

基于双参数的城际旅客出行方式动态仿真方法

叶玉玲¹, 陈鹏超¹, 程 正²

(1. 同济大学 道路与交通工程教育部重点实验室, 上海 201804; 2. 上海铁路局乔司站, 浙江 杭州 311101)

摘要: 基于仿真思想, 利用数学模型描述交通方式特性和旅客自身特性对城际旅客出行方式选择行为的动态交互影响. 综合应用生产法与收入法, 根据旅客有无小轿车的属性, 引入比例系数, 改进了出行时间价值的计算模型; 在研究等待时间参数和不能精确定量描述元素参数的分布表达函数的基础上, 设计了城际旅客出行方式选择行为仿真方法; 通过分析沪杭城际运输通道的调查数据, 对旅客的出行方式选择行为进行了仿真, 并对相关影响因素进行了灵敏度分析, 论证了仿真方法的正确性和有效性.

关键词: 城际旅客; 时间价值; 出行方式选择; 广义费用函数; 仿真

中图分类号: U491

文献标志码: A

Dynamic Simulation Method for Travelling Mode Choice Behavior of Intercity Passengers Based on Two Parameters

YE Yuling¹, CHEN Pengchao¹, CHENG Zheng²

(1. Key Laboratory of Road and Traffic Engineering of the Ministry of Education, Tongji University, Shanghai 201804, China; Qiaosi Railway Station, Shanghai Railway Bureau, Hangzhou 311101, China)

Abstract: Based on simulation methods, this paper analyzed the influence of traffic mode characteristics and the passenger's own characteristics on the travelling mode choice behavior of intercity passengers with a mathematical model. By comprehensive application of the production and income methods and introduction of the proportional coefficient, the calculation model of travelling time value was improved based on the fact if the passenger has his/her own cars. Based on the expression function of the distribution parameters of waiting time and the elements which cannot be accurately quantified, a simulation method for travelling mode choice behavior was systematically designed for intercity passengers. In addition, this dynamic simulation approach was illustrated with the Shanghai-Hangzhou intercity transport corridors in China. The sensitivity analysis of four parameters show that

the proposed simulation approach is accurate and valid.

Key words: intercity passenger; time value; travelling mode choice; generalized cost function; simulation

目前, 我国区域运输通道内客运交通需求增长日益加快, 城际客运通道的发展呈现出运输速度高速化、运输结构多样化、管理技术先进化等特征. 随着客运专线的投入运营, 城际旅客的出行行为将发生显著变化, 包括出发时刻选择、目的地选择、方式选择、路径选择等, 而解析城际旅客出行方式选择行为特征是研究城际客运通道协调发展的基础.

对于交通方式选择行为特性的研究主要集中在对离散选择模型的研究. 早在 1973 年, Watson^[1]就建立了第一个城际旅客交通选择的离散选择模型, 认为非集计行为概率选择模型比集计选择模型在行为选择研究方面更具优势. Zhou^[2]描述了一种改进的动态交通微观分配和仿真系统, 该系统包括个人处于多模式城市交通网络(单独驾驶、共乘、快速公交系统(BRT)、地铁等多种交通方式)中对交通方式、出发时间和路径的选择, 在其选择规模集成与随机效用最大化的离散选择框架中考虑了多用户决策标准如旅行时间、旅行成本、时间延误, 以及行程时间的可靠性. 叶玉玲等^[3]通过分析沪杭运输通道客流的构成和旅客的出行方式选择行为特征, 建立了非集计的旅客出行方式选择模型, 研究了基于多种客运专线服务水平方案下的通道内各种运输方式分担情况和客运专线的客流结构.

对于时间价值的模型的研究主要是运用行为需求选择模型. Jiang^[4]从理论上说明了节省的旅客时间价值的变化对社会经济环境的影响, 提出节省的旅行时间价值与旅行时间、旅行费用、工资、工作时间相关, 把节省的旅行时间价值和时间价值作为两

个变量进行考虑. Kaan 等^[5]从出行方式和出行目的两方面研究了旅途节约的时间价值,改进了原有的关于旅行节约的时间价值的研究,最后分析显示以人口方式计算的系数和以样本及现行方法计算得出的系数存在差异.

本文基于随机过程理论,在考虑混合交通模式相互影响的条件下,采用计算机仿真的方法,利用数学模型描述交通方式特性和旅客自身特性对旅客的出行方式选择行为的动态交互影响.通过沪杭运输通道的调查以及相关历史数据,确定旅客和各交通方式相关特性及分布规律.通过 Matlab 编程,随机产生旅客样本,对个体旅客进行交通方式选择的仿真,在此基础上集计统计得到每种交通方式的选择概率;通过对高铁票价、高铁车内时间、高铁离站时间、旅客收入水平四者的灵敏度分析,发现城际旅客出行方式选择行为的内在规律,并据此给高铁的运营组织管理提出相关建议.与传统的离散选择模型相比,本文方法的优越性在于:① 模拟方法没有过多的限制条件,在基于计量经济学所推导出的解析式上,可以较大程度地反映现实选择行为.② 可以很方便地对选择问题的参数敏感性进行研究.由于仿真所使用的随机数是可以重现的,因此,对同一个选择问题,可以以不同参数或者不同的条件进行多次研究.③ 可以借助已有统计资料,在不进行实际抽样调查的条件下得出具有统计意义的旅客选择行为^[6].

1 城际旅客出行行为特征

1.1 城际旅客出行方式选择的影响因素

城际旅客出行方式的选择受到出行者本身特性、出行特性以及出行可选交通方式特性的影响.旅客自身特性包括对时间(车内时间、等待时间以及离站时间)、票价(出行费用)、安全性、舒适性等敏感程度;出行特性包括出行的费用来源、出行目的、出行距离等特征;而可选交通方式特征则是该交通方式的技术经济特征,包括速度、发车间隔以及票价等.城际旅客由于出行距离为中短途,经过调研统计分析发现,出行者有无小汽车这种特性对城际旅客交通方式的选择有着重要的影响.

同时,随着经济的发展,生活水平的提高,人们的出行需求在数量上和质量上都有新的发展和变化,良好的出行环境、便捷的出行条件、快捷的旅行速度、高质量的服务成为人们追求的目标.运行速度快、便捷、票价适中的交通方式是人们出行首选的交

通方式.

1.2 旅客出行时间价值分析及模型

从机会成本的角度考虑,由于旅客在旅途中耗用的时间存在着机会成本,因此,出行时间价值就是由这种机会成本所产生的价值.从国内外研究状况来看,一般将时间价值分为资源价值与行为价值两个概念进行分析.本文综合考虑资源时间价值和行为时间价值理论,对时间价值参数 v_i 的计算模型进行讨论.

目前,资源时间价值的计算应用最为广泛的是生产法和收入法,行为时间价值一般采用非集计模型.

生产法适用于反映利用工作时间(或生产时间)出行的客流群的时间价值,即对工作出行较为适用.

$$v_i = P/T \quad (1)$$

式中: v_i 为时间价值; P 为人均年国民生产总值; T 为个人年均工作小时数.

收入法适用于反映利用个人收入支付出行费用的客流群的时间价值,对非工作出行较为适用.

$$v_i = C/T_m \quad (2)$$

式中: C 为个人月收入; T_m 为个人月均工作小时数.

非集计模型是旅客出行行为预测分析中常用的一种模型.行为时间价值的确定一般采用 Logit 和 Probit 模型进行推算.

$$V_i = a + bP_i + cT_i \quad (3)$$

$$\ln \frac{p_m}{p_n} = a + b\Delta P_{mn} + c\Delta T_{mn} \quad (4)$$

$$v_i = \frac{b}{c} \quad (5)$$

式(3)~(5)中: V_i 为交通方式 i 的效用函数; a, b, c 为待估参数; P_i 为交通方式 i 的票价(对小汽车而言,为其出行费用); T_i 为交通方式 i 的出行总时间(等候时间、离站时间、车内时间); p_m, p_n 分别为旅客选择交通方式 m, n 的概率. $\Delta P_{mn}, \Delta T_{mn}$ 分别为交通方式 m, n 的票价与出行总时间之差.

对于旅客来说,城际客运通道中任何一种交通方式均有可能被选择,在这种情况下,可设定一种交通方式作为基本方式,将旅客选择其他几种交通方式的概率分别与之比较.假设有 3 种交通方式待选择,分别记为 1, 2, 3, 以第 2 种交通方式为基本方式,则可得

$$\ln \frac{p_1}{p_2} = a + b\Delta P_{12} + c\Delta T_{12} \quad (6)$$

$$\ln \frac{p_3}{p_2} = a + b\Delta P_{32} + c\Delta T_{32} \quad (7)$$

根据调查数据,通过回归分析和参数估计,可得

时间价值。

1.3 旅客出行时间价值估算

三种旅客出行时间价值模型各有优缺点,本文综合运用三种方法计算旅客出行时间价值,如图1所示。

步骤一:将出行时间价值按出行者的出行目的分为两类,一类为工作出行,此类人群的时间价值应用生产法模型计算;另一类为非工作出行,此类人群的时间价值应用收入法计算。

步骤二:统计以往研究,影响城际旅客时间价值的主要因素包括出行者收入、出行目的、交通方式特性、有无小汽车等。出行者出行目的和收入在第一步的工作/非工作出行时间价值计算过程中已考虑,而交通方式特性因素将在建立非集计模型时予以考虑。因此,步骤二是按照出行者是否拥有小汽车,从总体样本中筛选出有车者和无车者的出行数据,根据式(5)~(7)以及调查数据,通过回归分析和参数估计,分别计算旅客的时间价值。

步骤三:引入比例系数 α ,设拥有小汽车对时间价值的影响权重为1,没有小汽车的影响权重为 α ,定量研究是否拥有小汽车对时间价值的影响。

步骤四:以有无小汽车为区分标准,对非工作出行和工作出行的旅客的时间价值进行估算。

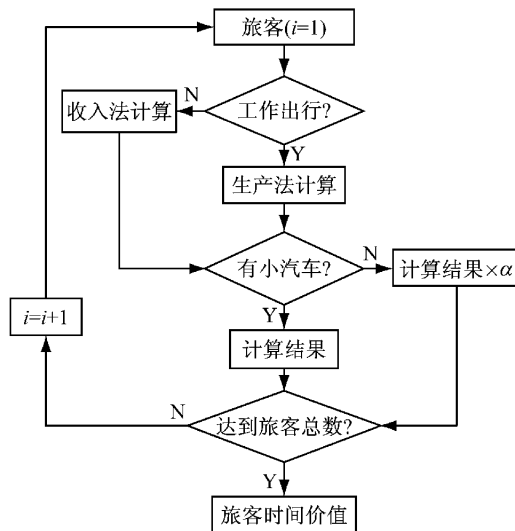


图1 时间价值计算流程图

Fig.1 Flowchart of time value calculation

2 城际旅客出行行为选择仿真模型建立

2.1 城际旅客双参数广义费用函数

一般的均衡分配模型只考虑时间和费用两个参

数且认为旅客出行时间是常量,这与实际情况不符,致使在作旅客出行分配时误差较大。本文提出了用户出行的双参数广义费用模型。

$$C_{ij} = U_{ij} + \xi_{ij} \quad (8)$$

$$U_{ij} = P_i + (T_{ij} + W(x_i, F_i) + f_{ij})v_i \quad (9)$$

式(8)~(9)中: C_{ij} 为旅客 j 选择交通方式 i 的广义出行费用; U_{ij} 为能精确测量的元素组合成的反映广义费用的函数; ξ_{ij} 为不能精确定量描述的元素,如对舒适度、安全性等的度量分布参数; P_i 为交通方式 i 的票价(对小汽车而言,为其出行费用); T_{ij} 为旅客 j 选择交通方式 i 出行的车内时间; $W(x_i, F_i)$ 为旅客的候车等待时间,其与出行人数 x_i 、发车频率 F_i 有关; f_{ij} 为旅客 j 选择交通方式 i 的赴站及离站时间总和。

广义费用计算的双参数是指不能精确定量描述的参数 ξ_{ij} 和等待时间的分布参数 W_{ij} 。

2.2 分布参数的确定

2.2.1 ξ_{ij} 分布参数的确定

在采用模拟仿真方法时,因为计算机所具备的逻辑判断特点, ξ_{ij} 可以有多种表达形式,可以逐项考虑其各组成分量,也可以和解析方法一样,统一认为其服从某种概率分布,从而对选择问题的研究可以更加灵活。本文 ξ_{ij} 采用以下形式^[7]:

$$\xi_{ij} = h_i + \sum_j \Delta\beta_{ij}x_{ij} \quad (10)$$

式中, h_i 为交通方式 i 不可观测的广义费用变动项,如能源、环境污染等外部成本; $\Delta\beta_{ij}$ 为旅客 j 的对交通方式 i 的特色偏好值(安全性、舒适性等)与平均的个体旅客偏好值之间的差参数, $\Delta\beta_{ij}$ 间是相互独立的; x_{ij} 为旅客 j 的对交通方式 i 的特色偏好值(安全性、舒适性等)。

在进行仿真实验时,本文假设 h_i 和 $\Delta\beta_{ij}$ 满足韦伯(Weibull)分布,其概率密度函数如下:

$$f(x; \lambda, k) = \begin{cases} \frac{k}{\lambda} \left(\frac{x}{\lambda}\right)^{k-1} e^{-\left(\frac{x}{\lambda}\right)^k} & x \geq 0 \\ 0 & x < 0 \end{cases} \quad (11)$$

$$\begin{cases} \mu = \lambda \Gamma(1 + \frac{1}{k}) \\ \sigma^2 = \lambda^2 \Gamma(1 + \frac{2}{k}) - \mu^2 \end{cases} \quad (12)$$

式中: $f(x; \lambda, k)$ 为随机变量 x 在参数 λ 与参数 k 条件下的概率密度; μ 为均值; σ 为方差; Γ 为伽马函数。需要说明的是,每个旅客的交通价值观(对舒适度、安全性等的度量)都有所不同,但是,在实际中不可能对每个旅客都逐一确定 ξ_{ij} ,通常需要对各类旅客的选择行为进行研究,根据某些基本特征(如收

入、出行目的等),将旅客划分为大类,对每个旅客大类确定 ξ_i 韦伯分布的参数表达式。

2.2.2 W_{ij} 分布参数的确定

由于国外的相关研究大多采用正态概率密度函数^[8]来模拟不同旅客在不同交通方式下的等候时间,因此本文认为 W_{ij} 的概率密度函数呈对数正态分布。

$$f(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} x^{-1} e^{\left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln x - \mu}{\sigma}\right)^2\right]} \quad (13)$$

式中: μ, σ 分别是 $\ln x$ 的平均值和标准差。

进一步给出 μ, σ 的估算公式为

$$\begin{cases} \mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln x_i \\ \sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\ln x_i - \mu)^2 \end{cases} \quad (14)$$

2.3 城际旅客交通方式选择行为的模拟集计

步骤一:要模拟产生大量运输通道内的旅客,就必须确定全体旅客所服从的分布。有实际抽样数据时,可应用数理统计方法,从中得到关于旅客总体的信息,确定旅客属性的分布规律,以进行模拟抽样。如果没有实际抽样的数据,则根据统计类文献的数据,对旅客的属性分布进行假定,得到旅客个人属性的分布规律。本文根据旅客的出行目的、收入和有无车 3 个属性进行仿真。

步骤二:确定了旅客的属性分布概率、样本数之后,由计算机随机产生第一个旅客。

步骤三:根据图 1,计算这个旅客的时间价值。

步骤四:针对每种交通方式,根据上面所述的分

布参数确定原理,对旅客的 ξ_{ij} 和 W_{ij} 进行确定。

步骤五:在不同交通方式下,计算该旅客广义费用,选取 U_i 值最小的那种交通方式,即为此旅客选择的交通方式,并记录下来,以供进一步的统计分析之用。

步骤六:判断是否达到了仿真样本个数。如果未达到仿真样本个数,将下一个旅客置为第一个旅客,重复步骤二到六。如果达到仿真样本个数,模拟结束,进行统计分析。

3 算例

为了掌握沪杭客运交通走廊旅客出行行为特征,采用行为调查(revealed preference, RP)和意向调查(stated preference, SP)采集了旅客的职业、月收入、出行目的、有无小汽车、途中出行方式、候车时间、途中时间、费用、交通方式安全性及舒适性评价等数据。总共回收有效问卷 1 000 份。通过对回收的问卷进行分析,归纳出影响沪杭旅客出行行为选择的主要因素是票价、出行时间、收入、出行目的等。

3.1 沪杭客运通道旅客出行特征

(1) 收入。根据调查的结果,将月收入水平分为 5 档,如表 1 所示。由统计分析可知,调查对象的月收入是以 4 000 元为平均值的正态分布。

表 1 个人收入分布区间

Tab. 1 Distribution range of personal income

收入水平	低收入/元	中收入/元	中高收入/元	较高收入/元	高收入/元
收入区间	[0, 2 000]	(2 000, 5 000]	(5 000, 8 000]	(8 000, 10 000]	(10 000, +∞)

(2) 职业。各交通方式客流的职业构成基本接近,以商务和技术人员为主,接近 50%;其次是学生、军人、农民和教师。

(3) 目的。沪杭运输通道以工作出行和非工作出行分别占总样本的 46%, 54%。

3.2 时间价值的确定

对于出行目的为工作出行的旅客,采用生产法。上海市和杭州市的 2011 年的 GDP 分别为 82 560 元、58 665 元。

3.2.1 工作出行时间价值 v_{t1}

根据劳动和社会保障部《关于职工全年月平均工作时间和工资折算问题的通知》规定,扣除一年 104 d 休息日和 11 d 法定节假日,年平均工作日为 250 d。

日工作小时按照 8 h 计算,因此年平均工作小时为 2 000 h。根据式(1)计算 v_{t1} 约为 35.3 元 \cdot h⁻¹。

3.2.2 非工作出行时间价值 v_{t2}

对于非工作出行,采用收入法。由于时间价值和收入之间存在很强的相关性,为了提高计算的精度,采用实际调查数据,根据收入水平分类确定时间价值。根据式(2)计算 $v_{t2} = 29.94$ 元 \cdot h⁻¹ (以收入为 5 000 的旅客为例)。

3.2.3 比例系数 α 及时间价值的确定

依据 3.2 节时间价值的确定方法计算比例系数和时间价值,其结果分别见表 2 和表 3。

3.3 模型相关参数的确定

3.3.1 等候时间 W_{ij} 的确定

依据调查的数据,采用最小二乘法,运用 Matlab

进行数据拟合,确定等候时间的分布函数(式14)中的 μ 和 σ ,见表4。

表2 比例系数 α 计算结果

Tab.2 Result of coefficients

有无小汽车	$w_i=b/c$	时间价值相对值	α
有	0.012 0/0.002 40=5.00	1	0.71
无	0.009 8/0.002 76=3.55	3.55/5=0.71	

表3 时间价值计算结果

Tab.3 Result of time value

出行类别	收入范围	时间价值/(元·h ⁻¹)	
		有车	无车
工作出行		35.3	25.06
	(0,2 000]	(0,11.98]	(0,8.51]
非工作出行	(2 000,5 000]	(11.98,29.94]	(8.51,21.26]
	(5 000,8 000]	(29.94,47.90]	(21.26,34.01]
	(8 000,10 000]	(47.90,59.88]	(34.01,42.51]
	(10 000, +∞)	(59.88, +∞)	(42.51, +∞)

表5 其他参数取值

Tab.5 Other parameter values

起点	终点	交通方式	费用/元	车内时间/min	赴站和离站总时间/min	安全性	舒适性
上海	杭州	小汽车	180	180	0	0.80	0.55
		大巴	60	140	52	0.80	0.43
		既有线	30	180	62	0.95	0.36
		高铁	85	56	100	1.00	1.00

注:考虑沪杭高铁席位分为一等软座和二等软座,它们在一趟列车中席位比例1:4,根据现行的票价标准,取其平均值85元。

3.4 仿真结果分析

3.4.1 仿真结果

根据调查的数据,依据上文所提出的仿真流程,采用 Matlab 编程,仿真出旅客对各种交通方式的选择概率。每次仿真产生 1 000 个旅客,总共仿真 300 次。运用 Spss 软件对仿真结果进行描述性统计分析,在结果窗口中给出了 4 种交通方式选择情况的描述统计量,如表 6 所示。由表 6 可知,沪杭运输通

表4 等候时间分布参数确定

Tab.4 Distribution parameters of waiting time

交通方式	所占比例最大的等候时间/min	平均等候时间/min	μ	σ
小汽车				
大巴	16	21.3	3.00	0.83
既有线	36	61.7	4.34	0.95
高速铁路	15	18.5	2.92	0.75

3.3.2 ξ_{ij} 参数的确定

本文假设 $\Delta\beta_i$ 中的各个属性都相互独立地服从参数(1,1)的韦伯分布,且 $\Delta\beta_i$ 中仅包含两种属性——安全性和舒适性。同时,假设不同交通方式不可观测的广义费用变动项 h_j 服从常见值为(0.8,1)的韦伯分布。

3.3.3 其他参数的确定

其他参数的取值^[9]如表 5 所示。

道内旅客选择高铁的比例是最高的,平均市场占有率高达 49%;大巴次之,平均市场占有率为 33%;而既有线与小汽车的市场占有率远远低于上述两者,分别为 13%和 5%。同时,沪杭运输通道旅客运输属于城际短途旅客运输范畴,城际短途旅客的出行大部分会选择发车频率高、出行便利的高铁与大巴。因此,在对短途的城际运输通道运输模式进行规划和设计时,要将高铁与大巴作为重点进行研究。

表6 交通方式选择仿真结果

Tab.6 Simulation result of travelling mode choice

交通方式	仿真次数	平均市场占有率/%	标准差	偏度		峰度	
				统计值	标准误差	统计值	标准误差
小汽车	300	4	6.939	0.150	0.141	-0.148	0.281
大巴	300	33	14.154	0.025	0.141	-0.068	0.281
既有线	300	13	10.204	-0.114	0.141	-0.181	0.281
高速铁路	300	49	14.265	-0.012	0.141	-0.369	0.281

这与文献[3]中运用非集计的多项 Logit 模型建立的沪杭客运通道上预测得出的结论大体相似:客运专线占有率为 42%、公路大巴为 23%、既有铁路为 26%,小汽车为 9%(以 30 min 间隔、票价 60 元时沪杭通道交通方式分担率为例)。

3.4.2 参数灵敏度分析

影响各交通方式客流分配的参数主要有票价、

时间(包括车内时间、等待时间、赴站和离站总时间)、时间价值。下面针对高铁的这三方面进行灵敏度分析。

3.4.2.1 高铁票价的灵敏度分析

从图 2 可以看到:

(1) 随着沪杭运输通道内高铁票价上升,高铁的客运市场占有率逐渐减少,其减少速率呈现先陡

后缓的趋势,其变化点处于高铁票价为 80 元左右的位置. 大巴的市场占有率随着高铁票价的上升而急剧上升,其增长速率也是呈现先陡后缓的趋势,其变化点也处于高铁票价为 80 元左右的位置,这主要是因为从高铁中转移出的客流大部分选择大巴出行. 当高铁票价达到 95 元左右时,大巴的市场占有率就已经超过高铁,成为沪杭运输通道市场占有率最高的交通方式. 当高铁票价达到 200 元左右时,其市场占有率与普通铁路和小汽车的市场占有率几乎持平. 这说明当高铁票价水平超过了一定程度的时候,他们中大部分人会选择出行总时间较小、便捷性好、票价相对低的大巴.

(2) 既有铁路的市场占有率随着高铁票价的上升先是有一定程度的上升,其后就固定在 15% 左右. 这主要是由于既有铁路出行时间较长、班次少、便捷性差. 同时,沪杭通道旅客大部分时间价值较高,高铁票价上调后,即使既有铁路票价比高速公路低,沪杭短途城际旅客选择既有铁路出行还是偏少.

(3) 小汽车的市场占有率是随着高铁票价的上涨而上升的,其增长速度很慢,明显小于大巴的增速. 主要是随着高铁票价的上涨,客流主要向大巴转移,只有少数对便利性、出行总时间和舒适度的要求较高的旅客转移选择小汽车出行.

现阶段,为了保证高铁运输能力的有效利用,并满足人们的出行需求,沪杭高铁可以根据客流变化情况,对一等席位的票价进行打折优惠,降低高铁综合票价,提高上座率,增加高铁的客流量.

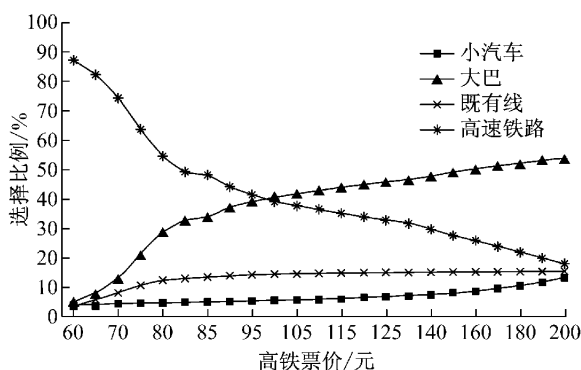


图 2 高铁票价对旅客出行交通方式选择比例的影响

Fig. 2 Impact of high-speed rail fares on passengers' travelling mode choice

3. 4. 2. 2 时间的灵敏度分析

(1) 高铁车内时间灵敏度分析

由图 3 可知,随着沪杭运输通道高铁车内时间的增加,高铁的市场占有率逐渐下降,呈现先缓后急

的趋势. 车内时间处于 40~60 min 之间的市场占有率是可以接受的. 目前沪杭运输通道高铁的旅行时间大约是 56 min 左右,其主要是考虑到列车运行的稳定性以及满足旅客安全性心理. 从图 3 可以看出,高铁速度的增加和旅行时间的减少可以使高铁的市场占有率的增加,但当旅行速度增加到一定程度,市场占有率的提高并不显著,而此时运输成本可能将大幅提升. 因此,高铁运输企业需要处理好提速所带来的运输成本与市场占有率之间的关系,以实现高铁运输企业效益最大化.

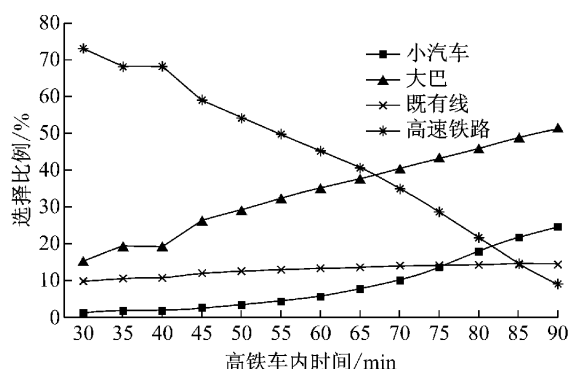


图 3 高铁车内时间对旅客出行交通方式选择比例的影响

Fig. 3 Impact of high-speed railway in-car time on passengers' travelling mode choice

沪杭运输通道大巴的市场占有率随着高铁旅行时间的增加,呈现持续上升的趋势;小汽车的市场占有率也是随着高铁旅行时间的增加,呈现先缓后陡的上升趋势,其变化点为处于高铁旅行时间 60 min 附近;既有铁路随着高铁车内时间的增加,只是略微上升,最后稳定在 14.5%.

(2) 高铁离站和赴站时间灵敏度分析

由图 4 可知,随着沪杭运输通道高铁离赴站时间的增加,高铁的市场占有率逐渐下降,离赴站时间处于 20~45 min 区间时,高铁的市场占有率下降不是很明显;离赴站时间大于 55 min 以后,高铁的市场占有率急剧下滑. 大巴的市场占有率随着高铁离赴站时间的增加,呈现先缓后陡的上升趋势,其变化点处于高铁离赴站时间 60 min 附近;小汽车的市场占有率也是随着高铁离赴站时间的增加,呈现先缓后陡的上升趋势,其变化点处于高铁离赴站时间 100 min 附近;既有铁路随着高铁车内时间的增加,只是略微上升,最后稳定在 14% 左右.

目前沪杭运输通道高铁离赴站时间大约是 100 min 左右,而车内时间只需 56 min,因此,需要进一步完善与优化高铁与市内公交的接驳,缩短高铁离

赴站时间,提高沪杭通道高铁的市场占有率。

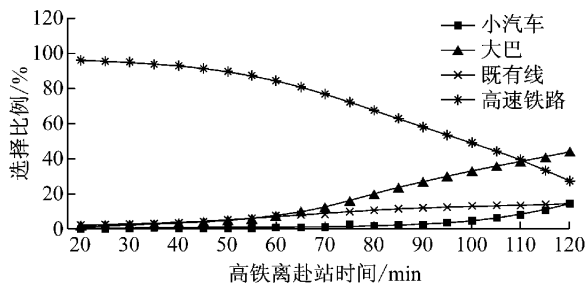


图4 高铁离赴站时间对旅客出行交通方式选择比例的影响
Fig.4 Impact of time of arrival and destination on passengers' travelling mode choice

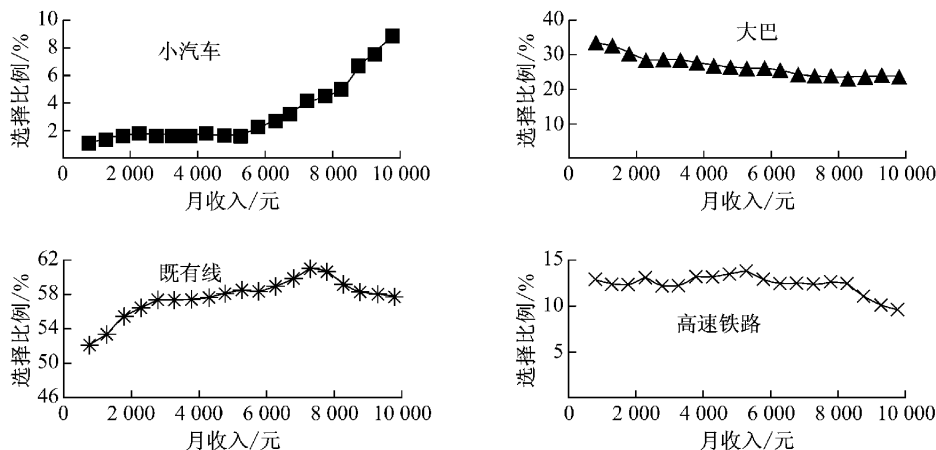


图5 收入水平对交通方式选择比例的影响
Fig.5 Impact of income on passengers' travelling mode choice

4 结语

本文采用仿真方法,利用数学模型描述交通方式特性和旅客自身特性与旅客的交通方式选择行为的动态交互影响,克服了静态的、基于多元 Logit 随机效用的选择数学模型的缺陷,可以灵活地对旅客出行方式选择行为进行研究,广义费用函数的形式和内容都可以随问题的需要而变化,而且,可以变动参数进行灵敏度分析,对同一个问题求解。描述了城际客运通道旅客出行方式选择行为仿真模型的结构,探讨了分布参数的确立,根据统计学意义,将个体旅客集计,建立了城际旅客交通方式选择行为的仿真流程。通过沪杭城际运输通道的实例进行仿真实验,对高铁票价、高铁车内时间及离赴站时间、旅客的平均收入水平进行灵敏度分析,验证了仿真的正确性、有效性以及灵活性。

3.4.2.3 收入水平的灵敏度分析

旅客的收入水平直接反映了旅客的时间价值,本文通过沪杭城际运输通道平均收入水平对客流分配的影响来反映时间价值对客流的影响。图5的模拟结果表明,随着旅客收入水平的提高,高铁的市场占有率呈现先上升后下降的趋势,小汽车的市场占有率呈现先缓后陡的上升趋势,大巴与既有铁路呈现下降趋势。收入水平的提高代表支付能力的提高,旅客对出行时间、舒适性要求也随之增强,那么大部分旅客就会选择出行时间短以及舒适性较高的高铁,少部分对出行便利性要求较高的旅客会选择小汽车出行。

参考文献:

- [1] Watson P L. Predictions of intercity modal choice from disaggregate, behavioral, stochastic models [J]. Highway Research Record, 1973(446): 28.
- [2] ZHOU Xuesong. Dynamic micro-assignment modeling approach for integrated multimodal urban corridor management [J]. Transportation Research C, 2008, 16 (1): 167.
- [3] 叶玉玲,王艺诗. 沪杭运输通道内旅客出行方式选择行为研究 [J]. 铁道学报, 2010, 32(4): 13.
YE Yuling, WANG Yishi. Research on travel mode choice behavior in Shanghai- Hangzhou transport corridor [J]. Journal of the China Railway Society, 2010, 32(4): 13.
- [4] JIANG Meilian. Theroretical analysis on the variation of value of travel time saving [J]. Transportation Research Part A, 2004, 38 (8): 551.
- [5] Kaan Ozbay, Ozlem Yanmaz-Tuzel. 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.

(下转第 871 页)