆盖的全面性，本文采用线上与线下调查相结合的方式。同时，调查面向共享汽车用户、私人汽车用户、公共交通用户、网约车/出租汽车用户、非机动车用户等全方式出行人群发放问卷，以表征使用各种交通方式的社会人群对共享汽车的总体意愿，最终回收了1 021份有效问卷。

2.3 样本数据分析及检验

2.3.1 信度分析

本文采用Cronbach α (Alpha)系数作为检验量表信度的指标，得到的分析结果如表2所示。由分析结果可知，各潜变量的Cronbach α 值均大于0.7，说明问卷数据的可用性较高。其中感知有用性的Cronbach α 值为0.9，量表信度较为理想，整体的Cronbach α 值为0.889，在可接受范围内。

2.3.2 效度分析

效度分析的目的在于验证量表的有效性

表2 潜变量信度统计

Tab.2 Statistics of latent variable reliability

符号	潜变量	观测变量数量/个	Cronbach α 值
PS	感知安全性	3	0.890
PCL	感知收费水平	3	0.773
PFL	感知设施水平	2	0.838
PU	感知有用性	3	0.900
PEC	感知易用性	3	0.894
PC	感知相容性	2	0.759
SI	上级影响	2	0.845
PI	同级影响	2	0.748
FC	便利条件	2	0.848
SE	自我效能	2	0.844
BA	行为态度	3	0.794
SN	主观规范	2	0.851
PBC	感知行为控制	2	0.738
UI	使用意向	3	0.894
	整体		0.889

性，计算结果如表3所示。因子分析载荷系数介于0.712~0.927，均大于0.5，因此上述潜变量与其观测变量之间具有良好的相关性；除同级影响、自我效能和感知行为控制三个潜变量的KMO值介于0.6~0.7之外，其他潜变量的KMO值均大于0.7，因此，仍可以认为上述潜变量整体满足要求。Bartlett球形检验值 p 均小于0.05，表明量表具有可接受的有效性；累计方差贡献率均大于70%，符合要求。

表3 效度分析结果统计

Tab.3 Statistics of validity analysis

符号	潜变量	观测变量符号	因子分析载荷系数	KMO值	Bartlett球形检验值 p	累计方差贡献率/%
PS	感知安全性	PS ₁	0.894	0.747	0.004	82.013
		PS ₂	0.910			
		PS ₃	0.912			
PCL	感知收费水平	PCL ₁	0.797	0.742	0.021	79.741
		PCL ₂	0.892			
		PCL ₃	0.891			
PFL	感知设施水平	PFL ₁	0.827	0.700	0	76.024
		PFL ₂	0.927			
PU	感知有用性	PU ₁	0.819	0.752	0.003	83.281
		PU ₂	0.810			
		PU ₃	0.809			
PEC	感知易用性	PEC ₁	0.913	0.750	0	82.503
		PEC ₂	0.908			
		PEC ₃	0.904			
PC	感知相容性	PC ₁	0.736	0.715	0.002	77.685
		PC ₂	0.816			
SI	上级影响	SI ₁	0.831	0.726	0.015	76.588
		SI ₂	0.752			
PI	同级影响	PI ₁	0.768	0.668	0.032	75.810
		PI ₂	0.754			
FC	便利条件	FC ₁	0.832	0.709	0	70.157
		FC ₂	0.766			
SE	自我效能	SE ₁	0.833	0.600	0.003	77.067
		SE ₂	0.762			
BA	行为态度	BA ₁	0.818	0.748	0	82.493
		BA ₂	0.804			
		BA ₃	0.903			
SN	主观规范	SN ₁	0.712	0.703	0.008	77.051
		SN ₂	0.801			
PBC	感知行为控制	PBC ₁	0.728	0.697	0.016	76.094
		PBC ₂	0.831			
UI	使用意向	UI ₁	0.816	0.749	0.002	82.514
		UI ₂	0.909			
		UI ₃	0.900			

3 模型分析

3.1 模型构建

现有研究虽已对共享汽车用户的使用意向进行了模型构建，能够一定程度反映影响共享汽车用户使用意向的各因素及其相互关系，但其中一些潜变量不能得到很好的解释

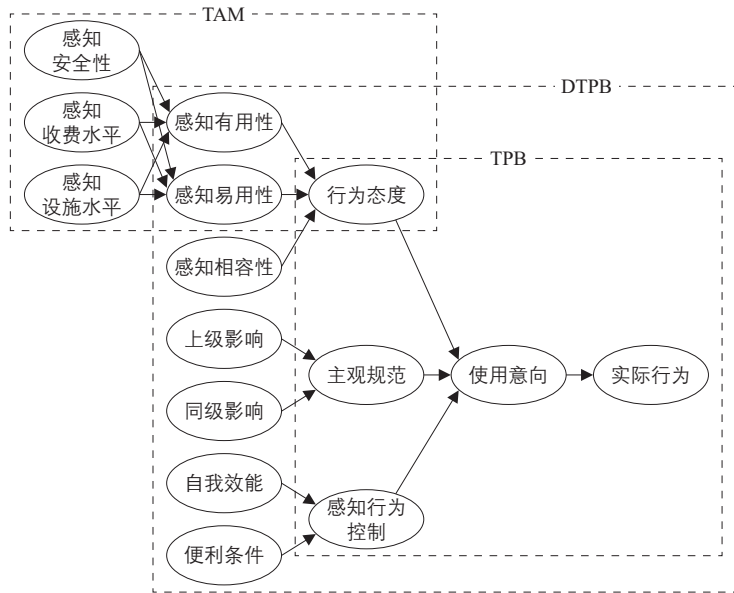


图4 共享汽车使用意向模型框架

Fig.4 Model framework for car sharing use preference

表4 模型假设

Tab.4 Model assumptions

假设编号	符号	假设内容
1	S ₁	PS对PU存在着正向作用
2	S ₂	PCL对PU存在着反向作用
3	S ₃	PFL对PU存在着正向作用
4	S ₄	PS对PEC存在着正向作用
5	S ₅	PCL对PEC存在着反向作用
6	S ₆	PFL对PEC存在着正向作用
7	S ₇	PEC对PU存在着正向作用
8	S ₈	PU对BA存在着正向作用
9	S ₉	PEC对BA存在着正向作用
10	S ₁₀	PC对BA存在着正向作用
11	S ₁₁	SI对SN存在着正向作用
12	S ₁₂	PI对SN存在着正向作用
13	S ₁₃	SE对PBC存在着正向作用
14	S ₁₄	FC对PBC存在着正向作用
15	S ₁₅	BA对UI存在着正向作用
16	S ₁₆	SN对UI存在着正向作用
17	S ₁₇	PBC对UI存在着正向作用

说明。因此，本文对部分潜变量进行多维解构，首先基于计划行为理论构建影响使用意向的主要因素，并结合技术接受模型对感知有用性和感知易用性进行解析，然后结合解构计划行为理论进行潜变量的拓展，最后在结构方程模型基础上建立共享汽车使用意向模型。模型框架如图4所示。

在潜变量的拓展中，根据共享汽车的使用特点及性能，构建感知安全性、感知收费水平和感知设施水平三个维度的变量，并根据技术接受模型将这三个变量作为解构计划行为理论中感知有用性和感知易用两个变量的外部变量，并将计划行为理论中行为态度、主观规范、感知行为控制三个潜变量进一步解构为7个维度的潜变量。

3.2 模型假设

在共享汽车使用意向模型框架中，单向箭头表示某一潜变量对另一潜变量的单向效应。根据这一特征，共提出17个潜变量之间的影响关系假设(见表4)。

3.3 模型拟合

通过Amos软件建立结构方程初始模型图(见图5)。对模型中的内衍观测变量和外衍观测变量各设置一个误差变量(Error)，用于解释其他变量无法解释的部分。初始共享汽车使用意向模型中共包括48个误差变量，分别命名为e1~e48。为了估计误差项的误差变异量，各误差项的初始路径系数固定为1。

结构方程模型拟合度的大小能够代表初始共享汽车使用意向模型可行性的 高低，模型的拟合度越大，表示模型在实际中的可用性越高。本文结合CMIN/DF，GFI，PMR等拟合指标来分析模型的拟合度大小。各拟合指标运算结果如表5所示。其中NFI，CFI，IFI，TLI，RFI五个指标均属于基准比较，指标值均大于0.8、小于0.9，说明拟合指标一般，勉强可接受，但模型仍有优化的空间；而P，CMIN/DF，GF，RMR，RMSEA，AGFI指标值均未达到标准，说明模型和数据的配适度较低，必须对模型做进一步的调整。因此下文将对初始共享汽车使用意向模型进行优化调整。

3.4 模型优化

根据输出的相关数据对初始模型进行优

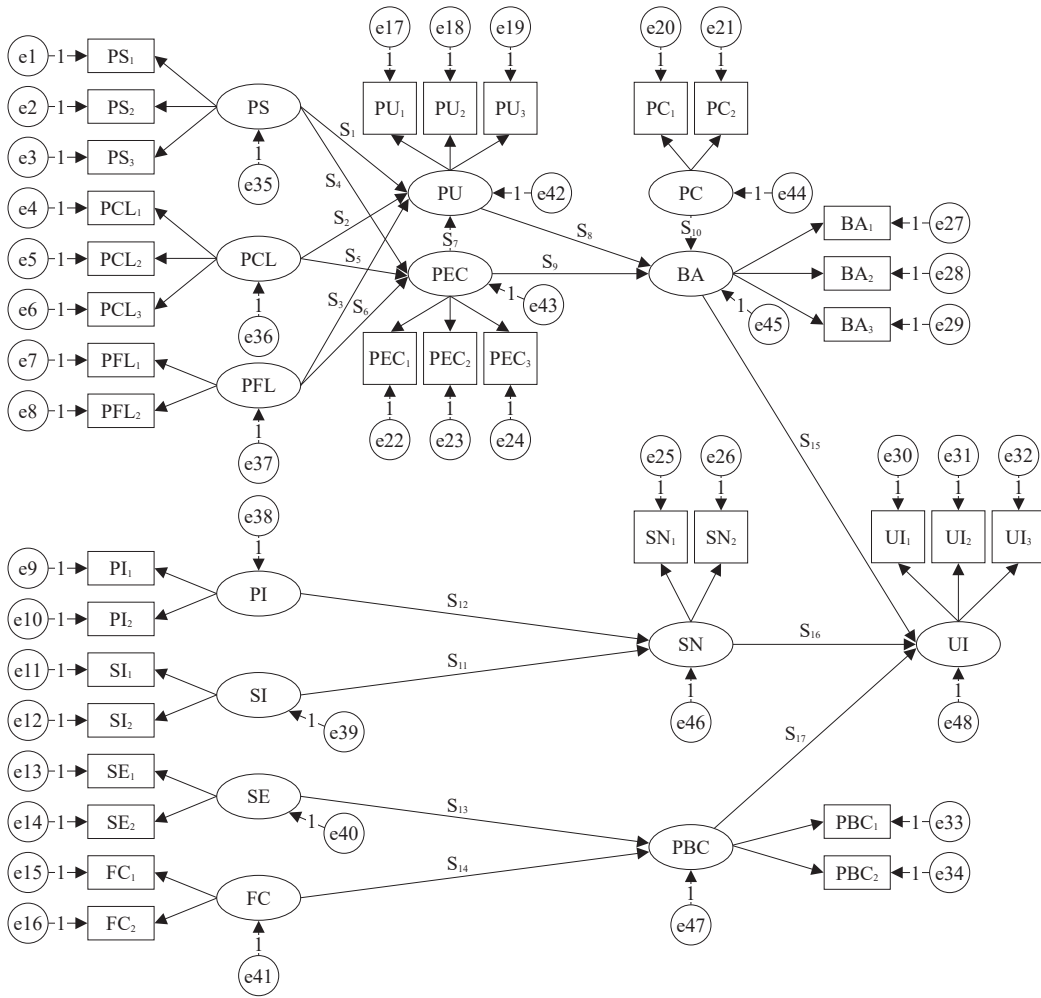


图5 结构方程初始模型框架

Fig.5 Initial model diagram of the structural equation

表5 初始模型拟合结果

Tab.5 Initial model fitting results

指标	P	CMIN/DF	GFI	RMR	RMSEA	AGFI	NFI	CFI	IFI	TLI	RFI
数值	0.018	3.988	0.438	0.976	0.158	0.344	0.805	0.825	0.856	0.893	0.861
标准范围	≥0.5	≤3	≥0.8	≤0.08	≤0.1	≥0.8	≥0.8	≥0.8	≥0.8	≥0.8	≥0.8

化。首先参考Amos软件输出的两个修正指标(Modification Indices, MI)和ParChange值判断不同路径的修正指标是否合理(见表6)。MI值代表如果将表格中提示的路径在假设模型中建立,那么模型的整体卡方值预计将下降多少。例如,修正指标中提示误差变量e36和e37存在相关,如果在假设模型中将e36和e37建立双向联系,即认为二者之间存在互为因果的关系,那么模型整体卡方值预计将下降276.367。而Par Change值代表如果将表格中提示的路径在假设模型中建立,那么模型的整体协方差预计将改变多少。例如,e36和e37的Par Change值代表如果e36和e37建立双向联系,那么假设模型

表6 模型修正指标值

Tab.6 Model correction index values

路径	MI	Par Change
e36<-->e37	276.367	1.168
e18<-->e19	19.867	0.217
e5<-->e22	4.468	0.650
e2<-->e23	4.128	0.610
e1<-->e4	4.336	0.050

中e36和e37之间的协方差预计将增加1.168,从而提升模型的拟合度。在初始模型建立时,默认误差变量之间是没有关系的,但是在后续的优化过程中可根据输出结

果建立关系，即在优化的模型中认为感知设施水平的误差变量与感知收费水平的误差变量存在共变关系。

此外，在输出结果中，发现PEC--->PU的模型评估值(estimate)为0.12，P值为0.022<0.05，PC--->BA的estimate值为0.13，P值为0.016<0.05，即路径系数值偏低，说明感知易用性和感知有用性潜变量之间的关联性较弱，而感知相容性这一变量不能对共享汽车使用意向有着明显的影响。潜变量之间的影响不存在实质性的意义，因此在优化过程中，可考虑删除对应路径，优化后的结构方程路径如图6所示。

优化后的模型相关修正指标如表7所示，P值为0.766≥0.05，达到显著性要求，其余指标也满足要求，达到了良好拟合度的标准。优化后的模型拟合度较好，且输出的修正指标中MI值和Par Change值两列没有变量及相关数值显示，表明模型与数据相契合，不需要再进行优化。

3.5 验证假设

根据标准化路径系数值对所提出的假设进行验证。各潜变量间的路径系数及假设验证分析如表8所示，其中S.E.为估计参数的标准误差；C.R.为检验统计量，即临界比，

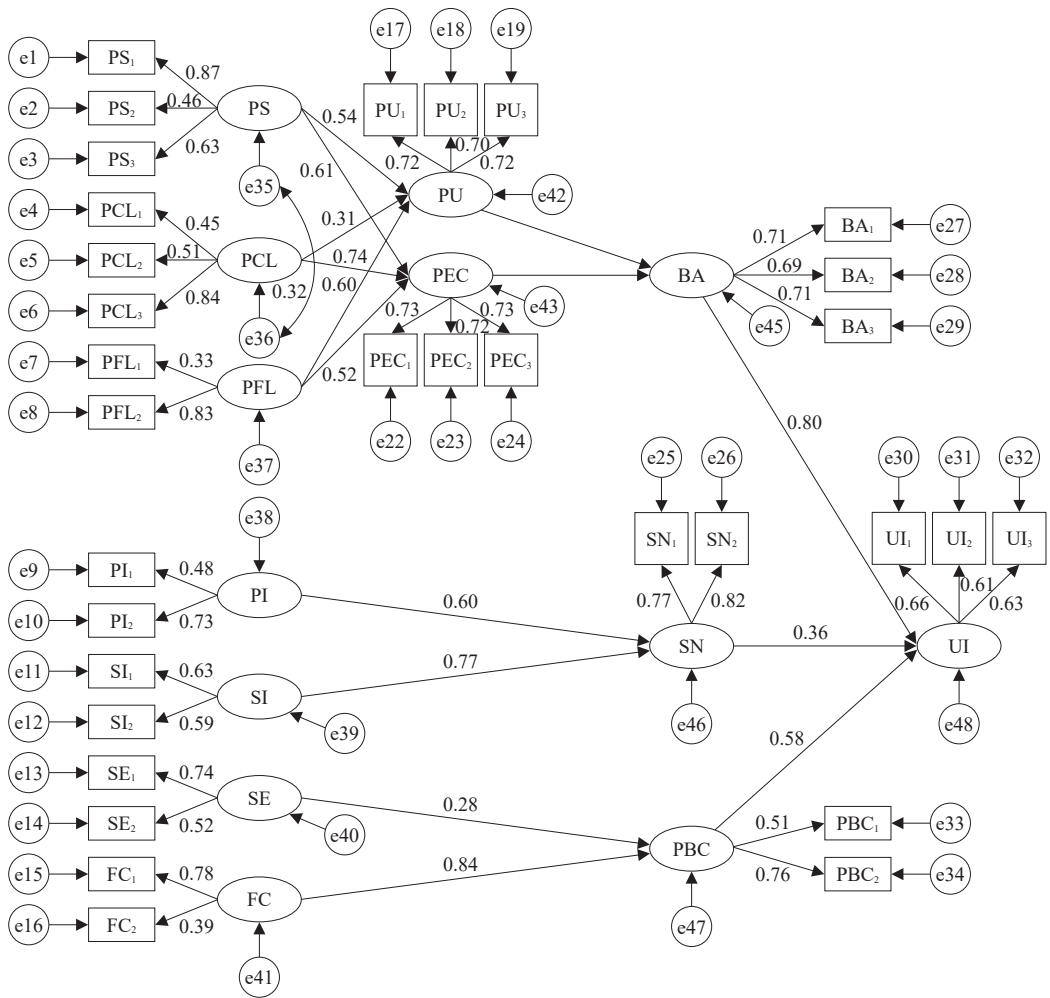


图6 优化后的结构方程模型
Fig.6 The optimized structural equation model

表7 优化后的模型拟合值
Tab.7 The model fit value after optimization

指标	P	CMIN/DF	GFI	RMR	RMSEA	AGFI	NFI	CFI	IFI	TLI	RFI
数值	0.766	2.632	0.926	0.059	0.067	0.924	0.924	0.962	0.945	0.917	0.904
标准范围	≥0.5	≤3	≥0.8	≤0.08	≤0.1	≥0.8	≥0.8	≥0.8	≥0.8	≥0.8	≥0.8

临界比值为t检验的t值，若C.R.>1.96则表明达到标准；P代表显著性水平。

在优化的模型中，PEC→PU和PC→BA两条路径被删除，所以假设S7和假设S10不成立，而其余路径的P值均<0.05且C.R.>1.96，表明假设均得到验证。因此，得到感知安全性、感知设施水平和感知收费水平对感知有用性能够产生正向的影响，同样也能够对感知易用性产生正向的影响；感知有用性和感知易用性能够对行为态度产生正向的影响；上级影响和同级影响能够对主观规范产生正向影响；自我效能和便利条件能够对感知行为控制产生正向影响；行为态度、主观规范和感知行为控制会对共享汽车使用意向产生正向影响。

4 数据分析及结果

4.1 使用意向影响效果分析

本文通过输出的直接效用、间接效用以及总效用来分析影响成都市共享汽车用户使用意向的各潜变量。直接效用值即为路径图中两变量之间的标准化路径系数；间接效用值即为路径系数的乘积值；总效用则为直接效用和间接效用之和。共享汽车使用意向模型中各变量对使用意向UI的影响效果如表9所示。

通过表9可知，感知安全性PS、感知收费水平PCL、感知设施水平PFL、感知有用性PU、感知易用性PEC、上级影响SI、同级影响PI、便利条件FC和自我效能SE对使

表8 路径系数及假设验证分析

Tab.8 Path coefficient and hypothesis testing analysis

假设	假设内容	标准化路径系数	S.E.	C.R.	P	是否成立
S1	PS对PU正向影响	0.542	0.028	2.472	***	成立
S2	PCL对PU正向影响	0.312	0.184	2.243	0.080	成立
S3	PFL对PU正向影响	0.600	0.036	3.634	***	成立
S4	PS对PEC正向影响	0.611	0.028	4.232	***	成立
S5	PCL对PEC正向影响	0.735	0.027	2.290	0.072	成立
S6	PFL对PEC正向影响	0.522	0.045	2.450	***	成立
S7	PEC对PU正向影响					不成立
S8	PU对BA正向影响	0.352	0.154	2.270	0.023	成立
S9	PEC对BA正向影响	0.683	0.047	2.001	***	成立
S10	PC对BA正向影响					不成立
S11	SI对SN正向影响	0.771	0.035	3.295	***	成立
S12	PI对SN正向影响	0.600	0.036	3.077	0.052	成立
S13	SE对PBC正向影响	0.284	0.036	4.779	***	成立
S14	FC对PBC正向影响	0.843	0.053	3.971	***	成立
S15	BA对UI正向影响	0.800	0.041	2.902	***	成立
S16	SN对UI正向影响	0.362	0.031	4.032	***	成立
S17	PBC对UI正向影响	0.582	0.032	3.790	***	成立

注：***表示p≤0.01。

表9 各潜变量对使用行为UI的影响效果

Tab.9 The effect of each latent variable on the use of behavioral UI

效果	PS	PCL	PFL	PU	PEC	SI	PI	FC	SE	BA	SN	PBC
直接效用	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.80	0.36	0.58
间接效用	0.486	0.489	0.454	0.281	0.546	0.279	0.217	0.491	0.165	0	0	0
总效用	0.486	0.489	0.454	0.281	0.546	0.279	0.217	0.491	0.165	0.800	0.362	0.582

用意向有着间接效用,而行为态度BA、主观规范SN和感知行为控制PBC对共享汽车使用意向有着直接效用。因此,在提升共享汽车用户的使用意向时,可以从上述几个因素着手。

4.2 观测变量对各潜变量的影响分析

根据优化后的结构方程模型,可以得到各潜变量的回归方程式,进而分析出观测变量对潜变量的影响程度。结合不同观测变量的特点可以有针对性地提出提升共享汽车用户使用意向的对策。

感知安全性 $PS=0.87PS_1+0.46PS_2+0.63PS_3$, PS_1 (我认为共享汽车不会造成人身伤害)的系数最大,表明 PS_1 对感知安全性变量的影响最大。需加强共享汽车自身的安全性能水平提高用户的感知安全性,从而增加使用意向。

感知收费水平 $PCL=0.45PCL_1+0.51PCL_2+0.84PCL_3$, PCL_3 (我对共享汽车提供的优惠力度满意)的系数最大。可通过提高共享汽车的优惠力度提升用户的感知收费水平,从而增加使用意向。

感知设施水平 $PFL=0.33PFL_1+0.83PFL_2$, PFL_2 (我认为共享汽车内部空间舒适)的系数最大。可通过提升共享汽车内部空间舒适度提升用户的感知设施水平,从而增加使用意向。

同级影响 $PI=0.48PI_1+0.73PI_2$, PI_2 (我的朋友认为,我应该使用共享汽车出行)的系数最大。可通过提升周围朋友的影响力来提升同级影响,从而增加使用意向。

上级影响 $SI=0.63SI_1+0.59SI_2$, SI_1 (我的老师或老板认为,我应该使用共享汽车出行)的系数最大。可通过提升领导的影响力来提升上级影响,从而增加使用意向。

自我效能 $SE=0.74SE_1+0.52SE_2$, SE_1 (我了解使用共享汽车的流程)的系数最大。可通过提升用户对共享汽车的了解及驾驶熟练程度提升自我效能,从而增加使用意向。

设施便利 $FC=0.39FC_1+0.78FC_2$, FC_2 (共享汽车租赁点与目的地/出发地之间的距离合理)的系数最大。可通过合理设置共享汽车网点与用户需求点之间的距离提升设施便利程度,从而增加使用意向。

感知有用性 $PU=0.72PU_1+0.70PU_2+0.72PU_3$, PU_1 (共享汽车节约了我的出行时间)和 PU_3 (共享汽车节约了我的出行成本)的系数较大。可以通过节省出行成本和出行时

间来提升用户的感知有用性水平,从而增加使用意向。

感知易用性 $PEC=0.73PEC_1+0.72PEC_2+0.73PEC_3$, PEC_1 (我认为共享汽车租赁点数量设置合理)和 PEC_3 (我认为共享汽车租赁点位置设置合理)的系数略高。可以通过合理设置汽车租赁点的位置,方便用户在任何时间和地点租赁到共享汽车,提升用户的感知易用性水平,从而增加使用意向。

行为态度 $BA=0.71BA_1+0.69BA_2+0.71BA_3$, BA_1 (我认为使用共享汽车比购买私人汽车有助于环保)和 BA_3 (我认为使用共享汽车有助于提升资源利用率)的系数相同均为0.73。除了通过 PU 和 PEC 来影响用户的自我效能,还可以通过采用新能源共享汽车等措施来提升用户的自我效能,从而增加使用意向。

主观规范 $SN=0.77SN_1+0.82SN_2$, SN_2 的系数最大。除了通过 PI 和 SI 来影响主观规范,还可以通过增设宣传大使、扩大公众人物的影响力等方式来提升用户的主观规范,从而增加使用意向。

感知行为控制 $PBC=0.51PBC_1+0.76PBC_2$, PBC_2 (使用共享汽车出行在我的能力范围内)的系数最大。除了通过 SE 和 FC 来影响感知行为控制,还可以简化共享汽车的使用流程,使更多人有能力使用共享汽车,从而提升感知行为控制、增加使用意向。

使用意向 $UI=0.66UI_1+0.61UI_2+0.63UI_3$, UI_1 (比起私人汽车出行,我将更多使用共享汽车出行)的系数最大。除了通过 BA 、 SN 和 PBC 来影响使用意向,还可以通过鼓励公众在特定情况下采用共享汽车出行从而放弃购买私人汽车,以此来增加共享汽车用户的使用意向。

4.3 提取影响用户使用意向的关键因素

从各潜变量对使用意向的影响总效用来看,行为态度、感知易用性及便利条件的效果值最大,分别为0.800,0.546和0.491。结合具体观测变量,可以发现行为态度无法直接量化,并且作为感知易用性的中介变量,可通过提升用户的感知易用性来提升用户的行为态度。因此对感知易用性和便利条件两个潜变量展开分析。

感知易用性包含三个观测变量,各观测变量的统计人数如图7所示。结合感知易用性的回归方程式可知,观测变量 PEC_1 和

PEC_3 对感知易用性的影响较大。 PEC_1 代表“我认为共享汽车租赁点数量设置合理”， PEC_3 代表“我认为共享汽车租赁点位置设置合理”，由此可知，共享汽车网点位置和数量是影响用户使用意向的重要因素。 PEC_1 和 PEC_3 均为量表题，平均分为2.88和2.91，均低于3分，说明共享汽车租赁点位置和数量的设置仍有进一步提升空间，因此为了提升共享汽车用户的使用率，合理的设置共享汽车网点位置是必不可少的一环。

便利条件包含两个观测变量，各观测变量的统计人数如图8所示。结合便利条件的回归方程式可知，观测变量 FC_2 对便利条件的影响相对较大。 FC_2 代表“共享汽车租赁点与目的地(或出发地)之间的距离合理”，由此可知，共享汽车租赁点与目的地(或出发地)之间的距离是影响用户使用意向的重要因素。该题的平均分为2.82，影响较大但分数相对较低，说明在进行网点选址的过程中需要着重考虑距离因素。

因此，为充分发挥共享汽车服务水平和增强其吸引力，在共享汽车选址时需重点考虑网点的距离因素，同时结合城市空间结构和区域用地特点进行网点布局。此外，作为公共交通系统的补充，共享汽车网点应该靠近公共交通车站，以覆盖用户出行的“最后一公里”。而对于共享汽车停车难这一问题，共享汽车服务提供商可尝试与现有的商业停车场合作，共享停车位。

5 结束语

本文对计划行为理论、技术接受模型及

解构计划行为理论中的部分潜变量进行多维解构，并基于结构方程模型建立了共享汽车使用意向模型。根据共享汽车的使用特点及性能，构建出感知安全性、感知收费水平和感知设施水平3个维度的变量。根据技术接受模型将这3个变量作为解构计划行为理论中感知有用性和感知易用两个变量的外部变量，将计划行为理论中行为态度、主观规范、感知行为控制3个潜变量进一步解构为7个维度的潜变量。

根据各潜变量之间的关系，提出了关于共享汽车使用意向的17个假设，并将初始模型进行拟合，通过P值，CMIN/DF，GFI及RMR等11个拟合指标对模型的合理性进行分析，发现初始模型和数据的适配度较低，因此对模型进行进一步优化。优化后的模型各指标均满足要求，拟合度良好并具备一定的实际意义，说明优化后的共享汽车使用意向模型能够更加详细地解释影响使用意向的各因素及其之间的关系。

通过输出的直接效用、间接效用以及总效用值来解释影响成都市共享汽车用户使用意向的各潜变量，并通过各变量的回归方程式分析观测变量对其影响程度。结果表明，感知安全性、感知收费水平以及感知设施水平等因素对使用意向有着间接效用，而行为态度、主观规范和感知行为控制对使用意向有着直接效用。本文根据上述分析结果提取了影响用户使用意向的关键因素，即网点选址的合理性，而在选址过程中，共享汽车租赁点与目的地(或出发地)之间的距离是用户最为看重的因素。因此，从用户角度出发，为提升共享汽车用户的使用意向，合理的布局共享汽车网点十分必要。

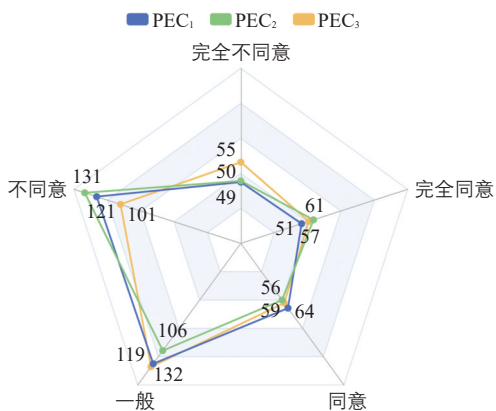


图7 感知易用性选项统计

Fig.7 Statistics of perceived usability variables

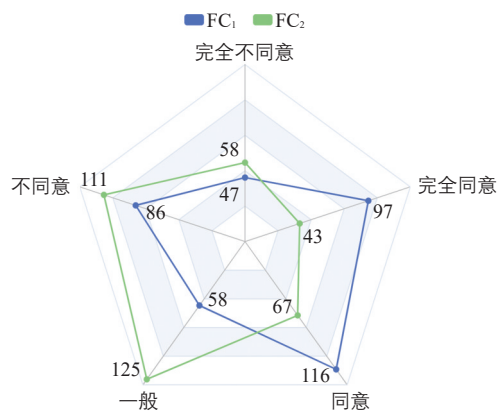


图8 便利条件选项统计

Fig.8 Statistics of convenience variables

参考文献:

References:

- [1] 赵永全, 朱兴和. 共享新能源汽车分时租赁网点的选址优化分析[J]. 科技视界, 2018(12): 223-224.
- [2] 闫康礼, 申栋夫, 汪寒冰, 等. 共享汽车供给模式影响下私家车用户出行方式选择演化研究[J]. 交通运输工程与信息学报, 2022, 20(1): 63-72.
- YAN K L, SHEN D F, WANG H B, et al. Evolution of private car users' travel mode selection under the impact of car sharing supply modes[J]. Journal of transportation engineering and information, 2022, 20(1): 63-72.
- [3] 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.
- [4] KO E J, KIM H G, LEE J W. Survey data analysis on intention to use shared mobility services[J]. Journal of advanced transportation, 2021, 2021(3): 1-10.
- [5] CURTALE R, LIAO F, PETER V. User acceptance of electric car-sharing services: the case of the Netherlands[J]. Transportation research part A: policy and practice, 2021, 149(7): 266-282.
- [6] 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.
- YU J C, LI W Q, WANG S C, et al. Analysis of the selection behavior of shared electric vehicles[J]. Journal of Southeast University (natural science), 2021, 51(1): 153-160.
- [7] 刘红德, 冯晓丽, 张丹晨. 基于结构方程的共享汽车顾客满意度测评研究: 以北京市为例[J]. 现代营销(下旬刊), 2020(7): 176-179.
- [8] 袁霞, 王爱民. 基于TAM的共享汽车使用意愿影响因素研究[J]. 武汉理工大学学报(信息与管理工程版), 2018, 40(4): 434-438.
- YUAN X, WANG A M. Research on the influencing factors of car sharing use intention based on TAM[J]. Journal of Wuhan University of Technology (information & management engineering), 2018, 40(4): 434-438.
- [9] AJZEN, FISHBEIN I M. Understanding attitudes and predicting social behavior[M]. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1980: 278.
- [10] DAVIS F D. Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology[J]. Mis quarterly, 1989, 13(3): 319-340.
- [11] TAYLOR S, TODD P A. Understanding information technology usage: a test of competing models[J]. Information systems research, 1995, 5(2): 91-108.
- [12] JÖRESKOG K G. Statistical estimation of structural models in longitudinal-developmental investigations[M]. Denton: Department of Information Science, 1979.

(上接第58页)

- [6] Design trust for public space. Under the elevated: reclaiming space, connecting communities[M]. USA: Print Craft, Inc, 2015.
- [7] 李阎魁. 高架路与城市空间景观建设: 上海城市高架路带来的思考[J]. 规划师, 2001, 17(6): 48-52.
- LI Y K. Overhead road and urban landscape: consideration of shanghai overhead road[J]. Planners, 2001, 17(6): 48-52.
- [8] 黄竹. 城市桥下空间的类型与开发利用方式研究[J]. 上海城市规划, 2019(1): 101-107.
- HUANG Z. Research on the classification and transformation utilization of urban under bridge spaces[J]. Shanghai urban planning review, 2019(1): 101-107.
- [9] 北京市规划和自然资源委员会. 北京市桥下空间利用设计导则[EB/OL]. (2022-12-22) [2023-04-15]. https://ghzrzyw.beijing.gov.cn/biaozhunganli/bz/szjgdjt/202212/t20221222_2882612.html.