

基于信息获取私家车路径选择行为模拟*

刘新全

(广西师范学院 经济管理学院, 南宁 530001)

摘要: 为了研究大城市私家车出行选择对物流配送方案生成的影响,综合考虑私家车驾驶者出行知识、获取的出行信息,建立了考虑自身风险规避、自身后悔规避与相对风险规避、相对后悔规避的路径选择混合效用随机模型,给出了确定预期后悔阈值的方法。基于模型的随机性,使用蒙特卡洛方法对模型中的随机参数进行了标定。通过实验网络对比了信息条件下和无出行信息条件下私家车驾驶者备选路径生成及路径选择行为,给出了不同条件下产生差异的原因,说明建立的模型符合对驾驶者在不同条件下的实际出行选择行为模拟。

关键词: 私家车; 路径选择; 模拟; 配送; 信息获取

中图分类号: U491 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-3695(2012)04-1256-04

doi:10.3969/j.issn.1001-3695.2012.04.015

Simulation of route choice of private cars based on information acquired

LIU Xin-quan

(College of Economics & Management, Guangxi Teachers Education University, Nanning 530001, China)

Abstract: In order to study the influence of route choice of private cars to the generation of schemes to logistics distribution, this paper presented the hybrid utility random model integrating the travel knowledge, travel information, self risk avoid, self regret avoid, relative risk avoid, relative regret avoid. It solved the clique value of anticipate regret. For the randomness of model, it presented the Monte Carlo method to demarcate the random parameters. Contrasted the behavior of route choice between the conditions of information acquired and without information, it gave the reasons for the production of difference. The results indicate that the model is according with the travel behavior of drivers in practice.

Key words: private cars; route choice; simulation; distribution; information acquired

0 引言

物流配送方案的生成在一定程度上会受到城市道路网络通行能力的影响,当前各大城市私家车的出行量正在迅速增加,对城市道路在各时段的通行能力产生了不同的影响。因此,为了生成合理的物流配送方案,必须分析路网中相关路段交通通行状况,对影响路段通行能力的私家车驾驶者的路径选择行为进行研究。本文是在先前工作基础^[1,2]上的进一步研究,为了使研究能够刻画驾驶者实际的选择行为,对私家车驾驶者在出行信息以及后悔心理双重影响下,不同出发时段的路径选择行为进行研究,以期得出能够刻画驾驶者实际选择行为的模型。为了表述的方便,本文中的驾驶者仅指私家车驾驶者。

文献[1]中对基于预期后悔理论的出行选择决策过程进行了详细的分析,并给出了驾驶者后悔形成与出行决策过程的框架。从框架中可以发现,出行信息在驾驶者整个出行选择过程中起到了重要作用,对驾驶者出行心理的变化产生了影响。文献[1]建立了基于预期后悔的选择模型,并通过简单的路网进行了验证。然而在实际的道路网络中,驾驶者的路径选择行为更加复杂,不同的出发时段以及大量的可选路径对驾驶者的选择行为产生影响的同时,也影响着物流配送方案的生成。由

于出行信息对驾驶者的备选路径生成、预期后悔的生成以及路径选择行为都会产生影响,因此需要对出行信息条件下的驾驶者路径选择行为进行分析,从而为制订合理的物流配送方案提供参考依据。

1 模型分析

1.1 模型建立

文献[2]综合考虑私家车驾驶者出行知识、获取的出行信息,建立了考虑自身风险规避、自身后悔规避与相对风险规避、相对后悔规避的路径选择混合效用随机模型,模拟可以描述为

$$Z(x) = \lambda \times A(x) + \alpha' \times ZFX(x) + \alpha'' \times ZYH(x) + \gamma' \times RFX(x) + \gamma'' \times RYH(x) + \zeta \times I(x) + \zeta(x) \quad (1)$$

其中: $Z(x)$ 表示驾驶者选择路径 x 时产生的混合随机效用值; $A(x)$ 表示驾驶者根据出行知识选择路径 x 时产生的均值效用; $ZFX(x)$ 表示驾驶者考虑自身风险规避时,选择路径 x 产生的效用; $ZYH(x)$ 表示驾驶者考虑自身后悔规避时,选择路径 x 产生的效用; $RFX(x)$ 表示驾驶者考虑相对风险规避时,选择路径 x 产生的效用; $RYH(x)$ 表示驾驶者考虑相对后悔规避时,选择路径 x 产生的效用; $I(x)$ 表示驾驶者获得的关于路径 x 的信息; $\zeta(x)$ 为混合效用函数随机项。

由于混合 Logit 模型有很强的灵活性,基本上包含了各种

收稿日期: 2011-09-16; 修回日期: 2011-10-24 基金项目: 广西师范学院科研启动经费项目; 广西高等学校特色专业及课程一体化建设项目(GXTSZY016); 广西教育厅科研项目(201106LX309)

作者简介: 刘新全(1979-), 男, 河北衡水人, 博士, 主要研究方向为交通运输规划与管理、物流管理(liuxinquan1118@163.com)。

形式的混合分布(离散分布和连续分布),因此可以近似于任何的随机效用模型^[3],并且混合 Logit 模型已经得到了大量文献的验证,能够很好地解决选择需求问题^[4,5]。此外,对于不同的驾驶者来说,模型中的参数、备选路径的生成、风险规避心理、后悔规避心理和对出行信息的感知等是不同的,因此模型中的参数为随机参数,这是与传统的 Logit 模型不同之处。因此,可以结合混合 Logit 模型给出私家车驾驶者选择路径 x 的概率模型:

$$P(x) = \int \frac{e^{Z(x)}}{\sum_l e^{Z(l)}} f(v|\vartheta) dv \quad (2)$$

其中: $f(v|\vartheta)$ 为 v 的概率密度函数,可以设定适当的分布函数; ϑ 作为该密度函数需要估计的参数; l 为与路径 x 不同的其他路径。

由于驾驶者在估计备选路径的行程时间时,每条路段的行程时间会因驾驶者感知不同而有所区别,不同的驾驶者表现出的心理反应不同,因此参数模型中参数 λ 、 α' 、 γ' 、 α'' 、 γ'' 、 ζ' 的取值表现出很强的随机性。根据私家车驾驶者出行路径选择模型,确定了私家车驾驶者出行路径选择过程的框架,如图 1 所示。

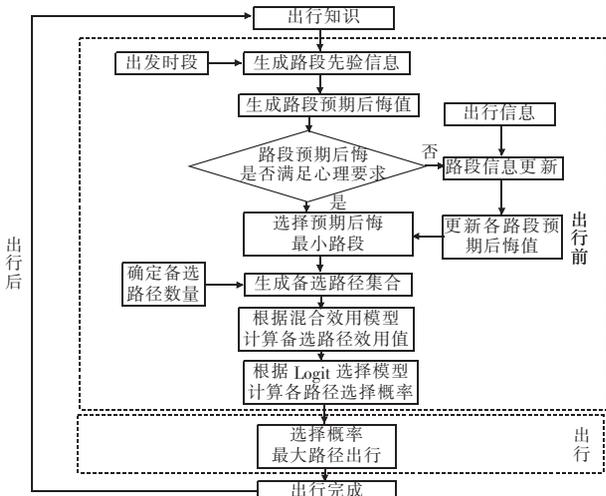


图 1 模型计算流程

框架中将驾驶者出行选择的过程分为了三个阶段:出行前阶段、出行阶段和出行后阶段^[1]。驾驶者在出行前会根据先前出行经验对可选路段进行估计,当路段预期后悔超过自身后悔阈值时,驾驶者需要借助出行信息重新进行估计;当路段预期后悔小于自身后悔阈值时,驾驶者会生成备选路径集合,根据混合效用随机模型选择合适的路径出行。此处引入了预期后悔阈值的概念,以往研究认为阈值的变化受驾驶者的性别、年龄、驾驶者经验及出行目的等影响,本文为了便于计算而又不失一般性,假设驾驶者感知的预期后悔阈值为 $\tau(x)$,并且 $\tau(x)$ 只受驾驶者的出行经验的影响,不同的驾驶者驾驶经验不同 $\tau(x)$ 也不相同,驾驶者对不同路段感知预期后悔的心理承受能力也会有所改变,也就是说 $\tau(x)$ 也因不同的路段而产生差别。

1.2 确定阈值

后悔阈值也可以称为可接受后悔,Nasiry 等人^[6]将后悔阈值的概念应用于经济学中,研究了在产品定价过程中消费者可接受后悔程度对产品价格的影响,认为研究消费者预期后悔阈

值的变化来确定产品的价格,对于产品生产厂家制订销售策略具有重要意义。预期后悔阈值的确定在医学研究中也得到了发展,Minor 等人^[7]首次将后悔理论引入到医学决策中,他们对医生在治疗病人过程中的后悔情绪进行了研究,认为 e 为由于预期后悔情绪的存在使得医生在不确定情况下治疗决策发生变化;Djulgovic 等人^[8]拓展了后悔理论在医学领域中的应用,根据预期后悔得到了阈值模型。根据决策心理作用的相似性,本文根据相关文献^[8]中后悔阈值的确定过程及表达形式,给出驾驶者路径选择的预期后悔阈值的概念及表达形式。

将驾驶者感知路段预期后悔的阈值定义为对驾驶者 r 来说,当感知选择路段 x_a 产生的后悔与放弃选择路段 x_a 产生的后悔相同时的预期后悔值定义为阈值 $\tau(x_a)$ 。对于后悔阈值来说,当驾驶者感知的路段 x_a 预期后悔值大于 $\tau(x_a)$ 时,将选择借助出行信息来进行重新选择决策;当感知的路段 x_a 预期后悔值小于 $\tau(x_a)$ 时,驾驶者则选择当前路段作为备选路段。为了确定阈值模型,给出如下定义:

假设驾驶者在信息获取条件下,生成备选路径过程中对路段 x_a 的选择存在两种行为:直接选择路段 x_a 作为备选路段或者借助出行信息重新决策。假设驾驶者感知路段 x_a 的行程时间小于路段平均行程时间 $\bar{t}(x_a)$ 的概率为 $P(x_a)$,大于 $\bar{t}(x_a)$ 的概率为 $1 - P(x_a)$ 。根据以上假设,驾驶者 r 感知的路段 x_a 行程时间大于 $\bar{t}(x_a)$ 时,选择路段 x_a 出行产生的预期后悔为

$$B(x_a) = ZFX(x_a) \quad (3)$$

当驾驶者 r 感知的路段 x_a 行程时间小于 $\bar{t}(x_a)$ 时,未选择路段 x_a 出行产生的预期后悔为

$$W(x_a) = RYH(x_a) \quad (4)$$

根据感知行程时间出现的不同概率,选择路段 x_a 作为备选路段的预期后悔为

$$P(x_a) \times B(x_a) \quad (5)$$

未选择路段 x_a 作为备选路段的预期后悔为

$$(1 - P(x_a)) \times W(x_a) \quad (6)$$

那么根据前面阈值定义^[8],得到下面公式:

$$P^*(x_a) = W(x_a) / (W(x_a) + B(x_a)) = 1 / (1 + B(x_a) / W(x_a)) \quad (7)$$

$$\tau_{r,d}^f(a) = P^*(x_a) \times W(x_a) =$$

$$(1 - P^*(x_a)) \times W(x_a) = \frac{W(x_a) \times B(x_a)}{W(x_a) + B(x_a)} \quad (8)$$

预期后悔阈值确定^[8]的过程如图 2 所示。通过图 2 可以反应出预期后悔阈值与预期后悔的关系。

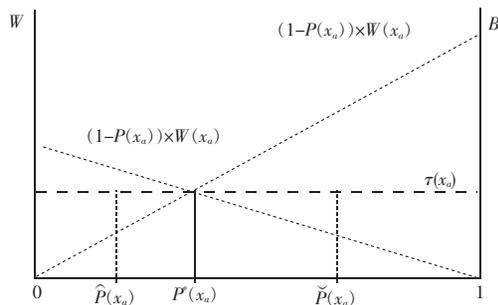


图 2 预期后悔阈值确定

图 2 中, $P^*(x_a)$ 表示标准化极值概率,在该点得到预期后悔的阈值;水平线 $y = \tau(x_a)$ 即为预期后悔阈值对应的直线。当 $\tilde{P}(x_a) > P^*(x_a)$ 时,表示驾驶者在备选路段生成阶段,未选择路段 x_a 作为备选路段产生的预期后悔小于阈值的情况;当

$0 < \hat{P}(x_a) < P^*(x_a)$ 时,表示驾驶者在备选路段生成阶段,选择路段 x_a 作为备选路段产生的预期后悔小于阈值的情况;当 $\hat{P}(x_a) = P^*(x_a) = \tilde{P}(x_a)$ 时,表示临界状态。

2 模型参数标定

以往出行选择研究中,模型中参数是确定性变量,通过线性回归的方法可以获得。而本模型中参数为随机变量,驾驶员根据出发时段,对所选路径中的路段随机感知,生成随机变量,因此带有很大的随机性,对于该随机参数的求解需借助蒙特卡洛模拟和最大似然法来完成。

2.1 蒙特卡洛 (Monte Carlo) 模拟原理

蒙特卡洛模拟方法最早是科学家在解决原子弹爆破问题中被提出的,其主要原理就是通过设定随机过程,不断生成时间序列,得出参数估计量和统计量,然后加以统计处理。简而言之,蒙特卡洛方法是创造一种假设的未来,通过产生大量的样本结果分析它们的共性实现的,即产生一定概率分布数来模拟实际中可能发生的种种情况^[9]。

2.2 求解步骤

结合驾驶者路径选择混合效用随机模型,给出如下应用蒙特卡洛与极大似然法相结合的方法求解该模型相应参数的计算过程^[10]:

a) 确定密度函数 $f(v|\vartheta)$ 。

根据以往文献对属性参数的描述,大都假设 v 服从正态分布或对数正态分布,然而由于对数正态分布存在尾端过长、收敛过慢、误差估计过高等问题^[11],因此假设 v 服从正态分布。

b) 计算模拟选择概率。

(a) 密度函数 $f(v|\vartheta)$ 的 ϑ 在给定的前提下,从密度函数中进行随机向量 v 的抽样,结果表示为 v^s , s 表示第 s 次抽样, $s=1$ 即为第一次抽样。

(b) 根据 v^s 计算出模拟的选择概率值:

$$L(v^s) = \frac{e^{Z(x)}}{\sum e^{U(i)}} \quad (9)$$

(c) 重复进行上述两个步骤 SN 次,得出模拟选择概率的平均值:

$$\tilde{P}(x) = \frac{1}{SN} \sum_{s=1}^{SN} L(v^s) \quad (10)$$

c) 构造似然函数。

模拟似然函数的构造以 $\tilde{P}(x)$ 值为基础,表示为

$$SL(\vartheta) = \prod_{r=1}^{\theta} \prod_{i=1}^N (\tilde{P}(x))^{f_{ri}} \quad (11)$$

式(11)取对数形式为

$$SLL(\vartheta) = \sum_{r=1}^{\theta} \sum_{i=1}^N f_{ri} \ln \tilde{P}(x) \quad (12)$$

其中: f_{ri} 为 0-1 变量,当驾驶者 r 选择路径 x_i 出行时 $f_{ri} = 1$, 否则 $f_{ri} = 0$; N 表示网络中可选路径数。

d) 计算 ϑ 。

借助极大似然法得出参数 ϑ 的估计值。

3 算例模拟

由于本文是对先前工作的深入研究,因此借助文献[2]中的算例及已知条件模拟私家车驾驶者在出行信息获取条件下

的路径选择行为。算例如图 3 所示。

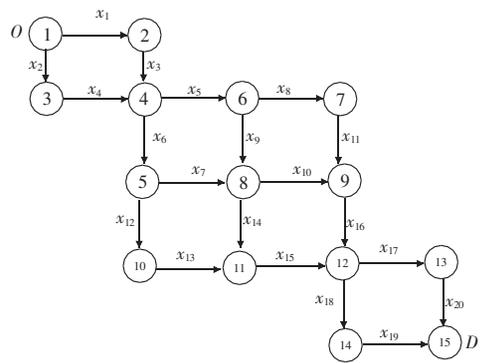


图 3 城市路网

文献[2]中将驾驶者的出行分为了六个时段,给出了不同出发时段的路段行程时间,结合已知条件,生成信息获取条件下备选路径集合。

3.1 信息获取条件下备选路径生成

利用基于预期后悔的备选路径生成方法,得到信息条件下备选路径集合如图 4 所示。

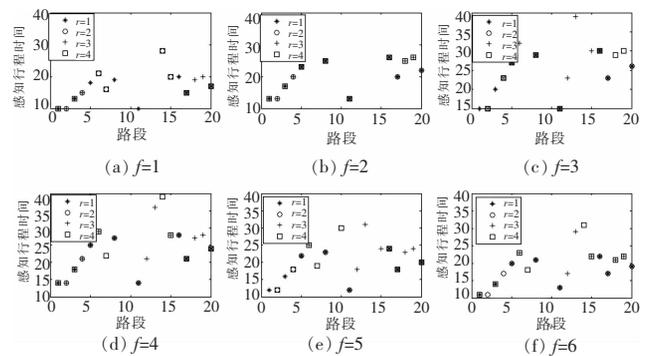


图 4 信息获取条件下备选路段分布

与无信息条件下生成备选路段对比可以看出,选择出发时段 $f=2$ 出发的驾驶者,生成备选路径分布相对较集中,说明驾驶者通过出行信息调整了对被选路径的认识,在出行高峰即将到来时,对生成备选路径的信任度较高;出发时段为 $f=3$ 和 $f=4$ 时,生成的备选路径分布由集中逐渐变得相对较分散,说明在出行高峰时段,驾驶者受到出行信息以及避免产生后悔心理的双重影响,考虑的备选路径差别较大,而不是只选择行程时间最优的路段; $f=5$ 时差别较小,但是由于在信息获取条件下驾驶者受到出行信息的影响依然存在,因此图 4 末端点的分布要分散些;在 $f=1$ 和 $f=6$ 时无明显差别,说明在交通量较小时,驾驶者生成的备选路径差别不大。

3.2 信息获取条件下路径选择行为模拟

借助蒙特卡洛模拟的方法,通过计算标定出行信息获取条件下的混合效用随机模型中的参数,标定结果如表 1 所示。

表 1 信息获取时的参数标定

| 参数 | MIXED | H | P | JBSTAT | CV |
|-------|-------------------|---|--------|--------|--------|
| v_1 | -0.0089(5.55E-04) | 0 | 0.5087 | 1.352 | 5.9915 |
| v_2 | 1.5249(0.2687) | 0 | 0.5419 | 1.2255 | 5.9915 |
| v_3 | -0.166(0.0191) | 0 | 0.7823 | 0.491 | 5.9915 |
| v_4 | 0.0011(3.18E-05) | 0 | 0.5852 | 1.0716 | 5.9915 |
| v_5 | -0.0012(1.5E-04) | 0 | 0.579 | 1.0931 | 5.9915 |
| v_6 | 3.6923(0.088) | 0 | 0.5365 | 1.2455 | 5.9915 |

为了简便而又不失一般性原则,选取 $P(x_a) = 0.6$ 进行分析。驾驶者在出行信息获取与无出行信息条件下经过 20 次出

行选择模拟产生的路径选择比例与感知路径平均行程时间之间的关系。

图5显示在出发时段 $f=1$ 时,道路交通处于良好情况下,信息获取和无信息条件的驾驶者选择行为基本相同,大多选择感知路径行程时间较短的路径出行。然而信息条件下驾驶者受到出行信息的影响,感知路径行程时间的可靠性更高;而无信息条件下的驾驶者因为仅仅根据出行经验选择,并且受到后悔心理影响,因此信息条件下的感知行程时间较短,路径的整体选择比例要高于无信息条件时的选择。

图6显示在出发时段 $f=2$ 时,随着出行量的增加,道路交通量逐渐增大,无信息条件下驾驶者从最初主要选择感知行程时间最短的路径,开始考虑选择行程时间相对较长的路径。然而由于无信息获取以及受到先验的影响,因此对路径选择的差别不会很大,主要还是集中在选择感知行程时间相对较短的路径出行。

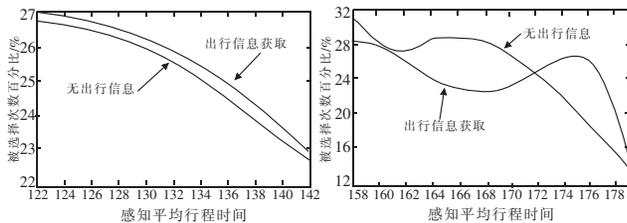


图5 $f=1$ 时驾驶者选择行为对比

图6 $f=2$ 时驾驶者选择行为对比

而处于信息获取条件下的驾驶者,受到信息以及后悔规避心理的影响,对感知行程时间不同的路径选择比例相对较均匀,但是由于该时段为道路交通状况由非常畅通逐渐转向交通量较大的过渡时刻,因此选择感知行程时间差别较大路径的比例也不会很高,所以曲线经过小幅振荡变化后快速下降。

图7和8显示在出发时段 $f=3$ 和 $f=4$ 时,驾驶者在不同状态时的选择行为。这两个阶段处于交通出行高峰期,无信息条件下驾驶者对道路交通状况不能实时了解,不知道其他路径的交通通行状况,因此大多选择在感知行程时间较短的路径上出行,造成了这些路径的选择比例远远高于感知行程时间较长的路径的选择比例。

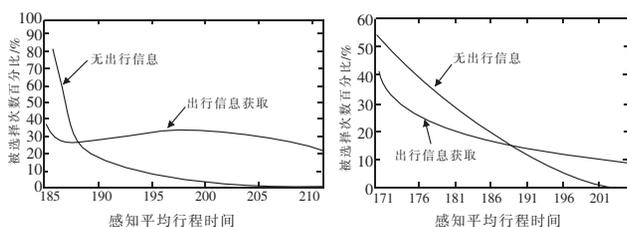


图7 $f=3$ 时驾驶者选择行为对比

图8 $f=4$ 时驾驶者选择行为对比

对于信息获取的驾驶者来说,受出行信息的影响选择各条路径的比例相对较平均,虽然受出行量迅速增加的影响选择比例出现小幅的变化,但是出行信息逐渐缓和了这种变化,说明出行信息对驾驶者的选择行为起到了积极的影响。但出行信息的影响也是有其限度的,当道路交通出行量达到顶峰,各条道路通行能力都较差时,大多数驾驶者还是选择了感知行程时间较短的路径出行,因此图8中信息获取条件下选择比例出现了快速下降。

图9和10显示在出发时段 $f=5$ 和 $f=6$ 时,驾驶者在不同状态时的选择行为。此两个阶段为道路高峰交通出行量逐渐

缓和的过程,由于驾驶者的出行不同于中心城市驾驶者的通勤出行,出行时段相对较分散,因此在该过程中无信息条件下驾驶者受到出行高峰时段路径选择的影响,会有部分驾驶者选择感知行程时间较长的路径;当出行条件有所好转时又快速转向选择感知行程时间较短的路径出行,而获得出行信息的驾驶者会根据实时的交通信息作出正确的选择行为,因此选择感知行程时间较短路径与时间较长路径的比例变化相对较缓。

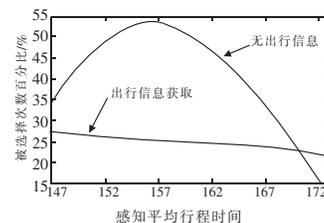


图9 $f=5$ 时驾驶者选择行为对比

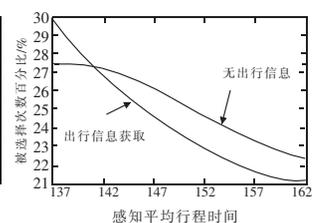


图10 $f=6$ 时驾驶者选择行为对比

4 结束语

通过本文的相关研究及图5~10所反映的驾驶者在不同的出发时段的选择行为,作为物流配送部门,根据私家车驾驶者的选择行为,在不同的出发时段制订不同的配送方案,在私家车出行量迅速增加的大城市,私家车的出行分布将直接对物流配送效率产生影响。因此,需要物流配送部门对当前及今后城市交通量的分布情况进行预测,提高物流配送方案生成的合理性,对缓解当前城市交通拥堵问题也具有重要现实意义。

参考文献:

- [1] 刘新全. 驾驶者出行选择混合效用模型研究[J]. 公路交通科技, 2010, 27(10): 107-111.
- [2] LIU Xin-quan. The choice of private cars impact on vehicle routing schemes in city logistics distribution[C]//Proc of the 5th IEEE International Conference on Automation and Logistics. 2011: 182-186.
- [3] BEN-AKIVA M, BOLDUE D. Multinomial probit with a logit kernel and a general parametric specification of the covariance structure [M]. [S.l.]: Department of Civil Engineering, MIT, 1996.
- [4] BOYD J H, MELLMAN R E. The effect of fuel economy standards on the U. S. automotive market: a hedonic demand analysis [J]. *Transportation Research A: General*, 1980, 14(5-6): 367-378.
- [5] CARDELLI N S, DUNBAR F C. Measuring the societal impacts of automobile downsizing [J]. *Transportation Research A: General*, 1980, 14(5-6): 423-434.
- [6] NASIRY J, POPESCU I. Advance selling when consumers regret [EB/OL]. (2011-09-27). <http://ssrn.com/abstract=1447864>.
- [7] Le MINOR M, ALPEROVITCH A, KNILL-JONES R P. Applying decision theory to medical decision-making-concept of regret and error of diagnosis [J]. *Methods Information Medicine*, 1982, 21(1): 3-8.
- [8] DJULBEGOVIC B, HOZO I, SCHWARTZ A, et al. Acceptable regret in medical decision making [J]. *Medical Hypotheses*, 1999, 53(3): 253-259.
- [9] 徐钟济. 蒙特卡洛方法 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1985: 12-15, 40-53.
- [10] TRAIN K. Discrete choice methods with simulation [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2003: 138-149.
- [11] HESS S, BIERLAIRE M, POLAK J W. Estimation of value of travel-time savings using mixed logit models [J]. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 2005, 39(2-3): 221-236.