

DOI:10.11918/j.issn.0367-6234.201703059

信息诱导对交叉口驾驶行为影响

王雨桐¹, 陈旭梅¹, 孙小菲²

(1. 城市交通复杂系统理论与技术教育部重点实验室(北京交通大学), 北京 100044;

2. 北京首都国际机场股份有限公司, 北京 100621)

摘要: 为提高驾驶员对诱导信息的采用意愿, 基于结构方程模型(structural equation modeling, SEM)及改进式科技接受模型(technology acceptance model, TAM)思想, 构建了驾驶行为影响研究模型, 在已有研究基础上确定驾驶员对交叉口处诱导信息采用意向的影响因素, 可分为个体因素、系统(信息)因素及环境因素. 通过对北京市驾驶员进行偏好调查得到1544份有效样本数据, 对模型进行辨识及修正, 并利用统计分析方法验证模型假设. 结果表明: 交叉口诱导信息的采用意向受驾驶员对信息的感知有用性、对信息的信任程度及交叉口交通状况(环境)直接影响, 研究结果对提高诱导信息的服务效率具有重要的指导意义.

关键词: 诱导信息; 道路交叉口; 驾驶行为; SEM; TAM

中图分类号: U121

文献标志码: A

文章编号: 0367-6234(2017)08-0171-06

Influence of information guidance system on driving behavior at intersections

WANG Yutong¹, CHEN Xumei¹, SUN Xiaofei²

(1. MOE Key Laboratory for Urban Transportation Complex Systems Theory and Technology (Beijing Jiaotong University), Beijing 100044, China; 2. Beijing Capital International Airport Co., Ltd., Beijing 100621, China)

Abstract: This paper is intended to study the impacts of information guidance system on driving behavior at intersections. Using the structural equation model (SEM) and the improved technology acceptance model (TAM), a method was proposed to analyze the impacts on the driving behavior. On the basis of literature review, the factors that affect drivers' preference to the guidance information at intersections were determined. The factors can be divided into individual factors, system (or information) factors, and environmental factors. 1544 valid samples were obtained with the preference survey of the drivers in Beijing, and the proposed model was examined and refined. Then, statistical methods were used to verify the hypothesis of the proposed model. The results have shown that perceived usefulness of the information, credibility of the information, and traffic conditions mainly affect the drivers' preference to the guidance information. The study provides supports to improve the efficiency of the information guidance system.

Keywords: information guidance system; road intersections; driving behavior; SEM; TAM

交叉口作为城市道路重要节点, 交通流在此汇集、分支、相互影响, 为了营造良好的交通秩序, 避免交通事故发生, 车辆大多都会经历减速(或停车)、加速的过程, 使得机动车延误增加, 车辆行驶工况更加复杂, 进而导致交叉口处车辆尾气排放相比其他道路路段更为严重. 因此, 交叉口处交通行为对空气质量与资源损耗起着至关重要的作用. 智能交通系统的迅速发展为提高城市交通系统的运行效率及缓解交通系统对环境造成污染起到关键性作用, 信息诱导技术作为其重要分支, 其形式包括路边信息板和车内显示器, 可为交叉口驾驶员提供速度建议,

进而提高道路运行效率, 减少车辆尾气排放, 增强驾驶安全性和稳定性. 然而, 在交通管理与控制中, 最复杂和难以把握的因素是出行者. 信息诱导对交叉口驾驶员行为有怎样的影响以及驾驶员对交叉口处诱导信息的接受程度取决于哪些因素等一系列的问题亟需国内外学者的研究关注. 目前, 国内外学者主要通过偏好调查^[1-3]并运用仿真^[4-7]的方法, 主要研究了信息诱导对驾驶员路径选择行为和对整个交通网络运行状况的影响. 对于交叉口处诱导信息的研究内容侧重于通过利用仿真技术, 从减少排放以提高环境效益的角度研究信息诱导与交叉口驾驶行为之间的关系^[8-9], 此外, 从驾驶员认知的角度探究交叉口处诱导信息对驾驶行为变化的影响情况^[10-11], 而目前研究成果忽略了驾驶员对交叉口处诱导信息反应的异质性, 缺乏作为道路关键节点的

收稿日期: 2017-03-11

基金项目: 国家自然科学基金(71373018)

作者简介: 王雨桐(1994—), 女, 硕士研究生;

陈旭梅(1974—), 女, 教授, 博士生导师

通信作者: 陈旭梅, xmchen@bjtu.edu.cn

信号交叉口处驾驶员对诱导信息接受程度的影响因素研究. 基于此, 本文基于偏好调查, 探究影响驾驶员对诱导信息接受程度的因素, 并通过构建结构方程, 量化驾驶员对诱导信息接受程度影响因素间的关系. 研究结果有利于提高交叉口处信息诱导系统服务效率, 改善交叉口交通运行效率, 为驾驶员信息系统的持续深入研究和提供理论依据.

1 研究方法

本文基于结构方程模型 (SEM) 及改进式科技接受模型 (TAM) 研究交叉口处诱导信息对驾驶员的行为影响, SEM 用以研究多变量之间的相关关系, TAM 用以探讨用户对信息或科技的采用态度或行为意向. 因此, 本文利用 TAM 对交叉口驾驶员的采用意向进行研究, 并结合 SEM 对影响交叉口驾驶员的诱导信息采用意向的不同因素进行分析.

1.1 结构方程模型 (SEM)

结构方程模型 (SEM) [12] 是基于变量的协方差矩阵分析变量之间关系的一种统计方法. 作为一种建立、估计和检验因果关系模型的方法, SEM 通过观测变量集合间的协方差结构和相关结构, 从定量角度建立模型来研究变量间的因果关系. SEM 分为测量模型和结构模型 [12] 两部分, 模型示意图如图 1 所示.

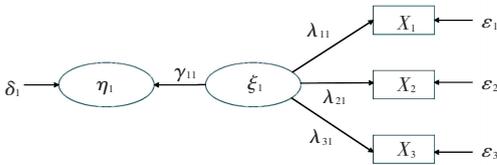


图 1 SEM 示意图

Fig.1 Diagram of SEM

如图 1 所示, 本文将影响驾驶员对诱导信息的采用意向及其影响因素构成模型潜在变量, 为潜在变量构造合理的观测变量, 观测变量受潜在变量影响, 构成测量方程组 [12] 为

$$\begin{cases} X_1 = \lambda_{11}\xi_1 + \varepsilon_1, \\ X_2 = \lambda_{21}\xi_1 + \varepsilon_2, \\ X_3 = \lambda_{31}\xi_1 + \varepsilon_3. \end{cases} \quad (1)$$

式中: X_1, X_2, X_3 为观测变量; ξ_1 为潜在变量; $\lambda_{11}, \lambda_{21}, \lambda_{31}$ 为潜在变量与观测变量间关系系数; $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$ 为残差, 即方程中未能解释的部分.

同时, 潜在变量与潜在变量之间因果关系, 构成结构方程 [12]

$$\eta_1 = \gamma_{11}\xi_1 + \delta_1. \quad (2)$$

式中: ξ_1 为外因潜变量, 即表示原因的潜在变量; η_1 为内因潜变量, 即表示结果的潜在变量; γ_{11} 为潜在

变量间关系系数; δ_1 为残差.

为研究交叉口处驾驶员行为意向影响要素, 考虑要素的不可观测性, 本文侧重于结构方程, 以探索诱导信息的采用意向及其影响因素之间的关系为目标, 构建信息诱导对交叉口处驾驶员行为影响的结构方程模型.

1.2 科技接受模型 (TAM)

Davis [13] 以理性行为理论为基础, 提出用科技接受模型 (TAM) 来探讨信息科技的采用行为及其相关影响因素. 传统 TAM 构架 [13] 如图 2 所示. 该模型提出当“行为”指的是对“信息”的接受行为时, 态度 (即个体对行为所持有的态度或信念) 比主观规范 (即个体对采取行为感受到的社会压力) 有更强的影响力 [14]. 采用意向会受到行为用户态度的影响, 即用户对信息使用的态度越正向, 对信息的接受度也会越高. 因而提出假设 (H1): 态度对采用意向有显著正向影响.

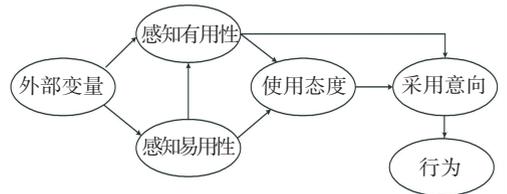


图 2 传统 TAM 示意图

Fig.2 Diagram of classical TAM

外部变量 [13] 表示对用户感知有用性及感知易用性产生影响的因素, 如个体特征、信息特点、环境因素等.

感知有用性 [13] 是指个人主观认为接受信息对自己有帮助, 当用户认为信息对自身有帮助时, 对信息的使用态度就越正向, 同时, 用户接受信息改变行为的意愿也就越正向. 由此提出假设 (H2): 感知有用性对态度有显著正向影响; 假设 (H3): 感知有用性对采用意向有显著正向影响.

感知易用性 [13] 是指用户主观认为信息使用的容易程度, 当用户认为信息越容易使用时, 对信息的使用态度就越正向, 同时感知有用性也就越正向. 由此提出假设 (H4): 感知易用性对态度有显著正向影响; 假设 (H5): 感知易用性对感知有用性有显著正向影响.

本文采用 TAM 探究驾驶员对诱导信息的采用意向. 基于此, 以采用意向为核心研究对象, 在传统 TAM 基础上, 提出改进式 TAM, 考虑外部变量与感知易用性对使用者采用意向的直接影响, 即提出假设 (H5): 外部变量对用户的采用意向有显著正向或负向影响; 假设 (H6): 感知易用性对采用意向有

显著正向影响,具体示意图如后文图 3 所示. 改进式 TAM 用以研究交叉口处驾驶员对诱导信息采用意向的影响因素,进而进行交叉口处驾驶行为影响分析.

2 信息诱导对交叉口驾驶行为影响的结构方程模型构建

交叉口处信息诱导本质上是利用现代的智能信息技术为出行者提供交通信息,因而可以基于 TAM 的基本思想,运用 SEM 构建驾驶员对交叉口处诱导信息采用意向模型.

2.1 模型构成与假设说明

本文构建的结构方程以改进式 TAM 中的所有变量作为潜在变量,包括驾驶员对交叉口处诱导信息的感知有用性、感知易用性、诱导信息采用意向及外部变量,并为潜在变量选取恰当的观测变量,以量化交叉口驾驶员对诱导信息采用意向与其影响因素之间的关系.

图 3 中除感知有用性、感知易用性及诱导信息采用意向以外的其他潜在变量,即为改进式 TAM 中的外部变量,包括可能对诱导信息的采用意向、感知有用性及感知易用性产生影响的因素,分为驾驶员相关因素、诱导信息自身属性、以及环境因素. 驾驶员相关因素选取驾驶员对诱导信息的信任度、驾驶员个体属性,探究驾驶员对诱导信息的采用意向影响情况;诱导信息自身属性因素选取信息特性作为潜在变量,反映不同展现形式的诱导信息对驾驶员感知产生的影响,这一影响可能与驾驶员对诱导信息的感知有用性、感知易用性及采用意向相关;环境因素考虑交叉口处交通量状况.

模型拟合结果 P 值(显著性验证)确定模型假设关系是否成立.

各假设具体如下:假设 1(H1):感知有用性对诱导信息采用意向有显著正向影响;假设 2(H2):感知易用性对诱导信息采用意向有显著正向影响;假设 3(H3):感知易用性对感知有用性有显著正向影响;假设 4(H4):驾驶员对诱导信息信任度对诱导信息采用意向有显著正向影响;假设 5(H5):个体属性对诱导信息采用意向有显著正向或负向影响;假设 6(H6):信息特性对诱导信息采用意向有显著正向或负向影响;假设 7(H7):信息特性对感知有用性有显著正向或负向影响;假设 8(H8):信息特性对感知易用性有显著正向或负向影响;假设 9(H9):交叉口处交通状况对诱导信息采用意向有显著正向或负向影响.

2.2 变量选取

由于上述信息诱导对交叉口驾驶行为影响的结构方程模型中的各变量均为潜在变量,无法直接进行测量,需采用选取可进行测量变量的方法,对各潜在变量选取一个或多个观测变量,从而进行潜在变量的估计.

根据已有驾驶员对于采用诱导信息的影响因素方面的研究成果^[15],为各潜在变量选取具体的观测变量. 个体属性(PA)考虑驾驶员性别、年龄、学历等差异及驾驶员驾车习惯等与驾驶相关的特征,选取的观测变量为:性别(Gender),年龄(Age),学历(Edu),驾龄(DA),驾驶习惯(DH),驾驶时间(DT)及路段熟悉程度(RF);环境因素考虑交叉口处交通状况(TC),不同数量或车型对驾驶员产生的影响,选取观测变量为:交叉口车流量小时,我会根据诱导信息改变驾驶行为(Q1),交叉口车流量大时,我会根据诱导信息改变驾驶行为(Q2),交叉口公交车较多时,我会根据诱导信息改变驾驶行为(Q3);诱导信息的采用意向(IU)的观测变量为:我愿意在交叉口处根据提示信息尝试新的驾驶行为使驾驶更平稳(Q4);诱导信息的信任度(TRUST)则考虑驾驶员对诱导信息的信任及重要性程度,并将诱导信息与驾驶经验作比较,以此反映诱导信息的信任程度,观测变量为:我认为交叉口处提供的诱导信息无关紧要(Q5),我认为驾驶经验比交叉口处诱导信息重要(Q6);感知有用性(PU)的观测变量为:开车时,我会留意交叉口路边或车内的诱导信息(Q7),我认为提供的诱导信息对我驾驶有帮助(Q8);感知易用性(PEOU)的观测变量为:根据交叉口处诱导信息改变驾驶行为很麻烦(Q9),根据交叉口处诱导信息改变驾驶行为反而会增加我驾驶的难度(Q10);信息

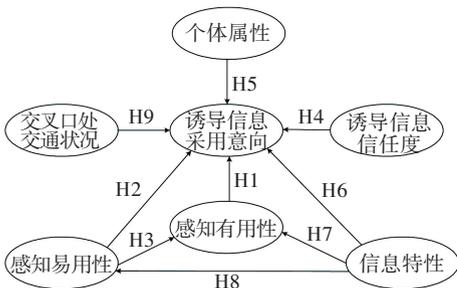


图 3 信息诱导对交叉口驾驶行为影响的结构模型

Fig.3 Model of the influence of guidance information on driving behavior at intersections

通常情况下,驾驶员主观认为诱导信息提示内容越重要,诱导信息的采用意向越正向,其他变量在此假设均正向或负向对诱导信息采用意向或驾驶员的感知有用性或易用性产生影响. 因此,如图 3 所示,结合以上论述,本文对模型中所有潜在变量之间的影响关系建立了 9 个假设(H1~H9),而后根据

特性 (IA) 由诱导信息的展现形式所反映, 体现不同形式的诱导信息对驾驶员接受信息的影响, 观测变量为: 相比交叉口设置的路边信息板, 显示器提示诱导信息更清晰 (Q11), 相比文字型诱导信息, 图片型诱导信息更利于理解 (Q12).

2.3 模型构建

根据上述假设基础及选取的变量, 构建信息诱导对交叉口驾驶行为影响的模型, 利用结构方程分析软件 Amos21.0 创建模型结构示意图, 如图 4 所示. 该模型中, 椭圆形表示潜在变量, 矩形表示观测变量, 圆形表示观测变量及潜在变量残差, 单向箭头表示因果关系, 双向箭头表示相关关系, 最终结果箭头均有回归权重系数, 可通过系数大小确定各变量之间的相互关系.

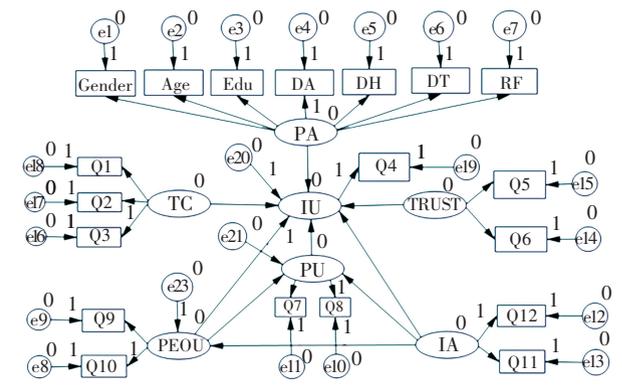


图 4 信息诱导对交叉口驾驶行为影响的模型整体结构

Fig. 4 Structure of model of guidance information on driving behavior at intersections

模型中, 共有 3 个内生潜变量, 即因果关系中表示结果的变量, 包括存在指向自身单向箭头的诱导信息采用意向 (IU), 感知有用性 (PU) 及感知易用性 (PEOU), 其余潜在变量包括个体属性 (PA)、交叉口交通状况 (TC)、诱导信息信任度 (TRUST) 及信息特性 (IA) 均属于外因潜变量, 根据相应的观测变量构建对应关系.

3 结构方程模型分析与检验

本研究采用问卷调查方法对构建的信息诱导对交叉口驾驶行为影响的结构方程模型所需数据进行收集, 并利用 Amos21.0 对模型进行验证性分析与检验, 由此, 对提出假设进行验证, 进而对影响驾驶员对诱导信息采用意向的要素进行分析.

3.1 信息诱导对交叉口驾驶行为影响调研

3.1.1 调查问卷设计

依据上述构建模型所选取的观测变量, 通过书面的形式并以严格设计的观测变量度量问题向被测驾驶员收集研究所需的数据信息. 问卷由两部分构成, 一项为驾驶员的基本信息调查, 另一项为诱导信

息影响调查.

个体属性变量由基本信息反映, 对应的观测变量由性别、年龄、学历、驾龄、驾驶习惯、驾驶时间及对路段的熟悉程度构成. 其中, 性别 (男或女) 及驾驶习惯 (冒险型或保守型) 均用 0, 1 变量表示; 年龄按 18~25、26~35、36~45、46~55 及 55 岁以上的区间划分, 分别以整数 1~5 进行表示; 学历划分为高中及以下、大专、本科、研究生及以上, 以整数 1~4 表示; 驾驶时间取平均每日大约驾车时间, 按 0~1 h、1~2 h、2~3 h、3~4 h、4~5 h 及 5 h 以上划分, 分别以整数 1~6 进行表示; 驾驶年龄采用实际驾驶年龄数.

除个体属性外, 其他潜在变量、观测变量均作为情况论述. 驾驶员对该论述的认同情况进行选择, 采用李克特方法^[16]确定量表评分等级. 李克特方法可将评估者以同意或不同意对某些态度、对象、个人或事件加以点评. 因此, 本调查要求被测驾驶员对论述进行评价, 分值表示为非常同意 (5 分)、同意 (4 分)、一般 (3 分)、反对 (2 分) 及非常反对 (1 分).

3.1.2 数据收集与分析

本次问卷调查对象为机动车驾驶员, 共发放问卷 1 700 份, 其中 700 份采取现场调查方式, 1 000 份采取网络调查, 最终回收有效问卷 1 544 份, 有效率为 90.8%. 其中, 71% 为男性驾驶员, 29% 为女性驾驶员, 驾驶员男女比例接近实际情况. 驾驶员平均驾龄为 5.74 a. 15% 的驾驶员认为自己驾驶习惯为冒险型, 85% 的驾驶员认为自己驾驶习惯为保守型.

将调查问卷数据录入 SPSS21.0 中, 对其进行质量分析, 从数据的信度检验和效度检验两方面进行质量控制: 1) 数据的信度检验. 信度^[17]指测量数据一致性或稳定性的程度. 由于本调查没有进行多次重复测量, 因此仅采用一致性测量数据的信度. 一致性主要考查各个问题是否测量了相同的内容. 在本问卷中, 同一潜在变量的可测变量集中反映某一方面的信息, 由此分别按潜在变量为单位分组分析数据的信度. 其中, 诱导效果认知与诱导信息采用意向均仅有一个观测问题, 此外, 信度分析方法不适用于测量事实性的问卷问题, 因而对个体属性、诱导效果认知及诱导信息的采用意向均不进行信度检验. 采用 SPSS21.0 中可靠性分析进行信度分析, 信度检验结果显示, 潜变量 Cronbach's Alpha 值^[18]分别为: 信息特性 0.714, 诱导信息信任度 0.759, 感知有用性 0.842, 感知易用性 0.804, 交叉口交通状况 0.865, 均大于 0.7, 且问卷整体 Cronbach's Alpha 值为 0.948 高于 0.9, 表明本调查设计的各问题间具有

较好的一致性且采用构建模型的数据具有较好的可靠性。2)数据的效度检验。效度^[17]指测量工具能够正确测量出所要测量的特质的程度,本文采用结构效度以便于进行效度检验。结构效度检验由模型系数结果及拟合指数评价两个方面完成,因此本文通过对模型拟合参数结果及模型拟合度指标评价反映构建模型是否具有较好的结构效度,具体结果如后文图 5 及表 1 所示。该结果表明模型具有较好的结构效度。

3.2 结构方程模型分析

3.2.1 模型拟合及参数估计

基于改进式 TAM 模型,利用 Amos21.0 探究驾驶员个体属性、信息特性、诱导信息的信任度、交叉口交通状况、感知易用性、感知有用性和采用意向间的关系。通过对模型拟合度结果不断修正,根据参数显著性情况及输出结果中的修正指数进行路径增删,以达到减小相对卡方值,并构建可用且较好的结构方程的目标。经过删减 3 条路径,标准化路径系数即因果关系中影响程度的大小符合要求(小于 1)且拟合度指标达到较好的水平。最终建立的 6 个假设(H1、H3、H4、H5、H8、H9)及拟合结果如图 5 所示。

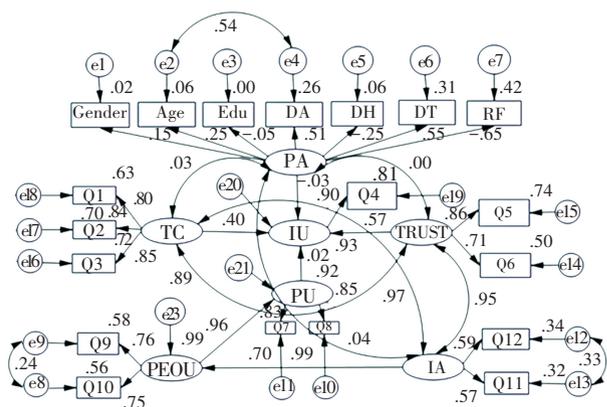


图 5 模型路径及标准化参数估计

Fig.5 Model paths and standardized parameter estimation

表 1 为对模型整体拟合度的指标检验的结果。各指标^[19]均表明该模型是较好且可用的模型。

表 1 整体拟合度指标

Tab. 1 Model fit indexes

拟合指标	指标值结果	建议值
相对卡方 (χ^2/df)	3.166	<5
近似误差均方根 (RMSEA)	0.037	<0.05
增值拟合度 (IFI)	0.979	>0.9,越接近 1 越好
常规拟合度 (NFI)	0.969	>0.9,越接近 1 越好
比较拟合度 (CFI)	0.979	>0.9,越接近 1 越好
减效规范拟合指数 (PNFI)	0.709	>0.5
减效比较拟合指数 (PCFI)	0.716	>0.5

3.2.2 假设检验及结果分析

模型拟合结果表明本文构建的结构方程模型拟合程度较高,本文提出的假设可由各个潜在变量之间的回归权重系数加以验证,即以路径系数和 P 值反映假设显著性水平,对模型中仍存在的路径系数结果进行讨论,其输出结果见表 2。

表 2 模型假设检验结果

Tab.2 Result of hypotheses test

模型假设	对应路径	路径系数	P	显著性
H1	IU←PU	0.022	0.008	显著
H3	PU←PEOU	0.957	<0.001	显著
H4	IU←TRUST	0.570	<0.001	显著
H5	IU←PA	-0.025	0.229	不显著
H8	PEOU←IA	0.993	<0.001	显著
H9	IU←TC	0.401	<0.001	显著

根据表 2 中路径系数,可知:信息诱导对交叉口驾驶员行为的直接影响要素包括驾驶员对诱导信息的信任程度,驾驶员对诱导信息的感知有用性及交叉口的交通状况,其中,驾驶员对诱导信息的信任程度对驾驶员行为影响程度最大(路径系数最大为 0.57),交叉口交通状况次之(路径系数为 0.401),感知有用性直接影响程度最小(路径系数为 0.022),而假设中个体属性对诱导信息采用态度影响结果相对不显著,与变量选取及影响关系的相对性有关。

进一步结合信任度变量的观测变量,可知当驾驶员认为交叉口诱导信息对于其驾驶过程十分重要,驾驶员会更加愿意尝试诱导信息对其提示的驾驶行为。由此,向驾驶员发布及时、有效的引导信息,提高驾驶员对提示信息的信任程度将成为提高驾驶员采用诱导信息意愿的关键。另外,以交叉口的交通状态代表环境因素,表明交叉口处的诱导信息采用意向受到不同交通量及不同车型比例的交通状况影响,交通量较小且公交车比例较大的交叉口更有利于为驾驶员提供有效的诱导信息。而感知易用性及信息特性均作为其间接影响因素,结果表明车内显示器较路边提示板更利于驾驶员采用诱导信息,驾驶员更倾向于图片型信息展现形式。

4 结 论

1) 基于改进式科技接受模型,构建信息诱导对交叉口驾驶行为影响的结构方程模型,并选取多个交叉口处驾驶员行为意向的影响因素。并利用实际偏好调查数据,对模型进行拟合及分析,信息诱导对交叉口处驾驶员行为影响的结构方程模型结果检验研究支持所提出的多数假设。

2) 研究结果表明驾驶员对交叉口处诱导信息

的采用意向受驾驶员对诱导信息的信任程度、环境因素及对诱导信息的感知有用性直接影响,受诱导信息特性及感知易用性的间接影响。

3) 影响因素中,驾驶员对诱导信息的信任度对驾驶员的影响最大,表明提高驾驶员对交叉口诱导信息的信任程度,成为引导交叉口驾驶员的驾驶行为,提升诱导信息的采用意向以提高道路交通效率及安全性的关键。

参考文献

- [1] ALDER J L. Investigating the learning effects of route guidance and traffic advisories on route choice behavior [J]. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 2001, 9(1): 1-14.
- [2] 辛飞飞, 韦龙雨. 交通诱导信息对驾驶员路径选择行为影响调查分析 [J]. *交通信息与安全*, 2013, 31(3): 64-68.
XIN Feifei, WEI Longyu. Effects of variable message sign guidance information on driver's route choice [J]. *Journal of Transportation and Safety*, 2013, 31(3): 64-68.
- [3] 江琦. 基于驾驶人出行行为的交通信息发布策略及系统设计 [D]. 南京: 东南大学, 2013.
JIANG Qi. Strategy and system design for travel information release [D]. Nanjing: Southeast University, 2013.
- [4] KARTHIK S, GUO Zhiyong. Day-to-day evolution of network flows under departure time dynamics in commuter decisions [J]. *Transportation Research Record: Journal of Transportation Research Board*, 2003, 1831(6): 47-56.
- [5] LEVINSON D. The value of advanced traveler information systems for route choice [J]. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 2003, 11(1): 75-87.
- [6] KARTHIK S, GUO Zhiyong. Day-to-day evolution of network flows under route-choice dynamics in commuter decisions [J]. *Transportation Research Record: Journal of Transportation Research Board*, 2004, 1894(21): 198-208.
- [7] 姜桂艳, 郑祖舵, 白竹, 等. 拥挤条件下可变信息板交通诱导信息对驾驶行为的影响 [J]. *吉林大学学报(工学版)*, 2006, 36(2): 183-187.
JIANG Guiyan, ZHENG Zuduo, BAI Zhu, et al. Simulation-based-assessment of variable message signs route guidance information under congestion condition [J]. *Journal of Jilin University Engineering and Technology Edition*, 2006, 36(2): 183-187.
- [8] LI M, BORIBOONSOMSIN K, WU G, et al. Traffic energy and emission reductions at signalized intersections: a study of the benefits of advanced driver information [J]. *International Journal of Intelligent Transportation Systems Research*, 2009, 7(1): 49-58.
- [9] STEVANOVIC A, STEVANOVIC J, KERGAJE C. Green light optimized speed advisory systems: impact of signal phasing information accuracy [J]. *Transportation Research Record: Journal of Transportation Research Board*, 2013, 2390(6): 53-59.
- [10] 童小兵, 林航飞. 交通信息系统对安全驾驶的影响研究 [J]. *综合运输*, 2001, 23(12): 28-31.
TONG Xiaobing, LIN Hangfei. The effects of traffic information system on safety driving [J]. *Comprehensive Transportation*, 2001, 23(12): 28-31.
- [11] 徐良杰. 基于自组织理论的交叉口群驾驶员行为机理研究 [D]. 武汉: 武汉理工大学, 2014.
XU Liangjie. Mechanism study on driver behavior in intersections group based on self-organization theory [D]. Wuhan: Wuhan University of Technology, 2014.
- [12] 严海, 王熙蕊, 梁文博, 等. 基于结构方程模型的通勤交通方式选择 [J]. *北京工业大学学报*, 2015, 41(4): 590-596.
YAN Hai, WANG Xirui, LIANG Wenbo, et al. Commute traffic mode choice based on Structural Equation Model [J]. *Journal of Beijing Polytechnic University*, 2015, 41(4): 590-596.
- [13] DAVIS F D. Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology [J]. *MIS Quarterly*, 1989, 13(3): 319-340.
- [14] 徐敬俊, 权锡鉴, 葛珊珊. 基于行为计划理论的高铁乘客选择行为意向研究 [J]. *经济管理*, 2016, 38(2): 103-113.
XU Jingjun, QUAN Xijian, GE Shanshan. The study of high-speed rail passenger's choice behavior intention based on theory of planned behavior [J]. *Economic Management*, 2016, 38(2): 103-113.
- [15] 魏雪梅, 戢晓峰, 陈方. 基于 SEM 的驾驶员出行信息搜寻行为分析 [J]. *交通运输系统工程与信息*, 2012, 12(3): 174-179.
WEI Xuemei, JI Xiaofeng, CHEN Fang. Drivers' travel information searching behavior study with structural equation modeling [J]. *Journal of Transportation Systems Engineering and Information*, 2012, 12(3): 174-179.
- [16] 方宝. Likert 等级量表调查结果有效性的影响因素探析 [J]. *十堰职业技术学院学报*, 2009, 22(2): 25-28.
FANG Bao. An analysis of the factors influencing the effectiveness of Likert rating scale's investigation result [J]. *Journal of Shiyan Technical Institute*, 2009, 22(2): 25-28.
- [17] 骆勇. 道路交通中攻击性驾驶行为分析与研究 [D]. 成都: 西南交通大学, 2009.
LUO Yong. Analysis and research of aggressive driving behavior at the road traffic [D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2009.
- [18] KAISER H F. An Index of factorial simplicity [J]. *Psychometrika*, 1974, 39(1): 31-36.
- [19] 侯杰泰, 温忠麟, 成子娟. 结构方程模型及其应用 [M]. 北京: 教育科学出版社, 2004: 1-3.
HOU Jietai, WEN Zhonglin, CHENG Zijuan. Structural equation model and its applications [M]. Beijing: Educational Science Publishing House, 2004: 1-3.

(编辑 魏希柱)