

动态路况信息下的出发时间选择行为分析

周 伟^{1,2}, 赵胜川²

(1. 大连理工大学 管理与经济学部, 116024 辽宁 大连; 2. 大连理工大学 交通运输学院, 116024 辽宁 大连)

摘 要: 为了探讨动态路况信息对出发时间选择行为的影响程度,采用正交试验法设计出行意愿调查问卷,对大连市有驾车经验的出行者进行调查,然后采用离散选择方法建立了不同路况信息条件下的时间选择行为模型,最后对解释变量影响出发时间的改变倾向进行量化分析.结果表明,出行者对最大出行时间和最小出行时间的敏感系数分别为 -0.0657 和 -0.0279 ,女性对于出行时间不确定性的敏感度比男性更高,而敏感度最高的是出行费用,个人属性中的年龄、收入和驾龄是影响出发时间选择行为的主要因素,从而为个性化交通路况信息的发布提供决策依据.

关键词: 路况信息;出发时间选择;离散选择;意愿调查

中图分类号: U491

文献标志码: A

文章编号: 0367-6234(2012)08-0101-05

Analysis of choice behavior of travelers' departure time under urban dynamic road traffic information

ZHOU Wei^{1,2}, ZHAO Sheng-chuan²

(1. Faculty of Management and Economics, Dalian University of Technology, 116024 Dalian, Liaoning, China;
2. School of Transportation and Logistics, Dalian University of Technology, 116024 Dalian, Liaoning, China)

Abstract: To study the choice behavior of travelers' departure time under urban dynamic road traffic information, this paper designs stated preference survey to obtain data from travelers with driving experience in Dalian city and develops a time choice behavioral model based on discrete choice method. The analysis results over this model indicate that the parameters of maximum travel time and minimum travel time are very different, and the estimated coefficients are -0.0657 and -0.0279 respectively. The most sensitive parameter is travel cost. The female's sensitivity to the uncertainty of travel time is higher than male's, and the travelers' age, income and years of driving experience significantly impact their departure time choice behavior, which will provide decision basis for personalized traffic information service.

Key words: road traffic information; departure time choice; discrete choice method; stated preference survey

出行方式、出行路线和出发时间选择行为分析是交通需求管理中的重要内容,根据出行者的出行特征和选择行为进行交通需求预测已经在国内外相关领域得到了广泛应用.研究表明,约56%的出行者会因路况信息变化而改变出发时间^[1],因此路况信息条件下的驾驶员出行行为引起了学者们的关注.在交通行为数据建模和分析上,多采用离散

选择建模方法^[2],其中应用最广泛的是Logit模型,Logit模型要求具备非相关选择方案相互独立性(Independence from irrelevant alternatives, IIA特性),当选择方案特性相似时,为避免因IIA特性造成的偏差,可采用Nest Logit模型^[3]、Probit模型^[4]或Mixed Logit模型^[5-6]等.

由于本文重点考察的是路况信息对出发时间选择的影响程度,在设定出行情境时只包含提前出行、按原计划出行和推后出行,这3种选择方案均有不同的特征属性,因此可以采用多项Logit模型^[7].其次,国外学者在出发时间方面的研究很少涉及路况信息的影响^[8-12],而国内对于出行行

收稿日期: 2011-09-18.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(50978046).

作者简介: 周 伟(1978—),男,博士研究生;

赵胜川(1963—),男,教授,博士生导师.

通信作者: 赵胜川, szhao@dlut.edu.cn.

为研究较多的是换乘行为或路线选择^[13-14],对出发时间则集中在道路收费或几个时间段的分析上^[15-16],动态路况信息对其影响尚未见相关报道. 综上考虑,本文将提供基于出行时间的预测误差信息,进而探讨时间不确定性对出发时间选择行为的影响,本文首先介绍了调查问卷设计和调查数据统计结果,然后阐述了路况信息条件下的出发时间选择行为建模方法,并根据模型标定结果对信息属性和个人属性对出发时间选择的影响进行量化分析,最后针对不同性别出行者对路况信息的敏感程度作进一步讨论.

1 出发时间选择行为调查

行为分析首先需要采集行为数据,常用的方法包括 SP 调查法(Stated preference survey)、RP 调查法(Revealed preference survey)和交通观测法等^[17],SP 调查不仅具有数据获取简便、准确的特点,而且有完善的理论基础,因此自从上世纪 80 年代开始,在交通领域得到了广泛应用. 本次调查问卷主要包括两方面内容:第 1 部分调查动态路况信息条件下的出发时间选择;第 2 部分调查出行者对路况信息服务的需求. 另外,调查内容还包括出行现状及个人属性等信息.

1.1 调查问卷设计

设计调查问卷首先需要确定选择方案特性变量和选择主体特性变量,然后确定选择方案特性变量水平取值,最后设计选择方案. 影响选择出行时间的因素很多,比如出行者属性,如年龄、驾龄等因素;出行属性,如出行目的、出行是否有时间限制,另外还包括天气等环境因素. 但是如果提供的信息超过受访者的判断能力,将不利于得到准确回答. 通常,时间长短、距离远近对驾车出行影响较大,考虑到实际提供的时间信息不可能完全准确,因此把时间误差划分为低、中、高 3 类,以便于下一步分析时间的不确定性对出发时间选择行为的影响程度,最终本文选择了出行费用、时间和出行时间预测误差 3 个变量,作为选择方案特性变量.

本文设计的 SP 调查构造了 3 个出行情境:第 1 个是提前 15 min 出行的路况情境,第 2 个是按原计划出行,第 3 个是推后 15 min 出行的路况情境,每种情境中的出行费用或时间各不相同,对每个特性变量选取 2 个水平值,如果采用全面试验设计,全部的水平组合达到 $2^9 = 512$,设计相应的问卷将非常困难,本文采用正交试验法来减少试验的次数,正交试验是从全面试验设计中选出部

分有代表性的点进行试验,这些点具有“均匀”和“整齐”的特点,根据 $L_{12}(2^{11})$ 正交表,得到正交试验法选择方案共 12 种,限于篇幅,具体的试验方案这里不作详细介绍.

另外,本文在设计问卷时还考虑了道路状况随着出发时间的变化出现逐渐变好、不变或变差 3 种情况,即行程时间随之减少、不变或增加,从而符合路况信息的动态变化特征. 为了提高答卷的准确度,选择方案明确了出发时间为早 7 时,上班时间为 8 时 30 分,出行目的为通勤. 最后,本文选择了出行者的年龄、驾龄、年收入等 7 个变量作为选择主体特性变量.

1.2 调查数据分析

大连理工大学交通运输学院于 2011 年 5 月 20 日至 6 月 20 日在大连市区进行了“大连市动态路况信息下的居民出发时间选择行为调查”,调查对象是有驾驶经验的出行者,没有私家车但有驾照也属于被调查范围,期间共发放问卷 230 份,回收的有效问卷 217 份,有效率 94.3%. 调查采用两种方式,第 1 种采用当面提问,问卷现场回收,答题的准确度很高,第 2 种采用问卷发送到受访单位,隔周后统一回收,问卷回收率能达到 95% 以上,但数据准确度较低. 另外,2010 年清华大学交通研究所进行了“交通信息对驾驶员路线选择行为调查”,其调查对象中的男性占 97% 以上^[14],考虑到目前城市女性私家车主所占比例不可忽视,本次调查在女性受访者样本数量方面进行了扩展,最终被调查对象中 65% 为男性,35% 为女性,符合调查样本的性别比例平衡要求.

根据被调查者的个人属性统计结果,学历属性中占最大比重的是本科及专科,达到了 54.8%,年龄在 30~39 岁的占 57.1%,年收入在 5~10 万元的占 61.8%,而超过半数的受访者驾龄在 3 年以下,这和近 3 年来大连市私家车和驾驶员数量呈快速增长势头相吻合. 另外,近半数受访者每周开车 5 次以上,从一定程度上反映了国内私家车主的用车习惯.

其次,被调查者中 60% 在面对不熟悉的路线时,出行前需要提前了解路况信息,而对于熟悉的路线,近 60% 的受访者选择不需要了解路况信息,这和国内城市实时路况信息普及程度不够高有一定关系. 另外,51.6% 的受访者认为路况信息最有价值的功能在于掌握行程时间、合理安排出行计划,45% 的出行者最关注的是路况信息准确度,略高于选择信息应方便适用,但是年龄在 40 岁以上的大部分人都选择了后者.

图 1 显示了因为性别不同而导致对路况信息需求方面的差异,虽然出行时间作为出行者最关注的信息,但男性相比女性仍高 10%,而女性对于拥挤变化信息的关注则高出男性近 20%。其次,男性和女性对于出行时间的绝对误差值容忍度较高,但是对于较大误差的产生则难以接受,超过半数的女性对时间信息出现较大误差表现了零容忍的态度,而男性中接受大误差的比例为 23.4%,高出女性近 10%。图中的预测精度 1、2、3 分别表示预测出行时间为 60 min,误差小于15 min;预测出行时间为 60 min,10 次出行有 9 次误差小于 10 min,有 1 次大于 20 min;以及预测出行时间为 60 min,10 次出行有 8 次的误差小于5 min,有 2 次大于 20 min。

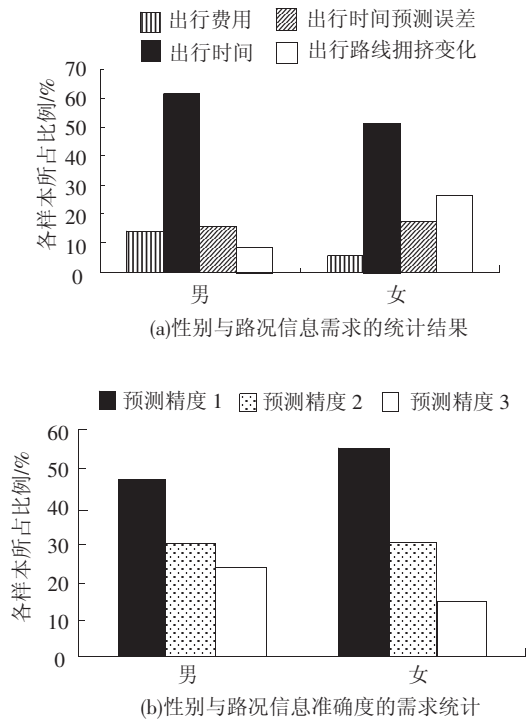


图 1 性别影响路况信息需求的统计结果

由于有 45% 的出行者最关注信息准确度,进一步分析发现,年龄 30 岁以下约 1/3 的出行者首先选择了信息准确度,是 3 个年龄层群体里面所占比例最大的,随着年龄的增长,关注准确度的比重有明显下降,而关注出行费用的比例上升了 10%。其次,各年龄层对于时间信息绝对误差的容忍度比较相似,年龄在 40 岁以上的出行者对于出现较大误差的接受度最高,达到 24%,详情见图 2。

收入对路况信息需求的影响也很显著,由图 3 可看出,被调查对象中的年收入在 10 万元以上是最关注出行时间和拥挤变化信息的群体,由于收入最高,因此该群体不再关注出行费用,其次,

他们对于时间信息出现较大误差的容忍度最高,相应地,对于出行时间绝对误差要求也最为苛刻,选择误差不超过 5 min 的比例达到 37.5%。

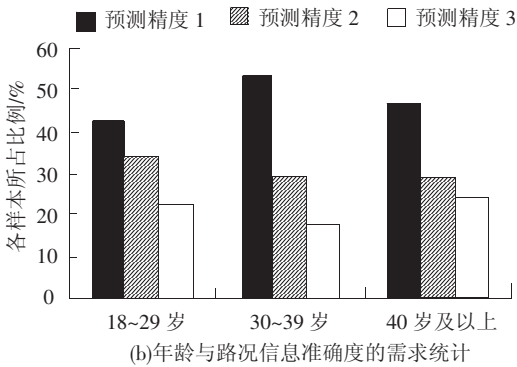
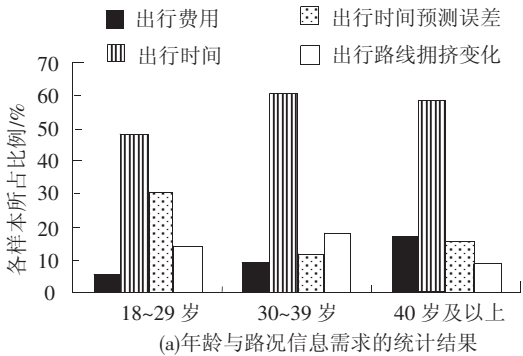


图 2 年龄影响路况信息需求的统计结果

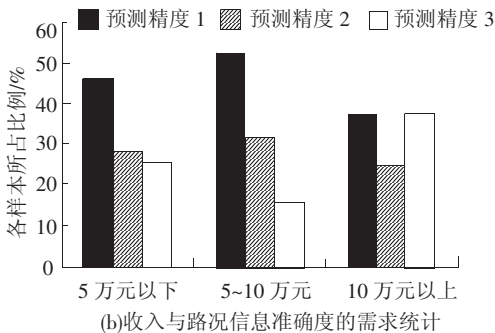
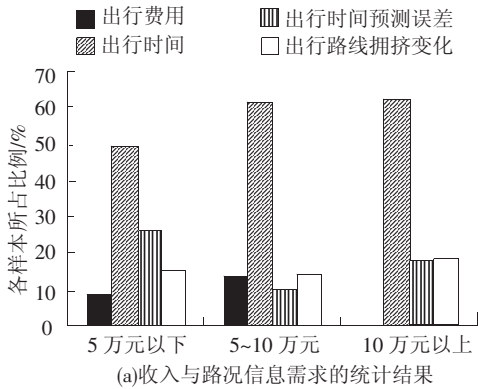


图 3 年收入影响路况信息需求的统计结果

2 出发时间选择行为模型

本文建立出发时间选择行为分析模型,选择项有 3 支:1)提前 15 min 出行;2)出行时间不变;

3)推后 15 min 出行. 因此采用离散选择模型中的多项 Logit 模型,基于随机效用理论和效用最大化原理,选择概率形式为

$$P_i = \frac{e^{V_i}}{\sum_{n=1}^3 e^{V_n}}, i = 1, 2, 3.$$

(1)

作为定量分析选择模型中各因素的解释变量,出行者选择出发时间的效用由相应的行程时间、费用以及出行者的个人社会经济属性决定,具体效用函数为

$$V_i = \alpha_i + \sum_{k=1}^K \beta_k x_k.$$

(2)

其中: x_k 为第 k 个变量; β_k 为第 k 个变量所对应的

待定系数, K 为变量的个数, i 取 1、2 或 3,分别表示提前出行、出行时间不变和推后出行; V_i 为各选择项的效用.

根据回收的 217 份有效问卷,共收集了 651 个有效样本,采用 GAUSS9.0 统计软件进行模型标定^[16],其中,个人属性根据调查样本的统计结果,采用哑元变量来描述,选择性别为男性、学历为本科及以下、年龄为 18~39 岁、职业为事业单位员工、年收入为 5 万以下、驾龄小于 3 年以及每周开车次数为 5 次以下的变量取值为 1,其他取值为 0. 对初次标定结果进行筛选,保留影响显著的变量,再对改进后的模型进行二次参数估计,两次模型标定结果如表 1 所示.

表 1 两种模型标定结果

变量	初始参数估计值	初始 t 检验值	改进后的参数估计	改进后 t 检验值
常数项 1	0.087 3	0.278	—	—
常数项 2	0.962 7	4.907 ^①	0.931 2	4.935 ^①
出行费用/元	-0.167 3	-7.388 ^①	-0.169 0	-7.494 ^①
最大出行时间/min	-0.066 8	-7.349 ^①	-0.065 7	-7.328 ^①
最小出行时间/min	-0.027 4	-2.976 ^①	-0.027 9	-3.048 ^①
性别	0.146 0	0.686	—	—
学历	-0.046 2	-0.305	—	—
年龄	-0.049 5	-0.271	—	—
职业	0.149 1	0.774	0.229 8	1.533
年收入	0.353 7	1.737	0.388 8	1.972 ^②
驾龄	0.147 6	0.719	—	—
每周开车次数	0.141 8	0.724	—	—

注:①显著性检验水平为 1%; ②显著性检验水平为 5%.

由表 1 看出,出行费用、最大出行时间和最小出行时间标定参数分别为 -0.169 0、-0.065 7 和 -0.027 9,表明这些变量与出发时间选择呈负相关,即费用越多或者出行时间越长,选择改变出发时间的概率就越大,出行者对最大出行时间的敏感度是最小出行时间的 2.4 倍,费用是出行者最为敏感的因素,为最大出行时间的 2.6 倍. 个人属性变量中只有职业和年收入的 t 检验值大于 1,表明其他变量对模型解释不显著,而职业和年收入与出发时间选择呈正相关,表示事业单位员工改变出发时间的概率较小,收入较高群体根据路况信息改变出发时间的概率较大. 另外,最终计算得到的模型命中率为 66.2%,修正的拟合优度为 0.267 6,根据模型参数计算的时间价值(Value of Time, VOT)在 9.9~23.3 元/h 之间,这和按照人均月收入 4 千元、每天 8 h 计算的 VOT 为 22 元/h 相吻合,都验证了模型的有效性.

考虑到不同性别人群的出行选择行为可能会

有较大差异,本文对 423 个男性和 228 个女性样本进行了数据分析. 根据表 2 的标定结果,男性对最大出行时间的敏感度是最小出行时间的 2 倍,女性对于出行时间的不确定性更为敏感,达到了 2.7 倍;其次,女性对费用更为敏感,为男性的 1.3 倍,男性比女性更关注出行时间;另外,年龄和收入是影响男性改变出发时间的重要因素,而驾龄是影响女性改变出发时间的关键因素,驾龄高的女性更愿意改变出发时间. 从年龄看,40 岁以上的男性改变出发时间的概率较大,而这一年龄段的女性则更倾向于维持原计划出行,显然她们对路况信息的敏感度更低,这是本次调查分析中发现的不同性别在出行时的最大差异. 另外,从模型的性能来看,男性样本和女性样本的模型命中率分别为 65.5% 和 70.6%,修正的拟合优度分别为 0.270 9 和 0.266 8,在实践中,通常拟合度不应小于 0.2,这也表明根据本文的调查数据建立的模型精度符合要求.

表 2 根据性别分类后的模型标定结果

变量	男性样本的参数估计	男性 <i>t</i> 检验值	女性样本的参数估计	女性 <i>t</i> 检验值
常数项 2	1.242 6	5.246 ^①	0.345 6	1.075
出行费用/元	-0.153 2	-5.567 ^①	-0.206 5	-5.057 ^①
最大出行时间/min	-0.067 9	-6.175 ^①	-0.060 2	-3.777 ^①
最小出行时间/min	-0.034 9	-3.077 ^①	-0.022 2	-1.361
学历	—	—	-0.324 3	-1.091
年龄	0.497 1	2.510 ^②	-0.385 0	-1.370
年收入	0.462 9	1.885	—	—
驾龄	—	—	0.688 7	2.352 ^②
每周开车次数	0.249 3	1.127	—	—

注: ①显著性检验水平为 1%; ②显著性检验水平为 5%.

3 结 论

- 1)不同性别的出行者对最大出行时间表现出较高的敏感度,达到最小出行时间的 2 倍以上,而且女性对时间的不确定性更为敏感.
- 2)出行者对费用的敏感度均高于出行时间,男性相比女性更关注最大出行时间,女性则更关注出行费用.
- 3)个人属性变量中的驾龄、年龄和收入是影响出发时间的重要因素. 这可为城市的个性化交通路况信息的发布提供决策参考依据.

参考文献:

[1] 林震,杨浩. 交通信息服务条件下的出行选择行为[J]. 中国公路学报, 2003,16(1): 87-90.

[2] TRAIN K E. Discrete choice methods with simulation [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2002.

[3] WEN C H, KOPPELMAN F S. The generalized nested logit model[J]. Transportation Research Part B, 2001, 35(7): 627-641.

[4] ABDEL-ATY M A. Using ordered probit modeling to study the effect of ATIS on transit ridership[J]. Transportation Research Part C, 2001, 9(4): 265-277.

[5] BEN-ELIA E, SHIFTAN Y. Which road do I take? A learning-based model of route-choice behavior with real-time information[J]. Transportation Research Part A, 2010, 44(4): 249-264.

[6] BEN-ELIA E, ETTEMA D. Rewarding rush-hour avoidance: a study of commuters' travel behavior[J]. Transportation Research Part A, 2011, 45(7): 567-582.

[7] BEN-AKIVA M, LERMAN S R. Discrete choice analysis: theory and application to travel demand[M]. Cam-

bridge: The MIT Press, 1985.

[8] BHAT C R. Analysis of travel mode and departure time choice for urban shopping trips[J]. Transportation Research Part B, 1998, 32(6): 361-371.

[9] JOU R C. Modeling the impact of pre-trip information on commuter departure time and route choice[J]. Transportation Research Part B, 2001, 35(10): 887-902.

[10] OZBAY K, YANMAZ-TUZEL O. Valuation of travel time and departure time choice in the presence of time-of-day pricing[J]. Transportation Research Part A, 2008, 42(4): 577-590.

[11] JOU R C, KITAMURA R, WENG M C, *et al.* Dynamic commuter departure time choice under uncertainty[J]. Transportation Research Part A, 2008, 42(5): 774-783.

[12] LEMP J D, KOCKELMAN K M, DAMIEN P. The continuous cross-nested logit model: formulation and application for departure time choice[J]. Transportation Research Part B, 2010, 44(5): 646-661.

[13] 何保红,王炜,陈峻. 城市 P&R 出行者选择行为模型[J]. 哈尔滨工业大学学报,2009,41(4): 243-246.

[14] 石京,陶立. 实时交通信息提供对驾驶员路径选择行为影响量化分析[J]. 武汉理工大学学报:交通科学与工程版,2010,34(4): 639-643.

[15] 任英伟,陆键,吴守荣,等. 高速公路可变收费货车出行者出行时间选择模型研究[J]. 公路交通科技, 2008,25(10): 123-129.

[16] 杨玲玲,范烨,高峰,等. 基于 MNL 模型的私人小汽车出行时间选择研究[J]. 交通标准化, 2011,1: 63-67.

[17] LOUVIERE J J, HENSHE D A, SWAIT J D. Stated choice methods: analysis and application [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.

(编辑 魏希柱)