

# 基于结构方程模型的公交出行意向

王世佳

(上海理工大学 管理学院,上海 200093)

**[摘要]**在计划行为理论的基础上探讨了描述性规范、行为态度、感知行为控制与行为习惯对行为意向决策影响的研究理论框架,构建了公交出行行为意向的结构方程模型,明确了各个变量的测量变量,之后利用浙江省温岭市的居民出行调查数据进行实例研究,结果表明:描述性规范、行为态度对城市居民公交车出行行为意愿的影响逐渐减弱,感知行为控制对行为意愿影响最大,同时也很大程度影响了行为习惯,行为习惯通过对描述性规范与行为态度的影响间接影响了行为意愿。

**[关键词]**结构方程;公交出行意向;因子分析;计划行为理论

**[中图分类号]**U491.17

**[文献标识码]**A

**[文章编号]**1005-152X(2020)07-0108-04

## Bus Taking Intention Based on SEM

Wang Shijia

(Business School, University of Shanghai for Science & Technology, Shanghai 200093, China)

**Abstract:** Based on the theory of planned behavior, this paper discussed the theoretical framework for the research on influence of descriptive norms, behavioral attitude, perceived behavioral control and behavioral habit on the intention and decision-making of travelers by bus. It established the bus taking intention structural equation model to clarify each of the measurement variables and then using the survey data on travel behavior and intention of the residents of Wenling, Zhejiang, had an empirical study which showed that the influence of descriptive norms and behavioral attitude was diminishing on the bus taking behavior and intention of the residents; perceived behavioral control was the most influential factor in this regard and at the same time also affected behavioral habit; while behavioral habit influenced behavioral intention indirectly through its effect on descriptive norms and behavioral attitude.

**Keywords:** structural equation; bus taking intention; factor analysis; theory of planned behavior

## 1 引言

城市中的交通由于承载了人们各种各样的出行活动而变得十分复杂。公交作为城市交通中非常重要的一种出行方式,研究它的选择意向变得很有必要。对于公交出行的研究,现有手段包括了集计与非集计两种,在非集计方法的基础上建立选择行为模型的效用函数仅仅将直接观测变量纳入考察范围,并未考虑出行者在出行过程中的态度意向,导致解释不完善。王茁等人基于多元集计模型(MNL),构建了公交出行方式选择方法<sup>[1]</sup>。Haustein等人的研究也表明出行者自身的心理因素比社会经济属性及基础设施对出行方式选择的预测影响更大<sup>[2]</sup>。通过戴权等人的研究发现计划行为理论对居民公交出行

行为研究具有理论意义<sup>[3]</sup>。因此,出行者在公交出行方式的行为意向受到了计划行为理论的影响,由感知行为控制、行为习惯、描述性规范等诸多不可观测因素共同影响,决定了公交出行意向的规律。陈坚等人运用结构方程模型将显变量与潜变量结合构建结构方程模型,定量分析各种影响因素之间的定量关系<sup>[4]</sup>。结构方程模型当前在行为研究方面占据重要的位置,与计划行为理论结合将能从社会心理学的角度更好的诠释公交方式出行意向,帮助我们更好的理解公交出行意向。本文通过对结构方程理论进行介绍,以计划行为理论为理论依据,分析居民公交出行方式的行为意向,研究感知行为控制、行为态度、行为习惯与描述性行为规范对行为意向内在机理的影响并进行定量分析。

**[收稿日期]**2020-01-02

**[作者简介]**王世佳(1995-),女,研究生,研究方向:出行行为。

## 2 理论基础

结构方程模型(Structural Equation Model,简称“SEM”)与传统统计方法有着不同之处,其将传统的回归分析与因素分析相结合,能够实现因果模型的模型识别、模型估计与模型验证,因此迅速成为多元数据分析的重要工具,同时在行为与社会的量化研究领域扮演着越来越重要的角色<sup>[5]</sup>。结构方程在模型建立过程中一般经历五个步骤:理论模型构建、构建路径图、模型识别、参数估计、模型评价与模型修正<sup>[6]</sup>。Van认为结构方程模型的优势在于能够测量变量与变量之间的整体影响关系,可以在直接影响与间接影响之间建立模型;潜变量可以通过多个指标测量;可以修正显变量的测量误差<sup>[7]</sup>。

### 2.1 模型结构

结构方程模型包括测量模型(measurement equation)和结构方程(structure equation)。测量模型用于表述显变量与潜变量的关系,其表达式如下:

$$X = \Lambda_x \xi + \delta \quad (1)$$

$$Y = \Lambda_y \eta + \varepsilon \quad (2)$$

式中:  $X$ —自变量的测量值构成的向量;

$\xi$ —潜在外生变量构成的向量;

$\Lambda_x$ — $X$ 对 $\xi$ 的回归系数或因子负荷矩阵;

$\delta$ — $X$ 的观测误差构成的向量;

$Y$ —因变量的测量值构成的向量;

$\eta$ —潜在内生变量构成的向量;

$\Lambda_y$ — $Y$ 对 $\eta$ 的回归系数或因子负荷矩阵;

$\varepsilon$ — $Y$ 的观测误差构成的向量。

结构方程式模型是用于表达潜变量的内部关系,表达式如下:

$$\eta = B\eta + \Gamma\xi + \varsigma \quad (3)$$

式中:  $B$ —内生潜变量的结构系数矩阵,其对角线元素均为0,且要求  $I - B$  是非退化的(即矩阵行列式的值不为0),  $B$  系数矩阵的元素反映了其内生潜变量对某一内生潜变量的直接作用大小;

$\Gamma$ —外生潜变量  $\xi$  的结构系数矩阵,  $\Gamma$  系数矩

阵中的元素反映了外生变量  $\xi$  对内生潜变量  $\eta$  的直接作用大小;

$\varsigma$ —模型的误差向量。

结构方程模型的建立包含了8个参数矩阵  $\Lambda_x$ 、 $\Lambda_y$ 、 $B$ 、 $\Gamma$ 、 $\Phi$ 、 $\Psi$ 、 $\theta_\xi$ 、 $\theta_\eta$ ,其中, $\Phi$ 、 $\Psi$ 、 $\theta_\xi$ 、 $\theta_\eta$  分别是  $\xi$ 、 $\varsigma$ 、 $\varepsilon$ 、 $\delta$  的协方差矩阵。

### 2.2 参数估计

从观测变量的方差与协方差入手对参数进行估计。结构方程模型的基本假设是输入的相关矩阵和将固定参数和自由参数估计带入结构方程模型,所得的再生矩阵两者应尽可能趋于接近。在模型的估计上,较常用最大似然估计(ML)、广义最小二乘法(GLS),不同方法有其各自的优缺点。

### 2.3 模型的评价

通过模型对数据的拟合程度来对模型评价进行量化。常用拟合指标为拟合优度检验的卡方检验( $\chi^2$ ),但卡方值主要与样本的大小有关。因此,还引入了拟合优度指数(GFI)、规范拟合优度指数(NFI)、简约规范拟合指数(PNFI)、模型比较适合度(CFI)、近似误差平方根(RESEA)等。根据验证数据的特征、样本规模及假设条件来综合选取验证指标。

## 3 调查数据及检验

本文采用了浙江省温岭市的居民出行调查,该调查包括了三个部分:出行者的社会经济属性、调查当日的出行信息以及影响出行者的心理因素测量指标。本次仅采用了影响出行者的心理因素测量指标,测量出行者心理影响因素的量表依据计划行为理论(TPB)与出行方式对应的问题项,采用了Likert五级量表的形式:1,2,3,4,5分别代表非常不同意,不同意,一般,同意,非常同意。旨在研究选定变量在公交出行意向中的关系。

将问卷导入SPSS软件中,进行数据的信度检验,结果见表1。从表1中可以看出,出行者选择公交出行调查数据的Cronbach's Alpha系数0.934>0.8,表明调查数据可靠度高。

表1 变量整体可靠性统计分析

Cronbach's Alpha	项数
0.934	15

通过对出行者乘坐公交出行调查数据的各个变量的可靠性数值进行分析,在各个测量指标的可靠性分析结果中Cronbach's Alpha值均大于0.9,属于可信范围,根据指标的平方多重相关性,考虑剔除变量MS1,见表2。

表2 各变量可靠性描述

	删除项后的 标度平均值	删除项后的 标度方差	修正后的项与 总计相关性	平方多重 相关性	删除项后的 Cronbach's Alpha
GZ1	51.68	72.925	0.768	0.753	0.927
GZ2	51.52	74.927	0.721	0.726	0.929
GZ3	51.65	72.994	0.814	0.752	0.926
GZ4	51.58	73.755	0.721	0.725	0.928
GZ5	51.72	73.302	0.698	0.588	0.929
TD1	51.76	74.205	0.705	0.744	0.929
TD2	51.76	73.538	0.697	0.748	0.929
TD3	51.52	76.486	0.510	0.426	0.934
MS1	52.06	76.119	0.513	0.381	0.935
MS2	51.86	76.249	0.581	0.569	0.932
MS3	51.58	75.883	0.657	0.577	0.930
XG1	51.47	76.152	0.653	0.730	0.930
XG2	51.44	76.649	0.604	0.723	0.931
YX1	51.51	74.780	0.748	0.734	0.928
YX2	51.49	74.692	0.757	0.738	0.928

## 4 公交方式选择行为结构方程模型

### 4.1 探索性因子分析

在计划行为理论(Theory of Planned Behavior, TPB)基础上,构建了公交方式出行意向模型,考虑到公交方式出行意向的影响因素,对数据进行探索性因子分析,得出各个变量之间的相关关系。

对出行者常规公交出行的调查数据进行信度分析,输出结果中KMO值0.894>0.8, Bartlett's的Sig.值小于0.05,表示数据适合做因子分析,见表3。

表3 KMO和Bartlett's球体检验结果

取样足够度的 Kaiser-Meyer-Olkin 度量		0.894
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	2 302.764
	df	105
	Sig.	0.000

出行者乘坐公交出行的调查数据中测量变量的因子负荷矩阵见表4。表4中五个因子均来自于初始问卷中的假设因子。因此,将第一个因子命名为“出行方式感知行为控制”,第二个因子命名为“出行方式行为态度”,第三个因子命名为“出行方式描述性

规范”,第四个因子命名为“出行方式行为习惯”,第五个因子命名为“出行方式行为意向”。

表4 旋转后因子载荷矩阵表

变量	出行方式 感知行为控制	出行方式 行为态度	出行方式 描述性规范	出行方式 行为习惯	出行方式 行为意向
GZ1	0.804	0.230	0.256	0.145	0.110
GZ2	0.769	0.082	0.129	0.352	0.178
GZ3	0.709	0.242	0.252	0.283	0.256
GZ4	0.791	0.167	0.054	0.328	0.144
GZ5	0.727	0.184	0.112	0.144	0.312
TD1	0.499	0.640	0.387	-0.007	-0.009
TD2	0.394	0.759	0.326	0.066	0.018
TD3	0.000	0.824	0.055	0.194	0.379
MS1	0.066	0.062	0.771	0.307	0.238
MS2	0.234	0.329	0.777	-0.049	0.132
MS3	0.288	0.515	0.554	0.150	0.060
XG1	0.302	0.219	0.125	0.852	0.172
XG2	0.401	0.012	0.141	0.806	0.153
YX1	0.457	0.195	0.258	0.241	0.689
YX2	0.451	0.203	0.291	0.229	0.684

### 4.2 研究假设

在结合计划行为理论与公交方式选择行为影响因素探索性因子分析以及下列假设基础上,构建本文模型结构,如图1所示。

H1—出行者描述性行为规范对出行者行为态度有正向的直接影响;

H2—出行者描述性行为规范对出行者行为意向有正向的直接影响;

H3—出行方式行为态度对出行者行为意向有正向的直接影响;

H4—出行方式感知行为控制对出行方式行为态度有正向直接的影响;

H5—出行方式感知行为控制对出行方式行为意向有正向直接的影响;

H6—出行方式感知行为控制对出行方式行为习惯有正向直接的影响;

H7—出行方式行为习惯对出行者描述性行为规范有正向直接的影响;

H8—出行方式行为习惯对出行者行为态度有正向的直接影响。

### 4.3 模型变量

模型中变量均为不可观测的潜变量,需要对其进行相关的观测,从而确定潜变量。潜变量采用了李克特(likert)5级量表测量所得,出行者行为意向为

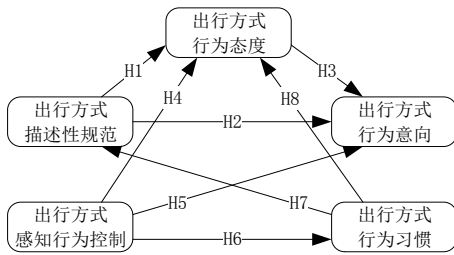


图1 研究概念模型及假设示意图

因变量,出行者的描述性行为规范、行为态度、感知行为控制、行为习惯为自变量,具体变量见表5。

表5 模型变量描述

序号	潜变量	变量符号	测量变量
1	感知行为控制	GZ1	您会下意识不加思考的选择公交方式出行
2		GZ2	选择公交出行已经成为您日常生活的一部分
3		GZ3	公交车是您最熟悉和最自在的出行方式
4		GZ4	您以公交车作为出行方式已经很久了
5		GZ5	要让您放弃公交出行是件很困难的事情
6	行为态度	TD1	您对公交车出行喜好程度
7		TD2	您对公交车出行满意程度
8		TD3	您对公交车费用的态度
9	描述性行为规范	MS1	公交出行办事时方便程度
10		MS2	您对公交舒适性的感觉
11		MS3	您对公交车安全性的感觉
12	行为习惯	XG1	过去是否以公交出行为主
13		XG2	过去采用公交出行的频率
14	行为意向	YX1	今后的出行中是否以公交出行为主
15		YX2	今后出行中是否愿意公交出行

## 5 模型标定及结果分析

### 5.1 模型运行

将建立的模型在 AMOS22.0 中进行极大似然估计,得到结构方程模型路径系数图,如图2所示。

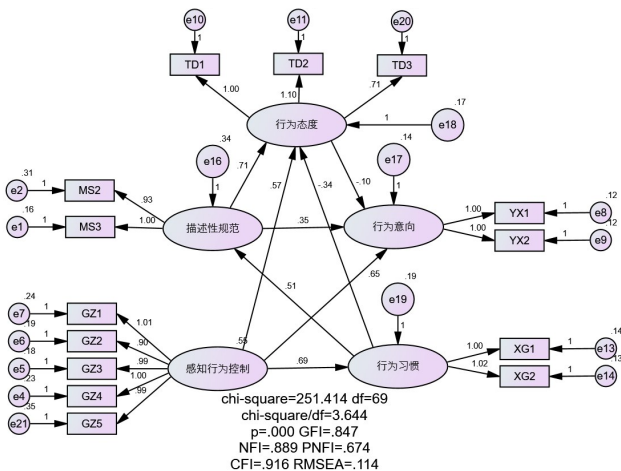


图2 模型路径系数图

表6列出了估计参数的标准化值(标准化因子载

荷)、平方多重相关系数(SMC)、参数标准误差、临界值比和p值。每个潜变量都对应一个组成信度(CR)与平均变异数萃取量(AVE)。所有构面的组成信度均大于0.6,平均变异数萃取量均大于0.5,符合标准,因此五个构面均具有收敛效度。

表6 估计参数的显著性

构面	题目	参数显著性估计				因素负荷量 Std.	题目信度 SMC
		Unstd.	S.E.	t-value	P		
行为意向	YX1	1				0.888	0.789
	YX2	1.001	0.062	16.256	***	0.891	0.794
组成信度(CR)		0.691		平均变异数萃取量(AVE)		0.528	
行为态度	TD1	1				0.818	0.669
	TD2	1.311	0.111	11.859	***	1.003	1.006
	TD3	0.749	0.082	9.131	***	0.581	0.338
组成信度(CR)		0.840		平均变异数萃取量(AVE)		0.645	
描述性规范	MS3	1				0.864	0.746
	MS2	0.933	0.090	10.344	***	0.753	0.567
组成信度(CR)		0.608		平均变异数萃取量(AVE)		0.438	
感知行为控制	GZ4	1				0.841	0.707
	GZ3	0.977	0.068	14.280	***	0.859	0.738
	GZ2	0.892	0.060	14.857	***	0.834	0.696
	GZ1	1.041	0.072	14.052	***	0.841	0.707
行为习惯	XG1	1				0.878	0.771
	XG2	1.023	0.067	15.163	***	0.886	0.785
组成信度(CR)		0.683		平均变异数萃取量(AVE)		0.519	

注:\*\*\*代表p值小于0.001

### 5.2 模型适配度

模型的卡方与自由度之比为3.644,拟合优度指数为0.847,规范拟合优度指数为0.889,简约规范拟合度指数为0.674,模型比较适合度为0.916,近似误差均方根为0.125,对应评价标准可知,模型总体可以接受,见表7。

表7 模型整体适配度比较

指标名称	评价标准		模型值
	好	可以接受	
卡方与自由度之比	1.0-2.0	<7(样本量>200)	3.644
拟合优度指数(GFI)	>0.9	[0.7, 0.9)	0.847
规范拟合优度指数(NFI)	>0.9	[0.7, 0.9)	0.889
简约规范拟合指数(PNFI)		>0.5	0.674
模型比较适合度(CFI)	>0.9	[0.7, 0.9)	0.916
近似误差均方根(RMSEA)	<0.05	<0.1	0.114

## 6 结论

本文利用结构方程模型以及温岭市居民公交出行调查数据,结合计划行为理论,选择相应的内生变量和外生变量,以出行者个体为分析单位,构建了公交计划行为结构方程模型,并进行(下转第146页)



终端流程与通过手机/平板控制物联网终端流程一样的,主要不同的地方就是云端介面会让使用者可以选择要监控的网关,获取信息数据与控制的流程是一样的流程。

## 5 结语

高校实验室安全管理一直是学校管理的重点,已经出现的实验室安全事故导致了大量的人员和财产损失,传统的实验室环境安全监测是被动的,事后式的管理模式。在物联网环境下,利用物联网连接实验室的各种监测传感器可以轻松进行环境监测和智能监测,将各种设备连接成一个网络,从而进行智能化、网络化管理模式,为高校实验室安全管理提供了一个有益的、可靠地管理模式,提升管理效率,能有效地防止实验室灾难事故和仪器设备失窃等现象。同时该系统具有较高的可扩展性,针对不同性质的实验室,可以自由的添加有需要的传感器连接到物联网上,以满足实验室安全管理需要。

### [参考文献]

[1]冯建跃,张新祥.开展实验室安全督查,提升高校安全管理水平[J].实验技术与管理,2016,33(9):1-4.

- [2]王杰.高校实验室安全管理体系探索[J].实验室研究与探索,2016,35(8):185-188.
- [3]张海峰,张帆.基于安全文化建设的实验安全管理探索[J].2017,34(9):243-247.
- [4]王林燕,陈亮.实验室危险因素评估及安全准入管理探索[J].实验技术与管理,2017,34(5):263-265.
- [5]王勤.基于“五位一体”安全管理体系下的实验室安全检查工作路径探索[J].实验技术与管理,2019,36(11):7-10.
- [6]曲娜,盛桂珍,杨海波.基于物联网技术的智慧开放实验室管理系统涉及[J].实验技术与管理,2015,32(12):140-142.
- [7]崔贯勋.基于物联网技术的实验室安全管理系统的的设计[J].实验室研究与探索,2015,34(3):287-290.
- [8]张民奎.基于物联网的实验室安全管理系统的设计与实现[D].大连:大连理工大学,2015.
- [9]杜伟略,潘建.物联网综合实训平台设计[J].实验技术与管理,2012,29(2):63-67.
- [10]徐小林.高校物联网实验室建设与管理[J].湖北师范学院学报,2016,36(4):18-21.
- [11]张恩满,赵春焕,钟晨,等.基于LoRaWAN的远程抄表系统[J].建设科技,2017,(6):41-43.
- [12]吴程浩.基于MQTT及云平台的PLC远程监控系统[J].工业控制计算机,2019,(32):39-42.
- [13]胡存,骆德汉,施念栋.基于Modbus与MQTT融合工业能耗网关系统设计[J].物联网技术,2019,9(4):49-54.
- [14]何体,杨继新,刘志宇.基于MQTT协议的车间设备物联网系统研发[J].组合机床与自动化加工技术,2019(4):154-156.
- [15]孙进,王凯,王亚刚.基于微信公众平台的工业物联网系统设计与实现[J].软件导刊,2019,18(3):91-93.

(上接第 111 页)了模型参数估计,明确了外生变量对内生变量的影响以及内生变量彼此之间的关系,为居民公交出行心理研究提供了一种新思路。研究结论如下:

(1)影响居民公交出行行为意向的影响因素涉及:行为态度、描述性规范、行为习惯、感知行为控制,其中行为态度、描述性规范以及感知行为控制直接影响了行为意向,行为习惯通过描述性规范与行为态度间接影响了行为意向。

(2)经过 AMOS 分析, H8 与 H3 不成立,由此可知行为习惯对行为态度有着负面的影响,人们对一事物习惯加深,其所产生的负面情绪可能会增加。行为态度对行为意向略有负面影响。

(3)因此,为了能够使人们更多采用公共交通出行,需要从描述性规范、感知行为控制、行为习惯三

方面来加深出行者对公交出行的意愿。

### [参考文献]

- [1]王茁,张鸣轩.非集计模型在公交出行方式选择中的应用[J].山东交通学院学报,2020,28(1):24-31.
- [2]Haustein S,Hunecke M,Grischkat S,et al.Attitude-Based Target Groups to Reduce the Ecological Impact of Daily Mobility Behavior[J].Journal of Environmental Psychology,2010,42(1):3-43.
- [3]戴权,梁坤,栾琨.基于计划行为理论的居民公交出行行为研究[J].西部交通科技,2016,(8):89-92.
- [4]陈坚,杨亚琛,李小兵,等.基于SEM的城市公交方式选择行为模型[J].交通运输系统工程与信息,2014,14(5):202-208.
- [5]吴明隆.结构方程模型:AMOS的操作与应用[M].重庆:重庆大学出版社,2010.
- [6]张学军.结构方程建模应用中的十大问题[J].统计与决策,2007,(9):130-132.
- [7]Van Acker V,Witlox F, Van Wee B.The effects of the land use system on travel behavior:a structural equation modeling approach[J].Transportation Planning Technology,2007,30(4):331-353.