

# 先进的出行者信息服务不确定性问题研究综述

Review of Uncertainties in Advanced Traveler Information Services

刘 锴, 王 彪, 孙小慧

(大连理工大学交通运输学院, 辽宁 大连 116024)

Liu Kai, Wang Biao, Sun Xiaohui

(School of Transportation and Logistics, Dalian University of Technology, Dalian Liaoning 116024, China)

**摘要:** 为提高先进的出行者信息服务(ATIS)对交通系统效率的改善能力,需深入分析 ATIS 不确定性问题对主动查询或被动接受 ATIS 的出行者的影响。回顾了近 20 年的相关文献,从出行者交通信息需求及影响因素、ATIS 对出行者选择行为的影响、交通信息检索行为和出行选择决策模式、ATIS 不确定性的作用机理等四方面分析了 ATIS 不确定性问题的国内外研究现状、存在问题及未来研究方向。指出既有文献缺乏对不确定性 ATIS 作用机理的深刻阐述,尤其缺少针对采用不同决策方式和具有不同知识水平的出行者的认知差异分析。未来研究只有关注出行者对 ATIS 不确定性的主观认知和感知价值,洞悉面向 ATIS 不确定性时各类出行者的适应性决策方法,才能有效改善 ATIS 的市场占有率。

**Abstract:** To improve the effectiveness of Advanced Traveler Information Services (ATIS) in enhancing the efficiency of transportation systems, it is necessary to analyze the impacts of uncertainties on the travelers who either proactively use ATIS or passively receive ATIS. This paper makes a thorough review of literatures in the past two decades from four aspects, namely travelers' traffic information needs and impacting factors, travelers' choice behaviors under ATIS, the information retrieval behaviors and decision making patterns, and the mechanisms of ATIS uncertainties. The paper discusses the state-of-the-art domestic and abroad studies, problems, and future directions on ATIS uncertainties. It is found that there lacks in-depth discussion on the mechanism of ATIS uncertainties, especially on cognitive variation analysis for travelers with different decision-making patterns and knowledge levels. ATIS market share would not be significantly improved in the future unless sufficient attentions can be paid to the perceived uncertainties and the cognitive values of ATIS uncertainties, as well as the adaptive decision making methods for different travelers under various ATIS uncertainties.

**关键词:** 交通工程;先进的出行者信息服务;不确定性;文献综述

**Keywords:** traffic engineering; ATIS; uncertainties; literature review

中图分类号: U491

文献标识码: A

收稿日期: 2013-01-29

基金项目:国家自然科学基金青年基金“先进出行者信息服务的不确定性问题及其作用机理研究”(51008050);中央高校基本科研业务费专项资金“低排放交通系统关键技术研究”(DUT12ZD203)项目资助

作者简介:刘锴(1978—),男,江苏南京人,博士,副教授,主要研究方向:交通行为建模分析、交通地理信息系统。E-mail:liukai@dlut.edu.cn

## 0 引言

近年来由交通系统问题导致的社会经济负面效益日益受到重视,越来越多的交通专家、运输和通信公司以及交通规划和管理部门都意识到先进的出行者信息服务(Advanced Traveler Information Services, ATIS)具有改变出行行为、提高交通系统效率的潜力。ATIS是智能交通系统(Intelligent Transportation Systems, ITS)的子系统,运用各种先进的通信、信息技术,向各类出行者提供为到达目的地所需的各种交通信息服务。当个人出行需求和可达性受交通物理网络制约时,有效的信息供给可在一定程度上弥补交通物理网络自适应调控能力不足和时间滞后等负面因素,及时引导一部分出行者重新制定出行方案,达到提高交通系统效率、交通网络通行能力和社会效益的目的<sup>[1-2]</sup>。基于

这些理解和期望,多数专家对ATIS在交通需求管理(Travel Demand Management, TDM)方面的潜力赋予厚望,早在1993年文献[3]就提出改变个人出行选择行为将为改善交通系统带来契机。

然而,现实中各种复杂因素的存在导致ATIS缺乏应有的市场需求,且既有交通信息服务的影响力和推荐路径的服从率也非常有限<sup>[4-5]</sup>,导致ATIS在实践中难以有效承担动态交通需求管理和控制的责任。除日常出行习惯、侥幸心理等主观影响因素和较少的可选择出行选项(出行时间、方式和路径的组合)、拥堵成为常态等客观影响因素外,一个很重要的问题是:ATIS本身存在不确定性。例如:由于缺少有效的观测手段或难以预测突发事件的影响,出行时间估计值和预测值可能出现较大偏差;电子地图更新滞后、缺少临时交通管制信息等也降低了ATIS的可信赖性。

近20年,ATIS的信息价值及其对交通网络的影响一直是学术领域的重点研究课题。尽管认识到了ATIS的不确定性问题,但大多数研究仍对ATIS对交通系统的近期改善效果抱有很高的期望。由于缺少针对交通需求管理的ATIS不确定性问题及其作用机理的文献综述性研究,研究人员较难全面理解此类问题。本文通过查阅相关文献,从出行者交通信息需求及影响因素、ATIS对出行者选择行为的影响、交通信息检索行为和出行选择决策模式、ATIS不确定性的作用机理等四方面回顾了ATIS不确定性问题的国内外研究现状、存在问题及未来研究方向。

## 1 出行者交通信息需求及影响因素

过去20年,大量应用研究从实践角度证实了ATIS的使用价值,揭示了出行者对交通信息的需求正在持续增长。在各类出行者中,通勤者、男性、高收入和接受过高等教育的人群<sup>[6]</sup>、交通运输行业人员<sup>[7]</sup>更有可能使用ATIS。此外,可接入互联网的移动通信手机持有者<sup>[8-9]</sup>,因为具有较丰富的信息浏览和获取经验而倾向于使用ATIS。对交通环境和交通状况持悲观估计的出行者也往往有意愿使用ATIS,这类出行者期望通过主动查询交通信息来降低出行过程中的不确定性。

通过对ATIS信息进行细致分类,有关学者研

究了不同类别ATIS信息内容的价值和效用,及使用者的支付意愿。文献[10]通过电话调查构建了提供不同类型信息条件下的公交方式选择概率模型,证实了公交发车频率、是否有空座位等个性化公共交通信息服务在提高公交通勤接受度方面具有巨大潜力。文献[11]调查发现,尽管公共交通信息需求对价格高度敏感,但出行者仍然愿意购买动态公共交通信息和路径规划信息。文献[12]调查显示,城市轨道交通出行者最关心的信息包括:轨道交通转乘信息、紧急事件信息、车内拥挤程度、引导信息及公共交通换乘信息等。文献[13]认为相对于其他ATIS信息,路况信息对大连市小汽车出行者的影响最显著。文献[14]认为如果信息传递效率较低,将严重影响ATIS对多方式公共交通出行者的效益。文献[15]引入行程时间可靠度因子,考察了多方式公共交通信息对上海市小汽车出行者的影响。

除了在信息传递方式和传递时机上的改进,出行者对ATIS信息的需求逐渐表现出多元化倾向,从定性信息到定量信息、再到定量引导信息,从而对出行者的路况感知和路径选择产生较大差异<sup>[16]</sup>。此外,ATIS本身的内容和形式也有所变化和创新,例如增加目的地选择信息、出行活动模式(Activity Pattern)选择信息、空间环境信息和事前提醒信息等。此类调查ATIS信息需求的研究通常认为ATIS可有效提供准确度较高的信息,而忽视了不确定性的存在对其市场需求的影响。

## 2 ATIS对出行者选择行为的影响

自从智能交通领域引入ATIS以来,一方面,很多研究者开始关注出行者对ATIS的接受程度及其对出行选择行为的影响。简单来说,ATIS给出行者提供新的可选择出行方案,并帮助出行者更加清楚地认识所有出行方案的属性特征<sup>[17]</sup>,从而帮助出行者更容易地选择最优方案。文献[18]应用微观经济学理论验证了这一观点,阐述了利用ATIS诱导出行者选择时间更短的路径,能使路网中部分交通量发生空间调整,实现社会效益最大化;同时证明在路网交通量达到设计容量的95%时,即路网接近拥堵边缘时,ATIS的效益最大,尤其在遭遇非周期性交通拥堵时,其效果更加显

著。文献[19]通过仿真比较了交通广播、高速公路可变信息标志(Variable Message Signs, VMS)及车载导航三种交通信息诱导方式以及混合诱导的影响,同样得出了较为乐观的结论。

另一方面,部分研究者也对现有 ATIS 的效用提出怀疑。例如,文献[20]调查认为 ATIS 信息对公共交通出行者选择出行方式的影响较有限;文献[21]也发现,ATIS 对促使私人小汽车出行者改变交通方式而使用公共交通的可能性很小。既有文献研究往往忽视出行者在查询交通信息和确定出行方案时,一般不是单独考虑出发时间、交通方式、路径、目的地,而是综合考虑几种要素做出选择。此外,大多数研究通常应用“期待效用理论”路径选择模型,假设人在出行决策过程中是绝对理性的,忽视了人的认知局限。即使 ATIS 可以快速有效地反映交通系统的动态拥堵状况,也存在被出行者怀疑的事实。文献[22]声明人类存在四种有限的信息处理能力,这将影响其做出“明智”的判断,包括有选择地感知信息、参与过程的本质总是“顺序的”、通常采用“启发式”或更简单的原则处理新信息、记忆力有限。由于现实中人们获取并处理信息的方式、过程的多样性及有限性并没有足够体现,未来针对这四种有限的信息处理能力需进一步展开研究。

### 3 交通信息检索行为和出行选择决策模式

为了理解交通信息的作用机理,即出行者对交通信息的反应过程,非常有必要观测出行者的交通信息检索行为模式。虽然习惯性出行者总是相信自己的经验,选择已经习惯的出行方案,很少会在出发前检索出行信息<sup>[23-24]</sup>,但随着交通系统日益复杂和获取有效信息日益便利,有理由相信交通信息检索行为也将日益普遍。交通信息检索的普遍行为模式包括效用最大化(Utility Maximization)模式和最低满足(Satisfying)模式<sup>[4]</sup>。

早期研究通常应用效用最大化原理解释出行者检索和分析信息、制定决策的行为:假设每个出行者都是“理性人”,通过综合比较所有可选交通方式的全部相关属性,最终选择一种总效用最大的方式。当存在不确定选项时,利用最大期待

效用取代最大总效用进行评估。但事实上由于出行者受到各种限制,往往难以收集到全部信息,也难以做出最优选择。

最低满足模式更多地考虑了现实中出行者获取知识和判断决策能力的有限性,因而在“有限理性”决策框架内选择较好的、能够满足最基本要求方案。采用该模式的出行者往往首先查询默认出行方案(包括习惯出行方案或根据经验判断的最佳方案)的相关属性,如果可以接受,则停止查询,否则继续查询其他出行方案。文献[25]采用驾驶人训练模拟器对驾驶人在不同 ATIS 信息下的逐日动态更换行为进行仿真实验,并考虑“有限理性”行为理论,对通勤者出行前和出行中的路径更换无差别阈值模型进行参数标定。

另外一些研究应用经济学方法把出行者通过 ATIS 获取信息的行为描述为“成本—效益”决策过程,也就是说,只有当出行者认为查询信息的“感知收益”高于“感知成本”时,才选择使用 ATIS<sup>[26]</sup>。“感知成本”包含直接花销和需要付出的时间和精力;“感知收益”则通常被认为是“帮助出行者做出更好的选择”或者“减少出行者所面对的不确定性”。这些较为模糊的定义导致既有研究分析“感知收益”和“感知价值”决定因素的方法不尽合理。由于个体信息处理能力存在较大差别,如果 ATIS 为不同类型的人群提供相同的信息,必然导致不确定信息的接受程度产生较大差别,导致“感知价值”出现较大差异。

### 4 ATIS 不确定性的作用机制

出行选择过程中的不确定性来源于两个方面:ATIS 自身的不确定性和出行决策的不确定性。导致 ATIS 自身不确定性的原因包括:交通系统的随机性(如突发事件)和对系统状态描述的不确定性<sup>[27]</sup>,交通信息估计不确定性和预测过程中的不确定性<sup>[3]</sup>,交通信息采集过程中存在样本覆盖水平低、信息采集不够准确和误差传递等问题<sup>[28]</sup>。针对出行决策的不确定性,文献[29]将其分为出行方案选择阶段的选择不确定性(Uncertainty of Choice)和出行过程中的执行不确定性(Uncertainty of Execution)。

绝大多数文献考察了出行者受 ATIS 影响后将

如何影响交通网络的均衡状态<sup>[1, 30-32]</sup>。该类文献更多关注了不同 ATIS 市场占有率情况下路网出行时间的感知误差, 没有区别出行者使用交通信息的方式, 而是应用随机效用最大化模型框架对交通网络进行流量分配。文献[33]的研究是鲜见的一个例外, 应用可能性理论(Possibility Theory)模拟了交通分配模型中路径选择过程的随机不确定性(Random Uncertainty), 并建议从心理学角度探索出行者是采用“可能性”方法还是“概率”方法来处理路径选择的随机不确定性。需要指出的是, 对于 ATIS 使用经验较少的出行者来说, 很难应对各种不确定性而做出合理判断。交通行为研究领域的众多文献采用了经济学领域中解决不确定条件下决策制定问题的几种理论框架来模拟不确定交通信息下的出行决策过程, 包括传统的也是应用最广的基于期待效用理论(Expected Utility Theory)的模型框架, 基于前景理论(Prospect Theory)的模型框架, 以及最近逐渐形成的基于遗憾理论(Regret Theory)的模型框架<sup>[34-35]</sup>等。

出行者接受 ATIS 信息的过程可看作是信息的自我更新过程<sup>[36]</sup>。文献[37]对出行中个体学习能力的影响进行了分析及实证研究, 揭示出个体的社会经济特征及学习能力对个体出行特征有重要影响。文献[38]利用贝叶斯学习模型模拟了出行时间的变动性对出行选择的影响。然而, 文献[39]通过另一项对比调查发现, 获取更多出行时间信息(因而降低了出行决策过程中的不确定性)的出行者并没有表现出不断减少出行时间的意愿。这个与直觉相矛盾的结论揭示了个体学习过程中“信息更新过程”和“信息价值再认识”的复杂性。未来需要更加关注出行者对 ATIS 不确定性的敏感性, 同时也需要考察“短期学习”和“长期学习”的差别。

## 5 结语

综上所述, 较早引入 ATIS 的西方发达国家对于 ATIS 的需求和效果展开了大量研究, 从行为分析角度、网络均衡角度、信息市场发展等方面进行了广泛探索。中国开展 ATIS 研究的起步较晚, 近几年的相关文献多从交通网络需求分配角度出发, 探索 ATIS 的作用效果, 较缺少对 ATIS 作用

机理的行为学和心理学分析, 对其他非出行时间信息的不确定性问题也缺少足够的研究。既有文献对出行者处理不确定性 ATIS 信息的机理缺乏深刻理解, 尤其缺少对采用不同决策方式和具有不同知识水平的出行者的认知差异分析。

国内外文献对不确定信息作用过程中“感知收益”和“感知成本”的定义都比较模糊, 不易衡量和建模。出行者获取(查询、打听和被动接受)信息的行为是为了评估已知方案和寻找新的可选方案, 然后应用某种决策模式(例如效用最大化模式或者最低满足模式)做出选择。具有不确定性特征的各种 ATIS 信息对出行者出行决策的影响, 尤其是出行者如何进行“短期学习”和“长期学习”积累个人经验, 如何理解和应对各类信息服务中的不确定性并调整其决策, 应该是未来的研究重点。

## 参考文献:

### References:

- [1] Yin Yafeng, Yang Hai. Simultaneous Determination of the Equilibrium Market Penetration and Compliance Rate of Advanced Traveler Information Systems[J]. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 2003, 37(2): 165-181.
- [2] Huang Haijun, Li Zhichun. A Multiclass, Multicriteria Logit-Based Traffic Equilibrium Assignment Model Under ATIS[J]. *European Journal of Operational Research*, 2007, 176(3): 1464-1477.
- [3] John Polak, Peter Jones. The Acquisition of Pre-Trip Information: A Stated Preference Approach[J]. *Transportation*, 1993, 20(2): 179-198.
- [4] Chorus C G, Arentze T A, Molin E J E, Timmermans H J P, Wee B V. The Value of Travel Information: Decision Strategy-Specific Conceptualizations and Numerical Examples[J]. *Transportation Research Part B: Methodological*, 2006, 40(6): 504-519.
- [5] Chorus C G, Molin E J E, Van W B. Use and Effects of Advanced Traveler Information Services (ATIS): A Review of the Literature[J]. *Transport Reviews*, 2006, 26(2): 127-149.
- [6] Petrella M, Lappin J. Comparative Analysis of Customer Response to Online Traffic Information in Two Cities: Los Angeles, California, and Seattle,

- Washington[J]. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2004 (1886): 10-17.
- [7] Richard H M, Emmerink, Peter Nijkamp, Piet Rietveld, Jos N Van Ommeren. Variable Message Signs and Radio Traffic Information: An Integrated Empirical Analysis of Drivers' Route Choice Behaviour Original Research Article[J]. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 1996, 30(2): 135-153.
- [8] Yim Y, Khattak A J, Raw J. Traveler Response to New Dynamic Information Sources: Analyzing Corridor and Area-Wide Behavioral Surveys[R]. California PATH Working Paper, UCB-ITS-PWT-2004-4, Berkeley: California PATH Program, Institute of Transportation Studies, University of California, 2004.
- [9] Bhat C R, Sivakumar A, Axhausen K W. An Analysis of the Impact of Information and Communication Technologies on Non-Maintenance Shopping Activities[J]. Transportation Research Part B: Methodological, 2003, 37(10): 857-881.
- [10] Mohamed A, Abdel-Aty. Using Ordered Probit Modeling to Study the Effect of ATIS on Transit Ridership[J]. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 2001, 9(4): 265-277.
- [11] Molin E J E, Timmermans H J P. Traveler Expectations and Willingness-To-Pay for Web Enabled Public Transport Information Services[J]. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 2006, 14 (2): 57-67.
- [12] 戴晓峰. 城轨交通乘客出行信息需求分析及对策研究[J]. 都市快轨交通, 2007, 20(3): 21-23.
- Ji Xiaofeng. Analysis and Strategies for the Passenger Travel Information Demand in Urban Rail Transit[J]. Urban Rapid Rail Transit, 2007, 20 (3): 21-23.
- [13] 杨智伟, 赵胜川, 张迅. 私家车出行者交通信息需求研究[J]. 交通信息与安全, 2009, 27(5): 24-28.
- Yang Zhiwei, Zhao Shengchuan, Zhang Xun. Travel Information Needs of Private Vehicle Travelers[J]. Journal of Transport Information and Safety, 2009, 27(5): 24-28.
- [14] 戴晓峰, 刘澜. 多模式公共交通系统的出行信息有效性研究[J]. 武汉理工大学学报(交通科学与与工程版), 2009, 33(5): 980-983.
- Ji Xiaofeng, Liu Lan. Effectiveness of Travel Information in Multimodal Public Transport Systems[J]. Journal of Wuhan University of Technology (Transportation Science & Engineering), 2009, 33 (5): 980-983.
- [15] 胡华, 滕靖, 高云峰, 周雪梅. 多模式公交信息服务条件下的出行方式选择行为研究[J]. 中国公路学报, 2009, 2(2): 87-92.
- Hu Hua, Teng Jing, Gao Yunfeng, Zhou Xuemei. Research on Travel Mode Choice Behavior Under Integrated Multi-modal Transit Information Service [J]. China Journal of Highway and Transport, 2009, 22(2): 87-92.
- [16] Jou R, Lam S, Liu Y, Chen K. Route Switching Behavior on Freeways with the Provision of Different Types of Real-time Traffic Information [J]. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 2005, 39 (5): 445-461.
- [17] Mahmassani Hani S, Liu Yuhsin. Dynamics of Commuting Decision Behaviour under Advanced Traveler Information Systems[J]. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 1999, 7(2-3): 91-107.
- [18] Levinson D. The Value of Advanced Traveler Information Systems for Route Choice[J]. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 2003, 11(1): 75-87.
- [19] 贺振欢, 杨肇夏, 承向军, 刘军. ATIS混合诱导模式下出行者路径选择仿真研究[J]. 系统仿真学报, 2009, 21(22): 7334-7341.
- He Zhenhuan, Yang Zhaoxia, Cheng Xiangjun, Liu Jun. Research on Users' Route Choice under Mixed-guidance Mode of ATIS by Simulation[J]. Journal of System Simulation, 2009, 21(22): 7334-7341.
- [20] Kenyon S, Lyons G. The Value of Integrated Multimodal Traveler Information and Its Potential Contribution to Modal Change[J]. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 2003, 6(1): 1-21.
- [21] Chorus C G, Molin E J E, Wee G P van, Arentze T A, Timmermans H J P. Responses to Transit

- Information Among Car-Drivers: Regret-Based Models and Simulations[J]. *Transportation Planning and Technology*, 2006, 29(4): 249-271.
- [22] Hogarth, Robin M. *Judgement and Choice: The Psychology of Decision*(2nd ed.)[M]. Oxford: John Wiley & Sons, 1987.
- [23] Henk Aarts, Bas Verplanken, Ad van Knippenberg. Habit and Information Use in Travel Mode Choices [J]. *Acta Psychologica*, 1997, 96(1-2): 1-14.
- [24] Bas Verplanken, Henk Aarts, Ad Van Knippenberg. Habit, Information Acquisition, and the Process of Making Travel Mode Choices[J]. *European Journal of Social Psychology*, 1997, 27: 539-560.
- [25] 安实, 李静, 崔娜. ATIS 环境下通勤者逐日出行路径更换行为仿真[J]. *吉林大学学报(工学版)*, 2009, 39(3): 587-592.  
An Shi, Li Jing, Cui Na. Simulation of Commuter Day-To-Day Dynamic Route Switching Behavior under ATIS Information[J]. *Journal of Jilin University(Engineering and Technology Edition)*, 2009, 39(3): 587-592.
- [26] Song Gao, Emma Frejinger, Moshe Ben-Akiva. Cognitive Cost in Route Choice with Real-Time Information: An Exploratory Analysis[J]. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 2011, 45(9): 916-926.
- [27] Mauro Dell' Orco, Michele Ottomanelli, Domenico Sassanelli. Modelling Uncertainty in Parking Choice Behavior[EB/OL]. 2003[2013-01-29]. [http://www.ltrc.lsu.edu/TRB\\_82/TRB2003-001776.pdf](http://www.ltrc.lsu.edu/TRB_82/TRB2003-001776.pdf).
- [28] Liu K, Yamamoto T, Morikawa T. Feasibility of Using Taxi Dispatch Systems as Probes for Collecting Traffic Information[J]. *Journal of Intelligent Transportation Systems: Technology, Planning, and Operations*, 2009, 13(1): 16-27.
- [29] Chorus C G, Arentze T A, Molin E J E, Timmermans H J P. Value of Travel Information: Theoretical Framework and Numerical Examples[J]. *Transportation Research Record: Journal of Transportation Research Board*, 2005(1926): 142-151.
- [30] Emmerink R H M, Axhausen K W, Nijkamp P, Rietveld P. Effects of Information in Road Transport Networks with Recurrent Congestion[J]. *Transportation*, 1995, 22(1): 21-53.
- [31] 李志纯, 黄海军. 先进的旅行者信息系统对出行者选择行为的影响研究[J]. *公路交通科技*, 2005, 22(2): 95-99.  
Li Zhichun, Huang Haijun. Modeling the Impacts of Advanced Traveler Information Systems on Travelers' Travel Choice Behaviors[J]. *Journal of Highway and Transportation Research and Development*, 2005, 22(2): 95-99.
- [32] 李昕, 刘澜, 戢晓峰. ATIS 影响下的基于广义成本的随机用户平衡模型[J]. *交通运输系统工程与信息*, 2009, 9(2): 50-55.  
Li Xin, Liu Lan, Ji Xiaofeng. Stochastic User Equilibrium Model Based on Generalized Cost under the Influence of ATIS[J]. *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*, 2009, 9(2): 50-55.
- [33] Henn V, Ottomanelli M. Handling Uncertainty in Route Choice Models: From Probabilistic to Possibilistic Approaches[J]. *European Journal of Operational Research*, 2006, 175(3): 1526-1538.
- [34] Chorus C G, Arentze T A, Timmermans H J P. A Random Regret-Minimization Model of Travel Choice[J]. *Transportation Research Part B: Methodological*, 2008, 42(1): 1-18.
- [35] Chorus C G. Regret Theory-Based Route Choices and Traffic Equilibria[J]. *Transportmetrica*, 2012, 8(4): 291-305.
- [36] Ettema D, Timmermans H J P, Arentze T A. Modelling Perception Updating of Travel Times in the Context of Departure Time Choice under ATIS [J]. *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 2004, 8(1): 33-43.
- [37] 贺正冰, 马寿峰, 唐夕庭. 交通出行中个体学习能力的影响分析及其实证[J]. *交通运输系统工程与信息*, 2009, 9(2): 75-80.  
He Zhengbing, Ma Shoufeng, Tang Xiting. Empirical Study on the Influence of Learning Ability to Individual Travel Behavior[J]. *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*, 2009, 9(2): 75-80.