

习惯和路况对小汽车出行路径选择的影响

宗 芳,路峰瑞,唐 明,吕建宇,吴 挺

(吉林大学 交通学院,长春 130022)

摘要:基于 Vissim 构建道路实时路况模拟场景,设计 SP(Stated preference)意向调查问卷,获取不同路况下小汽车路径选择数据。建立出行路径选择的二项 Logit 模型,解析习惯和实时路况对路径选择的影响程度。结果表明,习惯和路况对出行者的路径决策均有影响,总体来说,前者的影响高于后者。不同路况下二者的影响程度有所变化。本文模型能以较高精度预测在不同路况下小汽车遵循习惯路径或根据路况调整行驶路径的概率。研究结论可用于车载导航软件中的出行路径实时预测和推荐,在智能交通诱导方面具有一定应用价值。

关键词:交通运输系统工程; 出行路径选择; SP 调查; 二项 Logit 模型; 习惯; 路况

中图分类号:U491.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-5497(2018)04-1023-06

DOI:10.13229/j.cnki.jdxbgxb20170498

Impact of habit and traffic condition on travel route selection

ZONG Fang, LU Feng-rui, TANG Ming, LYU Jian-yu, WU Ting
(College of Transportation, Jilin University, Changchun 130022, China)

Abstract: A state-preference survey on drivers' route selection is conducted by designing the simulation scenario with real-time traffic condition in Vissim. A route selection forecasting model is constructed with binary logit model. The impact of habit and traffic condition on the drivers' route decision is estimated using this model. Results indicate that both the habit and traffic condition impact the drivers' route selection, however, the influence of habit is greater than the traffic condition. Besides, the effects of both factors vary with the changing traffic condition. A real-world forecasting experiment proves that the proposed model can be applied to predict the selection probability between habit route and alternative route according to traffic condition with satisfactory prediction accuracy. The results can be applied to real-time prediction and recommendation of travel route in vehicle navigation software.

Key words: engineering of traffic and transportation system; travel route selection; stated preference (SP) survey; binary Logit model; habit; traffic condition

收稿日期:2017-05-17.

基金项目:国家自然科学基金项目(50908099);吉林省科技发展计划项目(20150204021SF).

作者简介:宗芳(1979-),女,教授,博士.研究方向:运输系统规划与管理,经济数量分析理论与方法.

E-mail:zongfang@jlu.edu.cn

通信作者:唐明(1976-),男,讲师,博士.研究方向:运输系统规划与管理. E-mail:tangming@jlu.edu.cn

0 引言

随着城市经济和人口的发展,机动车保有量逐年增加,小汽车出行量近年来在我国各城市呈现井喷式增长,给道路交通系统带来很大压力,导致城市交通拥堵问题日益严重,对社会生产和生活造成巨大影响。如何解析小汽车出行的路径选择机理,以较高精度实现出行路径实时预测,通过有效诱导使出行者避开拥堵路径,是缓解交通拥堵问题的一种有效方法。

在一次完整的小汽车出行过程中,出行路径决策一般分为两个部分,即出行者依据习惯、偏好等进行的出行前的路径初步规划,以及依据实时路况等进行的出行中的路径调整。例如,当规划路径过度拥挤时,有些出行者可能选择绕道行驶,但有些出行者会因为习惯、驾驶经验等原因继续留在拥堵路段,而不改变路径。出行路径决策中的主要影响因素包括习惯、实时路况、出行属性和出行者属性等。在多因素共同的复杂影响下,出行者做出路径的实时选择和调整。

出行路径的选择分析是出行行为分析的热点之一^[1]。栾琨^[2]将出行者的信息搜索、学习、认知更新和方案搜索等要素关联在一起,构建了基于后悔最小化理论的出行路径选择行为模型。Chorus 等^[3]构建了多模式信息下的出行仿真器,验证了出行信息对驾驶员路径选择的影响。李春燕等^[4]研究驾驶人在先进的出行者信息系统提供的多源实时信息条件下的出行途中路径选择行为,建立基于二元 Logit 模型的出行途中路径选择模型,分析出行者对信息的参考概率。近年来,以往研究的关注点主要集中于各种实时路况信息对出行选择行为的影响,很少有研究考虑习惯或偏好对路径决策的影响。因此,有必要在出行路径预测中同时考虑这两个因素。针对以往研究缺乏对二者影响权重的定量计算和对比,本文将以意向数据调查和选择行为建模分析为主要手段,解析出行者如何在不同的实时路况下对习惯偏好路径进行调整,计算不同路况下习惯与路况等因素在路径决策中的影响程度,解析出行路径选择机理。

1 出行路径选择行为 SP 调查数据分析

由于本研究需要获取不同路况下的路径选择

数据,因此采用 Vissim 软件构建道路实时路况模拟场景,采用 SP (Stated preference) 调查方法^[5,6],获取出行者的路径选择行为偏好。调查问卷主要涉及 3 方面信息:①受访者的年龄、汽车驾龄、职业和学历水平等个人基本信息;②出行目的和出发时段等出行信息;③针对不同路况情境的路径选择信息。其中,路况模拟场景设置为有两条可选路径,其中一条为出行者的习惯出行路径 A(简称习惯路径 A),另一条为出行者因路况可以选择的其他路径 B(简称备选路径 B)。根据道路交通运行指数(0~10)^[7]将路况分为畅通(0~2)、正常(2~6)和拥堵(6~10)3 种状况,分别在两条路径上设置不同的路况,则习惯路径 A 和备选路径 B 生成 9 种路况组合。应用微观交通流仿真软件 Vissim 进行不同路况下的交通流仿真,并向受访者显示不同路况的车辆运行动图,由受访者根据动态交通流情境进行不同路况下的路径选择。例如,当习惯路径 A 拥堵,备选路径 B 路况正常时,两个路段的交通仿真效果截图如图 1 所示。

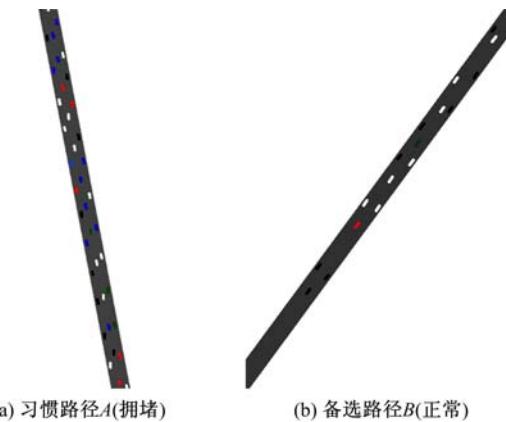


图 1 习惯路径 A、备选路径 B 的交通仿真效果截图

Fig. 1 Screenshot of traffic simulation for customary road A and alternative road B

本调查分为两部分,第一部分为纸质问卷调查,第二部分为网络问卷调查,共获取样本 703 份。经数据处理和校核,剔除不合理的数据,最终获取有效样本 615 份,有效数据 5535 条,有效率为 87.5%。将有效调查数据中的 500 份样本用于建模,另外 115 份用于模型的预测精度分析。

根据调查数据,设置个人社会经济属性、出行属性和路况信息组合等 3 组变量,具体的变量设置和初步统计结果如表 1 和 2 所示。

表 2 所示的不同路况下的路径选择结果显

示,虽然大部分受访者选择路况更佳的路径,但也考虑主观上的习惯因素。例如,当习惯路径 A 畅通,备选路径 B 拥堵时,有 95.12% 的被调查者选择习惯路径 A,4.88% 的被调查者选择备选路径 B;而当习惯路径 A 拥堵,备选路径 B 畅通时,仍有 21.14% 的被调查者选择习惯路径 A。随着路径 A 和 B 的路况改变,习惯和路况在路径决策中

的权重也在改变。当习惯路径 A 正常,备选路径 B 拥堵时,93.09% 的被调查者选择习惯路径 A,6.91% 选择备选路径 B。相比较习惯路径 A 畅通,备选路径 B 拥堵时的路径选择结果,选择备选路径 B 的比重稍有增加。说明被调查者在该路况组合下出行习惯的考虑比重下降,而偏向了对路况的考虑。

表 1 社会经济和出行属性变量设置及数据统计结果

Table 1 Setting and statistics of social economic and trip attribute variables

特性变量	变量分类	分类变量名	比例/%	特性变量	变量分类	分类变量名	比例/%
职业 J	公务员	J ₁	18.62	年龄 A	18~30岁	A ₁	36.84
	国企/私企	J ₂	24.29		31~50岁	A ₂	56.28
	服务业	J ₃	2.83		51~70岁	A ₃	6.88
	农林牧渔	J ₄	2.43	驾龄 Y	一年以内	Y ₁	23.89
	学生	J ₅	22.67		1~5年	Y ₂	26.72
	教师/律师/医生	J ₆	19.43		5 年及以上	Y ₃	49.39
	离退休人员	J ₇	0.4	出发时段 T	早高峰	T ₁	47.37
	全职主妇	J ₈	2.02		晚高峰	T ₂	13.77
	其他	J ₉	7.29		平峰	T ₃	38.87
月收入水平 R	4 000 以下	R ₁	35.63	出行目的 P	上班/上学	P ₁	43.32
	4 000~8 000	R ₂	47.37		购物/饮食/娱乐	P ₂	20.65
	8 000~12 000	R ₃	8.5		看病	P ₃	3.24
	12 000 以上	R ₄	8.5		走亲访友	P ₄	12.15
学历水平 S	九年义务教育	S ₁	4.05		公务	P ₅	4.86
	高中/高职	S ₂	6.07		下班	P ₆	6.88
	本科/专科	S ₃	59.11		其他	P ₇	8.91
	硕士	S ₄	21.05		学历水平 S	S ₅	9.72

表 2 路况组合变量设置及数据统计结果

Table 2 Setting and statistics of traffic condition variables

路况组合	变量名	选择路径 A	选择路径 B
		概率/%	概率/%
习惯路径 A	备选路径 B		
拥堵	拥堵	C ₁	78.86
拥堵	正常	C ₂	28.46
拥堵	畅通	C ₃	21.14
正常	拥堵	C ₄	93.09
正常	正常	C ₅	77.24
正常	畅通	C ₆	55.28
畅通	拥堵	C ₇	95.12
畅通	正常	C ₈	88.21
畅通	畅通	C ₉	65.45

2 出行路径选择的二项 Logit 建模

2.1 模型建立

Logit 模型是出行行为预测分析中应用最为广泛的模型。基于效用最大化行为假说^[8-10],该模型将选择枝 i 对个人 n 来说的效用函数表示为:

$$U_{in} = V_{in} + \epsilon_{in} \quad (1)$$

式中: i 为选择枝标号, $i=1$ 表示遵循习惯路径(即选择习惯路径 A), $i=2$ 表示因路况改变路径(即选择备选路径 B); ϵ_{in} 表示不可观测到的影响因素 X_{in} 以及系统或个人内部因素的效用变动项; V_{in} 是可观测到的影响因素 X_{in} 的效用。 V_{in} 通常采用线性函数的形式表达:

$$V_{in} = \sum_{k=1}^K \theta_k X_{kin} \quad (2)$$

式中: X_{kin} 是个人 n 的选择枝 i 的第 k 个特性变量值; θ_k 是相应的权重系数^[11,12]。

在满足 V_{in} 和 ϵ_{in} 相互独立且 ϵ_{in} 服从 Gumbel 分布的条件下,遵循习惯路径的效用函数 V_{1n} 表达式为:

$$V_{1n} = \ln \left[\frac{P_{1n}}{1 - P_{1n}} \right] = m + \sum_{k=1}^K \theta_k X_{kn} \quad (3)$$

式中: P_{1n} 为选择习惯路径 A 的概率; m 为线性函数中的常数部分。式(3)中 P_{1n} 也可表示为:

$$P_{1n} = \frac{\exp(m + \sum_{k=1}^K \theta_k X_{kn})}{1 + \exp(m + \sum_{k=1}^K \theta_k X_{kn})} \quad (4)$$

2.2 参数标定和检验

根据二项 Logit 模型的赋值原则,将调查数据赋值后应用统计分析软件 SPSS 21.0 进行二项 Logit 模型的参数标定,结果见表 3。

表 3 二项 Logit 模型参数标定结果

Table 3 Calibration results of binary Logit model

参数	标定值	标准差	t 检验值
常数	0.814	0.301	2.704
Y	-0.094	0.046	2.043
J ₁	-0.225	0.110	2.045
J ₂	0.025	0.012	2.083
J ₃	-0.310	0.132	2.348
J ₄	-0.351	0.068	5.162
J ₅	0.074	0.024	3.083
J ₆	0.486	0.082	5.927
J ₇	0.683	0.245	2.787
J ₈	-0.011	0.005	2.200
T ₁	0.064	0.030	2.133
T ₂	-0.206	0.101	2.040
C ₁	0.688	0.207	3.324
C ₂	-1.569	0.196	8.005
C ₃	-1.990	0.208	9.567
C ₄	2.353	0.326	7.218
C ₅	0.592	0.204	2.902
C ₆	-0.434	0.187	2.321
C ₇	1.984	0.286	6.937
C ₈	1.391	0.240	5.796

在模型标定步进过程中,年龄 A、月收入水平 R、学历水平 S 和出行目的 P 的 |t| 小于 1.96,说明这些变量对出行路径选择的影响不显著,所以被筛除,最终留下对出行路径选择影响显著的变量。根据参数标定结果,选择习惯路径 A 的效用函数如下:

$$V_1 = 0.814 - 0.094Y - 0.225J_1 + 0.025J_2 - 0.310J_3 - 0.351J_4 + 0.074J_5 + 0.486J_6 + 0.683J_7 - 0.011J_8 + 0.064T_1 - 0.206T_2 + 0.688C_1 - 1.569C_2 - 1.990C_3 + 2.353C_4 + 0.592C_5 - 0.434C_6 + 1.984C_7 + 1.391C_8 \quad (5)$$

标定结果表明,驾龄 Y、职业 J、出行时间段 T 和路况组合 C 对路径选择有显著影响。其中,驾龄 Y 与选择习惯路径 A 呈负相关,说明随着年龄增长,出行者根据不同路况的出行路径调整将

更为灵活,而对习惯路径的依赖性也越小。职业为国企/私企人员 J₂、学生 J₅、教师/律师/医生 J₆ 和离退休人员 J₇ 的出行者更看重习惯,而职业为公务员 J₁、服务业人员 J₃、农林牧渔人员 J₄ 和全职主妇 J₈ 的出行者更看重路况信息。当出发时段为早高峰 T₁ 时,出行者更倾向于遵循习惯,出发时段为晚高峰 T₂ 时出行者更关注路况。此外,路况组合变量对出行路径选择的影响非常显著,习惯路径 A 拥堵、备选路径 B 正常(C₂),习惯路径 A 拥堵、备选路径 B 畅通(C₃) 和习惯路径 A 正常、备选路径 B 畅通(C₆) 与出行路径选择呈负相关,这 3 种路况组合中习惯路径 A 的路况明显比备选路径 B 的路况差,因此出行者对路况的考虑权重高于习惯,出行者更多地根据路况信息选择出行路径;其余路况组合变量均与选择习惯路径 A 呈正相关,说明其他路况组合下出行者可能更多地会根据习惯出行。因此,总体来看习惯与路况相比,其对出行者路径选择影响更大。也就是说,在多数路况下出行者都倾向于选择习惯路径出行。

3 模型验证和实例分析

应用调查数据中的 115 份样本数据进行模型精度验证,命中率如表 4 所示。

表 4 模型预测精度

Table 4 Prediction accuracy

观测样本	预测结果		命中率 /%
	备选路径 B	习惯路径 A	
备选路径 B	221	120	64.9
习惯路径 A	72	622	89.6
总体命中率			81.4

结果表明,模型总体预测精度为 81.4%,可以接受。其中,当观测样本为习惯路径 A 时,预测命中率较高,为 89.6%;当观测样本为因路况选择路径 B 时,预测命中率较低,为 64.9%,此时模型高估了不考虑路况变化而仍然选择习惯路径的概率,出行习惯在被调查者选择路线时仍有一定影响,有的被调查者仍旧遵循习惯选择习惯路线 A。

再以被调查者 #12 进行单样本实例分析。被调查者 #12 年龄段为 18~30 岁,有一年以内的汽车驾龄,职业是学生,月收入在 4000 元以下,学历为本科,该次被调查出行目的为上学,出发时

段为晚高峰。将这些自变量信息带入模型,预测获得不同路况下分别选择习惯路径A和备选路径B(根据路况调整路径)的概率,结果如表5所示。

表5中不同路况下两个选择枝的被选概率也可以看成是出行者对习惯或路况的考虑权重,或

表5 被调查者#12的预测结果

Table 5 Prediction results for respondent #12

路况组合	选择概率/%	
	习惯路径 A	备选路径 B
C ₁	78.2	21.8
C ₂	27.3	72.7
C ₃	19.7	80.3
C ₄	95.0	5.0
C ₅	76.5	23.5
C ₆	53.8	46.2
C ₇	92.9	7.1
C ₈	87.9	12.1
C ₉	64.3	35.7

者称为这两个因素对路径选择的影响权重。结果表明,总体来说习惯的影响权重大于路况。具体来说:①当两条路径的路况相同时,该被调查者倾向于遵循习惯;②在习惯路径路况优于备选路径时,对习惯考虑的权重均大于路况的权重;③当备选路径B的路况优于习惯路径A时,此出行者会偏向于考虑路况,其中当习惯路径A正常,备选路径B畅通(C₆)时,虽然备选路径路况优于习惯路径,但因习惯路径能够正常通行,考虑习惯的权重仍然大于路况的权重。特别地,当A拥堵、B畅通(C₃)时,选择习惯路径A的概率为19.7%,备选路径B的概率为80.3%;而相反当A畅通、B拥堵(C₇)时,选择习惯路径A的概率为92.9%,备选路径B的概率为7.1%。可见,出行者还是更多考虑习惯,即使习惯路径拥堵,仍然有19.7%的概率选择习惯路径;而当备选路径拥堵时,仅有7.1%的概率选择备选路径。这些均符合建模经验和出行者在路径选择中的一般性决策规律。

4 结束语

本文基于Vissim构建道路实时路况模拟场景,设计SP意向调查问卷,获取不同路况下小汽车出行路径选择数据。建立出行路径选择的二项Logit模型,解析不同路况下习惯和实时路况对路径选择的影响程度。解决了以往研究在考虑习

惯偏好因素以及习惯在路况影响权重的定量化对比分析方面较为欠缺的问题。结果表明,习惯在出行者的路径决策中具有一定影响,且不同路况下习惯和路况的影响程度均有所变化,习惯在不同路况下在路径选择决策中的影响较大,多数人即使是习惯路径路况较差时也能有一定的忍受力。所建模型能以较高精度预测小汽车行驶路径选择行为,在路况影响较显著时由于习惯的影响仍较大,对小汽车路径选择预测精度较低,这是后期研究中需要改进的地方。建模方法对出行路径决策机理分析和预测建模精度具有一定理论意义。研究结论对车载导航软件中的出行路径实时预测和推荐具有理论参考价值,在智能交通诱导方面具有一定应用价值。下一步研究将基于多日出行习惯进行路径选择行为预测,并基于实时路阻进行诱导路径计算,与本文所建模型叠加,实现考虑习惯和实时路况下的出行路径的整体建模预测。

参考文献:

- [1] Ye X. Development of models for understanding causal relationship among activity and travel variables[D]. Tampa: University of South Florida, 2006.
- [2] 栾琨. 基于规则的出行路径和出发时间选择行为研究[D]. 长春: 吉林大学交通学院, 2013.
Luan Kun. Travel route and departure time choice behavior based on rules[D]. Changchun: College of Transportation, Jilin University, 2013.
- [3] Chorus C G, Molin E J E, Arentz T A, et al. Validation of a multimodal travel simulator with travel information provision[J]. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 2007, 15(3): 191-207.
- [4] 李春燕, 陈峻, 孙正安, 等. ATIS条件下驾驶员出行途中路径选择行为研究[J]. 深圳大学学报理工版, 2016, 33(2): 164-172.
Li Chun-yan, Chen Jun, Sun Zheng-an, et al. Driver's route choice behavior analysis under ATIS[J]. Journal of Shenzhen University (Science and Engineering), 2016, 33(2): 164-172.
- [5] 杜光. 基于SP调查的城市公共交通出行时间价值研究[D]. 北京: 北京交通大学交通运输学院, 2009.
Du Guang. Study on travel time value of urban public transportation based on stated preference survey

- [D]. Beijing: College of Traffic and Transportation, Beijing Jiaotong University, 2009.
- [6] 蒋寅, 李彤, Di Bona Richard E. 基于 SP 调查的天津市居民出行行为时间价值[J]. 城市交通, 2009, 7(2): 68-73.
Jiang Yin, Li Tong, Di Bona Richard E. Value of travel time: an sp survey in Tianjin [J]. Urban Transport of China, 2009, 7(2): 68-73.
- [7] 北京交通发展研究中心. DB11/T 785—2011 城市道路交通运行评价指标体系[S]. 北京: 北京市质量监督局, 2011.
- [8] 陆化普. 交通规划理论与方法[M]. 北京: 清华大学出版社, 1998.
- [9] 陆化普, 殷亚峰. 规划理论的非集计方法及应用[J]. 公路交通科技, 1996, 3(1): 22-28.
Lu Hua-pu, Yin Ya-feng. Disaggregate analysis method and its application in planning [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 1996, 3(1): 22-28.
- [10] 赵鹏, 藤原章正, 杉惠赖宁. SP 调查方法在交通预测中的应用[J]. 北方交通大学学报, 2000, 24(6): 29-32.
Zhao Peng, Fujiwara Akimasa, Sugie Yoriyasu. The application of stated preference survey method on traffic [J]. Journal of Northern Jiaotong University, 2000, 24(6): 29-32.
- [11] 宗芳. 基于非集计模型的交通需求管理策略评价研究[D]. 长春: 吉林大学交通学院, 2008.
Zong Fang. Transportation demand management policy evaluation based on disaggregated model [D]. Changchun: College of Transportation, Jilin University, 2008.
- [12] 杨兆升. 交通运输系统规划: 有关理论与方法[M]. 北京: 人民交通出版社, 1998.