

驾驶人对可变信息标志关注度影响因素分析^{*}马壮林¹, 赵文静², 李露¹

(1. 长安大学 汽车学院, 陕西 西安 700064; 2. 中南大学 交通运输工程学院, 湖南 长沙 410075)

摘要: 为了提高西安市城市道路驾驶人对可变信息标志(Variable Message Signs, VMS)的使用率, 采用行为偏好(Revealed Preference, RP)调查方法, 对私家车和出租车驾驶人进行问卷调查, 获得驾驶人的个人属性、出行特征、VMS 发布形式和 VMS 发布内容与驾驶人对 VMS 信息关注度之间的关系, 分别采用有序 Logit 模型和部分比例优势模型构建驾驶人对 VMS 信息的关注度模型, 采用拟合优度检验对比两个模型的优劣。结果表明, 在有序 Logit 模型和部分比例优势模型中, 驾龄(6 年及以上)、职业(个体经营者)、出行目的(休闲娱乐和其他)、VMS 发布形式(图文混合)和 VMS 发布内容(拥堵原因)5 个自变量显著影响驾驶人对 VMS 信息的关注程度; 在部分比例优势模型中, 职业(个体经营者)、出行目的(其他)2 个变量违反了平行假设; 6 年及以上驾龄、职业为个体经营者和图文混合信息 3 个变量有助于增加驾驶人对 VMS 信息偶尔关注和比较关注的可能性, 出行目的(休闲娱乐和其他)、拥堵原因信息 2 个变量有助于减少驾驶人对 VMS 信息比较关注的可能性。

关键词: 城市交通; 可变信息标志; 关注度; 有序 Logit 模型; 部分比例优势模型

中图分类号: U491.5

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2018)01-0040-05

为了缓解目前日益严重的城市交通拥堵, 城市交通管理部门通过设置可变信息标志(Variable Message Signs, VMS)向驾驶人提供实时路况信息, 帮助驾驶人选择最佳出行路径。驾驶人受 VMS 信息影响的过程包括观测阶段、读取阶段、决策阶段和操作阶段, 其中观测阶段是其他 3 个阶段的前提, 即驾驶人对 VMS 信息的读取、对路径选择决策的确定及驾驶人路径行为的实施都是建立在驾驶人关注 VMS 信息的基础上。因此, 分析影响驾驶人对 VMS 信息关注度的因素, 有助于帮助城市交通管理部门设置更易引起驾驶人注意的 VMS 信息。

研究发现驾驶人对 VMS 信息的感知程度(如关注度、信任度等)显著影响驾驶人的路径选择行为; Madanat S. M. 等发现驾驶人对 VMS 信息的感知程度显著影响驾驶人的路径选择行为; Wardman M. 等发现拥堵时间、出行时间和拥堵原因等信息对驾驶人路径选择行为有显著影响, 且拥堵时间信息对驾驶人的影响程度远大于出行时间和拥堵原因信息; Wang J. H. 等发现与纯文字信息相比, 有图形辅助的 VMS 信息更易引起驾驶人的关注; 陈希发现驾驶人的路径选择行为与驾驶人驾龄、对 VMS 的

关注程度和信任度有密切关系; 刑锐发现驾驶人驾龄、对 VMS 关注度频率、VMS 信息的准确性和及时性对驾驶人路径选择行为有显著影响; 王卫卫等发现 VMS 信息的可信度越高, 越易引起驾驶人的关注和接受; 曹亚康发现驾驶人对 VMS 的信任度越高, 按照 VMS 提供的信息改变出行路径的概率越大。

一些学者采用二项 Logit 模型和多项 Logit 模型分析驾驶人对 VMS 信息的反应行为。当驾驶人对 VMS 信息的反应行为为若干个等级时, 一些学者采用有序 Logit 模型分析驾驶人对 VMS 信息的反应行为。但有序 Logit 模型中相同自变量的回归系数在不同等级中是固定不变的, 即有序 Logit 模型要满足平行假设。事实上, 一些自变量可以满足平行假设, 一些自变量会违反平行假设。因此, 有学者提出用部分比例优势模型代替有序 Logit 模型, 即通过松弛有序 Logit 模型中违反平行假设的自变量来满足建模要求。该文以西安市城市道路驾驶人为研究对象, 从个人属性、出行特征、VMS 发布形式和 VMS 发布内容四方面选择 8 个自变量, 分别采用有序 Logit 模型和部分比例优势模型构建驾驶人

^{*} 基金项目: 陕西省自然科学基金基础研究计划项目(2017JM5084); 长安大学中央高校教育教学改革专项资金建设项目(310622171304; 310622171405)

对 VMS 信息的关注度模型,选择决定系数 ρ^2 、AIC 准则和 BIC 准则 3 个指标对两模型进行拟合优度检验,对比分析其优劣,分析驾驶人对 VMS 信息关注度的显著影响因素,为 VMS 信息指导驾驶人选择最佳路径提供理论依据。

1 数据采集

交通行为数据是进行交通行为分析的基础,主要包括个人属性、出行特征及日常出行数据等。交通行为数据的调查方法包括行为偏好 (Revealed Preference, RP) 调查和陈述偏好 (Stated Preference, SP) 调查 2 种。其中:RP 调查是对已发生的事情进行调查,其目的是在特定条件下了解被调查对象对事情的实际选择情况和偏好;SP 调查是对情景假设事情的选择情况进行调查,其目的是在情景假设情况下了解被调查对象对未发生事情的选择情况。考虑到该文主要调查驾驶人在行车过程中对 VMS 信息的实际关注情况,采用 RP 调查方法。

以西安市城市道路上有驾车经验的私家车和出租车驾驶人为调查对象,采用 RP 调查方法调查西安市城市道路驾驶人的个人属性、出行特征、VMS 信息发布形式和 VMS 发布内容对 VMS 信息关注度的影响。采用现场调查和网络调查相结合的方式,现场调查以图 1 所示 4 个加油站为调查地点,共发放调查问卷 520 份,回收 473 份;网络调查以问卷星网站为平台,共收集调查问卷 212 份。通过对所有问卷进行整理和筛选,对存在漏填的问卷进行过滤,同时检测识别错填的问卷,最终确认有效问卷 577 份,有效率达到 84.23%。



图 1 现场调查地点

2 变量选取与分析

选取驾驶人对 VMS 信息的关注程度作为因变量,将驾驶人对 VMS 信息的关注程度分为不太关注、偶尔关注和比较关注 3 个等级。从驾驶人个人属性、出行特征、VMS 信息发布形式和 VMS 发布内容四方面选取 8 个自变量,其中驾驶人个人属性包括性别、驾龄、学历、职业和月收入,出行特征包括出行目的。自变量描述见表 1。

表 1 自变量描述

变量	编码	百分比/%
VMS 信息关注度	不太关注=1	29.81
	偶尔关注=2	43.67
	比较关注=3	26.52
性别	女性=0	25.82
	男性=1	74.18
驾龄	6 年以下驾龄=0	73.31
	6 年及以上驾龄=1	26.69
学历	本科以下=0	42.46
	本科及以上=1	57.54
职业	行政及事业单位=1	13.00
	个体经营者=2	33.10
	其他=3	53.90
月收入	6 000 元及以下=0	77.64
	6 000 元以上=1	22.36
出行目的	上班及上学=1	36.40
	休闲娱乐=2	23.40
	其他=3	40.21
VMS 发布形式	文字式=1	22.70
	图形式=2	30.33
	图文混合=3	46.97
VMS 发布内容	拥堵时间=1	27.21
	拥堵原因=2	13.69
	建议绕行=3	59.10

8 个自变量中不仅存在二分类变量(如性别、驾龄、学历和月收入),还存在多分类变量(如职业、出行特征、VMS 发布形式和发布内容)。对于二分类变量,直接作为自变量引入模型;对于多分类变量,当该变量有 $m(m>2)$ 种类别时,模型需引入 $(m-1)$ 个虚拟变量。以职业为例,其虚拟变量见表 2。

表2 虚拟变量

职业	虚拟变量	
	变量 1	变量 2
行政及事业单位	0	0
个体经营者	1	0
其他职业	0	1

3 可变信息标志关注度模型

3.1 有序 Logit 模型

假设驾驶人对 VMS 信息的关注程度为有序变量,分为不太关注、偶尔关注和比较关注 3 个等级,分别取值 1、2、3,则驾驶人对 VMS 信息关注度的有序 Logit 概率模型为:

$$p(Y > j) = g(X_i\beta) = \frac{\exp(a_j + X_i\beta)}{1 + \exp(a_j + X_i\beta)} \quad (j = 1, 2, 3) \quad (1)$$

式中: X_i 为影响第 i 个驾驶人对 VMS 信息关注度的因素的向量; β 为自变量所对应的参数值组成的向量; a_j 为截距项。

当 j 为 1、2、3 时,不太关注、偶尔关注和比较关注 VMS 信息的概率公式分别为:

$$p(Y=1) = 1 \cdot p(Y > 1) = 1 - \frac{\exp(a_1 + X_i\beta)}{1 + \exp(a_1 + X_i\beta)} \quad (2)$$

$$p(Y=2) = p(Y > 1) - p(Y > 2) = \frac{\exp(a_1 + X_i\beta)}{1 + \exp(a_1 + X_i\beta)} - \frac{\exp(a_2 + X_i\beta)}{1 + \exp(a_2 + X_i\beta)} \quad (3)$$

$$p(Y=3) = p(Y > 2) = \frac{\exp(a_2 + X_i\beta)}{1 + \exp(a_2 + X_i\beta)} \quad (4)$$

3.2 部分比例优势模型

考虑到影响驾驶人对 VMS 信息关注度的因素很难绝对满足有序 Logit 模型的平行假设,而部分比例优势模型可放松有序 Logit 模型的绝对平行假设,采用部分比例优势模型进一步分析驾驶人对 VMS 信息关注度的影响因素。部分比例优势概率模型如下:

$$p(Y > j) = g(X_i\beta + Z_i\gamma_{j,1}) = \frac{\exp(a_j + X_i\beta + Z_i\gamma_{j,1})}{1 + \exp(a_j + X_i\beta + Z_i\gamma_{j,1})} \quad (j = 1, 2, 3) \quad (5)$$

式中: Z_i 为违反平行假设的影响因素的向量($Z_i \in X_i$); $\gamma_{j,1}$ 为违反平行假设影响因素对应的参数值组成的向量。

当 j 为 1、2、3 时,不太关注、偶尔关注和比较关注 VMS 信息的概率公式分别为:

$$p(Y=1) = 1 \cdot p(Y > 1) = 1 - \frac{\exp(a_1 + X_i\beta)}{1 + \exp(a_1 + X_i\beta)} \quad (6)$$

$$p(Y=2) = p(Y > 1) - p(Y > 2) = \frac{\exp(a_1 + X_i\beta)}{1 + \exp(a_1 + X_i\beta)} - \frac{\exp(a_2 + X_i\beta + Z_i\gamma_1)}{1 + \exp(a_2 + X_i\beta + Z_i\gamma_1)} \quad (7)$$

$$p(Y=3) = p(Y > 2) = \frac{\exp(a_2 + X_i\beta + Z_i\gamma_1)}{1 + \exp(a_2 + X_i\beta + Z_i\gamma_1)} \quad (8)$$

3.3 拟合优度检验

选择决定系数 ρ^2 、AIC 准则和 BIC 准则 3 个指标对上述可变信息标志关注度模型进行拟合优度检验。决定系数 ρ^2 按式(9)计算,其值越大,表明模型的拟合效果越好。

$$\rho^2 = 1 - \frac{l(\beta)}{l(0)} \quad (9)$$

式中: $l(\beta)$ 为拟合模型的对数似然值; $l(0)$ 为仅有截距项模型的对数似然值。

AIC 准则值 A 按式(10)计算,其值越小,表明模型的拟合效果越好。

$$A = -2\lg(L) + 2k \quad (10)$$

式中: L 为拟合模型的最大似然值; k 为拟合模型中估计参数的数量。

BIC 准则值 B 按式(11)计算,其值越小,表明模型的拟合效果越好。

$$B = -2\ln(L) + k\ln(N) \quad (11)$$

式中: N 为拟合模型的数据数量。

3.4 弹性分析

为进一步分析模型中显著自变量对因变量的影响程度,采用弹性分析方法计算各自变量的边际效应。弹性分析计算公式为:

$$E_{x_i}^{p(Y=j)} = \frac{p(Y=j)[x_i=1] - p(Y=j)[x_i=0]}{p(Y=j)[x_i=0]} \quad (j = 1, 2, 3) \quad (12)$$

式中: $p(Y=j)$ 为驾驶人选择第 j 等级 VMS 信息关注度的概率。

4 实例分析

4.1 参数估计

采用混合逐步选择法,取显著性水平为 0.05,得

到有序 Logit 模型和部分比例优势模型的参数估计结果(见表 3)。

从表 3 可看出:1) 在有序 Logit 模型和部分比例优势模型中,驾龄(6 年及以上)、职业(个体经营

表 3 有序 Logit 模型和部分比例优势模型的参数估计结果

变量		有序 Logit 模型		部分比例优势模型	
		参数值	$p> z $	参数值	$p> z $
满足平行假设的 变量 β	6 年及以上驾龄	0.81	0.00	0.78	0.00
	职业:个体经营者	0.08	0.00	0.52	0.01
	出行目的:休闲娱乐	−0.39	0.03	−0.59	0.01
	出行目的:其他	−0.67	0.00	−0.10	0.05
	发布形式:图文混合	0.41	0.01	0.39	0.02
	发布内容:拥堵原因	−0.74	0.00	−0.73	0.00
违反平行假设的 变量 γ_1	职业:个体经营者	—	—	0.64	0.01
	出行目的:其他	—	—	−0.57	0.01
	截距 1	−0.69	—	0.64	0.00
	截距 2	1.23	—	−1.42	0.00
	样本量	577		577	
	决定系数 ρ^2	0.16		0.17	
	AIC 准则值	1 176.835		1 169.106	
	BIC 准则值	1 211.698		1 212.604	

者)、出行目的(休闲娱乐和其他)、图文混合的发布形式和拥堵原因的发布内容 5 个自变量显著影响驾驶人对 VMS 信息的关注程度。2) 在有序 Logit 模型中,6 年及以上驾龄的参数值为 0.81($p=0.00$),表明与 6 年以下驾龄的驾驶人相比,6 年及以上驾龄的驾驶人更愿意关注 VMS 提供的信息;职业为个体经营者的参数值为 0.08($p=0.00$),表明与职业为行政及事业单位的驾驶人相比,职业为个体经营者的驾驶人更愿意关注 VMS 提供的信息;出行目的为休闲娱乐和其他的参数值分别为 -0.39($p=0.03$)、-0.67($p=0.00$),表明与出行目的为上班及上学的驾驶人相比,出行目的为休闲娱乐和其他的驾驶人更不愿意关注 VMS 提供的信息;图文混合的参数值为 0.41($p=0.01$),表明与文字式发布内容相比,驾驶人更愿意关注图文混合的 VMS 信息;拥堵原因信息的参数值为 -0.70($p=0.00$),表明与拥堵时间的发布内容相比,驾驶人更关注 VMS 提供的拥堵时间信息。3) 在部分比例优势模型中,职业(个体经营者)、出行目的(其他)2 个变量违反了平行假设,职业为个体经营的参数值为 $\beta+\gamma_1=0.52+0.64=1.18$ ($p=0.01$),表明与职业为行政及事业

单位的驾驶人相比,职业为个体经营者的驾驶人更愿意关注 VMS 提供的信息;出行目的为其他的参数值为 $\beta+\gamma_1=(-0.10)+(-0.57)=-0.67$ ($p=0.01$),表明与出行目的为上班及上学的驾驶人相比,出行目的为其他的驾驶人更不愿意关注 VMS 提供的信息。没有违反平行假设的自变量的变化趋势与有序 Logit 模型一致。4) 对比分析有序 Logit 模型和部分比例优势模型的拟合优度指标,从决定系数 ρ^2 、AIC 指标来看,部分比例优势模型优于有序 Logit 模型,而两模型的 BIC 指标相差不大,认为部分比例优势模型更适合。

4.2 弹性分析

为进一步分析自变量影响驾驶人对 VMS 信息关注度的程度,对部分比例优势模型中的每个显著自变量逐个进行弹性分析,结果见表 4。

从表 4 可看出:1) 6 年及以上驾龄、职业为个体经营者和图文混合信息 3 个变量有助于增加驾驶人对 VMS 信息偶尔关注和比较关注的可能性。在其他变量不变的情况下,与 6 年以下驾龄的驾驶人相比,6 年及以上驾龄的驾驶人对 VMS 信息偶尔关注和比较关注的可能性分别增加 15.52%、30.39%;与

表4 弹性分析结果

变量	选择下列关注等级的概率/%		
	Y=1	Y=2	Y=3
6年及以上驾龄	-45.91	15.52	30.39
职业:个体经营者	-28.91	17.90	11.01
出行目的:休闲娱乐	57.32	-40.98	-16.34
出行目的:其他	7.50	18.93	-26.43
发布形式:图文混合	-23.03	4.38	18.65
发布内容:拥堵原因	19.62	-8.33	-11.29

职业为行政及事业单位的驾驶人相比,职业为个体经营者的驾驶人对VMS信息偶尔关注和比较关注的可能性分别增加17.90%、11.01%;与纯文字式的VMS发布形式相比,图文混合的VMS发布形式使驾驶人对VMS信息偶尔关注和比较关注的可能性分别增加4.38%、18.65%。2)出行目的(休闲娱乐和其他)、拥堵原因信息2个变量有助于减少驾驶人对VMS信息偶尔关注和比较关注的可能性。在其他变量不变的情况下,与出行目的为上班及上学的驾驶人相比,出行目的为休闲娱乐的驾驶人对VMS信息偶尔关注和比较关注的可能性分别减少40.98%、16.34%;与出行目的为上班及上学的驾驶人相比,出行目的为其他的驾驶人对VMS信息比较关注的可能性减少26.43%;与拥堵时间的VMS发布内容相比,拥堵原因的VMS发布内容使驾驶人对VMS信息偶尔关注和比较关注的可能性分别减少8.33%、11.29%。

5 结论

采用有序Logit模型和部分比例优势模型分析影响驾驶人对可变信息标志关注度的因素,结论如下:

(1)在有序Logit模型和部分比例优势模型中,驾龄(6年及以上)、职业(个体经营者)、出行目的(休闲娱乐和其他)、VMS发布形式(图文混合)和VMS发布内容(拥堵原因)5个自变量显著影响驾驶人对VMS信息的关注程度;在部分比例优势模型中,职业(个体经营者)、出行目的(其他)2个变量违反了平行假设。

(2)6年及以上驾龄、职业为个体经营者和图文混合信息3个变量有助于增加驾驶人对VMS信息偶尔关注和比较关注的可能性,出行目的(休闲娱乐和其他)、拥堵原因信息2个变量有助于减少驾驶

人对VMS信息比较关注的可能性。

参考文献:

- [1] Madanat S M, Yang C Y D, Yen Y. Analysis of stated route diversion intentions under advanced traveler information systems using latent variable modeling[J]. Transportation Research Record, 1995, 1485.
- [2] Wardman M, Bonsall P W, Shires J D. Driver response to variable message signs: a stated preference investigation[J]. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 1997, 5(6).
- [3] Wang J H, Hesar S, Collyer C. Adding graphics to dynamic message sign messages[J]. Transportation Research Record, 2007, 2018.
- [4] 陈希. 新型路网可变情报板对出行路径选择影响研究[D]. 北京: 交通部公路科学研究院, 2008.
- [5] 邢锐. 事件状态下VMS信息对出行者路径选择影响研究[D]. 长春: 吉林大学, 2011.
- [6] 王卫卫, 赵小梅, 李新刚, 等. VMS对驾驶员路径选择影响的实证研究与建模[J]. 交通运输系统工程与信息, 2013, 13(3).
- [7] 曹亚康. VMS下驾驶员路径选择行为分析与建模[J]. 交通信息与安全, 2016, 34(6).
- [8] Abdel-Aty M, Kitamura R, Jovania P. Using stated preference data for studying the effect of advanced traffic information on drivers' route choice[J]. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 1997, 5(1).
- [9] Peeta S, Ramos J L. Driver response to variable message signs-based traffic information[J]. IEEE Proceedings Intelligent Transport Systmes, 2006, 153(1).
- [10] Kim H R, Chon K S. Modeling en-route diversion behavior under on-site traffic information[J]. Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, 2005(6).
- [11] Ma Z L, Shao C F, Song Y, et al. Driver response to information provided by variable message signs in Beijing[J]. Transportation Research Part F: Traffic Psychology & Behavior, 2014, 26.
- [12] Peng Z R, Guequierre N, Blakeman J. Motorist response to arterial variable message signs[J]. Transportation Research Record, 2004, 1899.
- [13] Williams R. Generalized ordered logit/partial proportional odds models for ordinal dependent variables[J]. The Stata Journal, 2006, 6(1).