

# 通勤出行中停车换乘选择行为分析与建模

云美萍, 刘贤玮, 陈震寰, 杨晓光

(同济大学 道路与交通工程教育部重点实验室, 上海 201804)

**摘要:** 针对通勤出行研究驾车者的停车换乘选择行为, 选取上海市典型停车换乘站对驾车通勤者与公共交通通勤者进行了 RP(revealed preference)调查与 SP(stated preference)调查, 基于调查数据分析了选择停车换乘与否的影响因素, 并针对道路通畅、堵塞 2 种状态分别建立了是否停车换乘的二项 Logit 模型. 模型结果显示低收入年轻人更倾向于选择停车换乘; 交通状态堵塞时是否有老人或小孩等家庭特征显著影响停车换乘选择行为; 模型还揭示了通畅时通勤者更关注出行费用, 而堵塞时通勤者更关注出行时耗和舒适性, 并分析了时间和费用敏感度对停车换乘选择概率的影响及其差异.

**关键词:** 通勤出行; 停车换乘; 行为调查; Logit 模型

**中图分类号:** U 491

**文献标识码:** A

## Analysis and Modeling of Park and Ride Choice Behavior in Commuting Travel

YUN Meiping, LIU Xianwei, CHEN Zhenhuan,  
YANG Xiaoguang

(Key Laboratory of Road and Traffic Engineering of the Ministry of Education, Tongji University, Shanghai 201804, China)

**Abstract:** This paper focuses on travelers' choice behavior of park and ride or driving alone in commuting trips. Revealed preference(RP) and stated preference(SP) surveys of car drivers' and public passengers' mode choice behaviors are performed in typical park of ride (PR) transfer station in Shanghai. Based on survey data, influencing factors of PR choice are analyzed. Two individual binary logit models are established under smooth traffic state and congested state respectively on whether car drivers will park and transfer to metro. Model results show that young commuters with lower income are more likely to choose PR. Whether a household has elders or children influences PR choice significantly under congested traffic. The results also indicate that commuters

put more attention on travel cost when traffic is fluent. However, they care more about time consumption and comfortableness when traffic is congested. Furthermore, the influence of time and cost sensitivity on PR choice behavior is presented.

**Key words:** commuting trip; park and ride; behavior survey; Logit model

停车换乘(park and ride, PR)是鼓励自驾车者把车辆停在轨道交通站附近的停车场再换乘轨道交通进入城市中心区的交通管理手段, 是提高公共交通利用率、缓解中心区交通压力的有效途径之一. 上海市世博期间新建了部分 PR 停车场, 世博会后这些停车场存在闲置、无人问津的情况. 因此需要科学合理规划、建设相应设施, 并进行有效管理以真正提高 PR 的吸引力, 使更多自驾车者转向公共交通.

在这一理念的指引下, 针对通勤出行研究驾车者对 PR 的选择行为, 选取上海市典型停车换乘站对通勤出行者开展了 PR 选择行为的 RP 调查(revealed preference)与 SP 调查(stated preference), 结合调查数据分析了选择 PR 与否的影响因素及其重要度、对换乘停车场能接受的最高停车费、采用 PR 能接受的最高总费用和最长出行时间等进行了统计分析, 并考虑了道路通畅和拥堵状态对 PR 选择行为的影响, 分别建立了这 2 种不同交通状态下选择 PR 或自驾方式的二项 Logit 模型.

本研究量化分析了通勤出行特征及换乘服务特征在交通通畅和拥堵时对 PR 选择行为的影响, 对 PR 怎样吸引更多驾车者转移至公共交通、转移的个体交通量如何确定等问题提供理论支撑, 为城市 PR 系统的规划、管理及其效果分析提供参考.

收稿日期: 2011-11-09

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(70631002); 国家自然科学基金青年基金(70501023)

第一作者: 云美萍(1977—), 女, 副教授, 工学博士, 主要研究方向为交通系统管理与行为、防灾与减灾交通系统.

E-mail: yunmp@tongji.edu.cn

通讯作者: 刘贤玮(1987—), 女, 硕士生, 主要研究方向为交通工程、交通行为. E-mail: liuxianwei87@yahoo.cn

## 1 文献综述

国内外在 PR 方面的研究主要涵盖 PR 方式选择行为研究、PR 设施选址、PR 需求预测等 3 个方面。

在 PR 方式选择行为方面, Hole<sup>[1]</sup> 通过对通勤出行者意向选择调查建立了 PR 和驾车 2 种出行方式的二项 Logit 模型, 结果表明收入、性别、小汽车拥有量以及工作地停车情况等因素对出行者是否选择 PR 具有显著影响, 认为中心区停车限制政策可促使人们选择 PR. Bos<sup>[2]</sup> 采用多层信息综合的方法研究了自驾车者对 PR 的选择行为, 利用荷兰 Nijmegen 市的调查数据建立了模型, 结果表明出行者对 PR 设施的安全性较为关注. Hess<sup>[3]</sup> 研究了免费停车对通勤交通方式选择的影响, 并建立了工作出行方式选择的多项 Logit 模型, 预测了在停车收费和免费 2 种情况下通勤出行者选择自驾车、合乘以及 PR 的需求. 秦焕美等<sup>[4]</sup> 调查分析了北京市 PR 选择行为, 建立了考虑偏好性的出行选择模型. 熊萍等<sup>[5]</sup> 针对上海世界博览会自驾车参观者进行了基于非集计模型的 PR 行为研究, 并对模型进行求解分析, 提出了相关交通对策. 唐伟成等<sup>[6]</sup> 以南京地铁 PR 系统为例, 通过 SP 调查和 RP 调查数据对 PR 影响因素进行分析, 并建立了南京地铁 PR 的行为选择模型.

PR 设施选址方面, Farhan<sup>[7]</sup> 以美国俄亥俄州的首府哥伦布为例, 对 PR 设施进行研究, 建立了 PR 设施的选址模型, 使选择结果能够与整个 PR 系统相协调. 王鑫<sup>[8]</sup> 分析影响 PR 设施布局的因素, 并使用辐射轨道交通网为背景建立模型, 得出基于轨道交通网的最优 PR 停车设施地址.

PR 需求预测方面, Suson 等<sup>[9]</sup> 研究了换乘站容量及收费等因素对换乘需求变化的影响. 裴玉龙等<sup>[10]</sup> 研究 PR 设施的换乘需求, 通过多因素调查确定了主要参数和自变量, 从而得到 PR 需求量预测所需的数据. 张戎等<sup>[11]</sup> 进行了 PR 需求 RP 调查, 分析 PR 潜在使用者的行为特性, 得出换乘点停车费用是影响出行者选择 PR 的一个重要原因, 可利用价格杠杆引导 PR 选择行为.

上述成果为 PR 相关研究提供了参考, 然而由于社会经济地理的差异, 模型的标定结果无法直接跨地域移植到上海, 且相关研究中尚未注意到交通拥堵状态对 PR 选址的影响, 也没有综合考虑 PR 与驾车的时间及费用成本的相互影响. 本文基于上述

考虑试图建立考虑拥堵状态、时间成本、费用成本的 PR 选择模型.

## 2 停车换乘 RP 调查及数据分析

### 2.1 调查说明

本研究在上海市典型 PR 站对出行者的 PR 行为及意向进行了问卷调查. 问卷内容涉及出行特征、PR 服务特征、个体及家庭特征、方式选择等.

调查时间: 2011 年 3 月; 调查地点: 上海市轨道交通 11 号线上海赛车场站外的 PR 停车场(2010 年上海世博会前夕建成营运的 PR 停车场之一)、轨道交通 2 号线张江高科站附近的 PR 停车场; 调查方法: 采取现场问卷调查的方式, 针对不同的调查群体, 问卷分别设置了 RP 调查和 SP 调查 2 个版本; 调查对象组成: 如表 1 所示. 样本说明: 由于调查回收率低、难度大, 前后进行了 3 次调查, 共回收有效问卷 202 份. 调查对象的平均年龄为 26.8 岁. 调查过程中学生(SP 问卷)更愿意配合, 所以其在样本中占到 31.8%, 学生是通勤出行的主要群体, 也属于低收入人群, 具有一定的代表性.

表 1 调查对象组成

Tab.1 Composition of samples

调查类别	N	调查内容	$N_1$	$\frac{N_1}{N}/\%$
性别	198	男	119	60.1
		女	79	39.9
月薪/元	198	$\leq 1\ 200$	66	33.3
		1 201~5 000	82	41.4
		$> 5\ 000$	50	25.3
职业	195	公务员	3	1.5
		企事业单位	65	33.3
		商业人员	21	10.8
		学生	62	31.8
		工人	23	11.8
		其他	21	10.8

注:  $N$  为有效问卷数;  $N_1$  为调查统计结果的人数.

### 2.2 数据统计分析

以下从 PR 选择与否的影响因素、影响因素重要度、可接受的停车收费、PR 方式可接受的费用及时耗以及 PR 方式的选择意愿等方面进行统计分析.

#### 2.2.1 选择 PR 与否的影响因素分析

根据调查数据, 选择 PR 出行的主要原因(样本数 122)是出行费用节省, 占 58%, 其次为节约时间和获得较高舒适度, 分别占 42% 和 33%. 因换乘方便而选择 PR 占 25%, 说明目前换乘的便利程度仍

有提升空间。

出行者不选择 PR 的主要原因(样本数 80)是换乘不便利,占 56%。其次是因为目的地距换乘地远,占 39%。有 28%的人认为换乘所需时间长。此外,不顺路、换乘后舒适性降低等原因均占 22%。

### 2.2.2 影响因素的重要度调查

如表 2 所示,在决定是否选择 PR 方式时,有 45%的出行者最看重的因素是出行时间减少,最看重费用节省的占 22%,最看重通勤出行距离较远占 13%,认为省去找路的麻烦和换乘后舒适性较好为首要考虑因素的各占 9%。

表 2 选择停车换乘最看重因素(样本数 199)

Tab.2 The most important factors for choosing

PR(samples 199)

最看重因素	选择比例/%
所需时间减少	45
所需费用减少	21
省去了找路的麻烦	9
换乘后乘车舒适性较好	9
从家到工作地驾车距离较远	13
其他	3

### 2.2.3 能接受的最高停车费

对于换乘停车场能接受的最高停车费(图 1)选择 10 元·d<sup>-1</sup>及以下的受访者占 59%,而能接受 30 元·d<sup>-1</sup>及以下的受访者仅为 12%。调查数据显示受访者可接受的最高停车费用的均值为 14 元(标准差为 9),说明通勤者倾向于较低的 PR 停车收费。

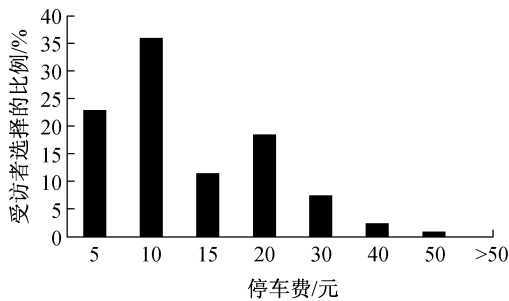


图 1 能接受的最高停车费(样本数 200)

Fig.1 The highest acceptable parking fee(samples 200)

### 2.2.4 采用 PR 出行能接受的最高总费用

为分析通勤者对驾车费用支出与 PR 费用支出的最大接受程度,调查场景假设驾车去目的地需要 30 元,询问受访者采用 PR 方式能接受的最高费用。调查结果(图 2)显示 36%的受访者能接受的最高费用是 20 元。而选择 15 元和 30 元的比例分别为 26%和 20%。而选择 30 元以上的受访者仅占总量的 8%。当 PR 的总费用低于驾车出行的 2/3 时,绝大多数通勤者才会考虑选择 PR。调查数据显示受访者可

接受的最高 PR 费用的均值为 21 元(标准差为 8),是驾车成本的 2/3。

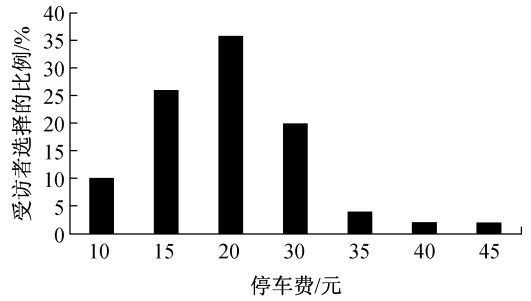


图 2 能接受的最高总费用(样本数 197)

Fig.2 The highest acceptable all-in cost of PR

### 2.2.5 采用 PR 能接受的最长出行时间

分析通勤者对驾车时耗与 PR 时耗的最大接受程度,调查场景假设驾车去目的地需要 1 h,询问受访者采用 PR 方式能接受的最高时间。

图 3 显示了出行者选择的分布情况,选择小于等于 60 min 占到 75%,其中能接受小于等于 45 min(驾车时间的 3/4)的占 56%,超出自驾车时间后,愿意选择 PR 的受访者仅占 25%。调查数据显示与驾车 1h 相比,选择 PR 能接受的最大时耗的均值为 52 min(标准差为 16)。可见,降低换乘后的出行时耗可能会吸引自驾车者选择 PR 方式。

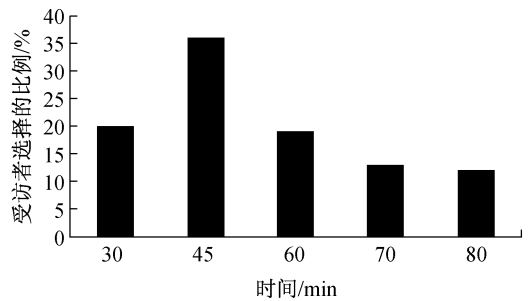


图 3 能接受的最长出行时间(样本数 199)

Fig.3 The maximum acceptable time-consuming of PR(samples 199)

### 2.2.6 不同交通状态下 PR 方式的选择意愿

为分析不同交通状态对 PR 选择行为的影响,预设了 3 种交通状态调查场景,分别是道路通畅、拥挤和堵塞,并将不同的时间和费用组合作为场景特征,如表 3 所示。随后调查受访者在不同交通状态下是否会选择 PR 方式。选项通过 4 个不同的程度来表示选择 PR 的意愿,分别是肯定会、可能会、基本不会、绝对不会。调查结果如图 4 所示。

在道路通畅时,自驾方式比 PR 方式的时耗低(分别为 30, 45 min),尽管自驾费用较 PR 费用高

(30,21 元),肯定会选择 PR 的受访者仅占 19%,仍有 55%的受访者不会选择 PR 方式(回答“基本不会”与“绝对不会”),说明人们选择是否采用 PR 时更看重时耗.在道路拥挤和堵塞的情况下,选择 PR 的比例均高于自驾,分别达到 76%和 78%.拥挤时,在出行时耗相同、PR 的费用明显少于自驾的情况下,出行者对 PR 有明显选择偏好,其中肯定会选择 PR 的比例占 28%.堵塞时,PR 方式在出行时耗和费用上均占明显优势,肯定会选择 PR 的比例高达 51%.总体来看,道路交通堵塞时若 PR 的时耗明显低于自驾,通勤者更倾向于选择 PR.

表 3 不同交通状态场景

Tab.3 Scenes of different traffic conditions

道路交通状态	场景描述
通畅	“自驾”需 30 min,单程 30 元; “自驾+地铁(PR)”需 45 min,单程 21 元(驾车 16 元+地铁 5 元).
拥挤	“自驾”需 45 min,单程 41 元; “自驾+地铁(PR)”需 45 min,单程 21 元(驾车 16 元+地铁 5 元).
堵塞	“自驾”需 60 min,单程 47 元; “自驾+地铁(PR)”需 45 min,单程 21 元(驾车 16 元+地铁 5 元).

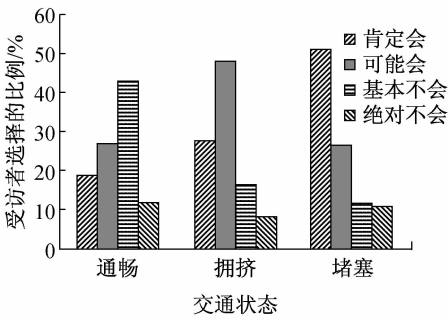


图 4 不同交通状态下的选择结果(样本数 196)

Fig.4 The selection results in different traffic conditions

### 3 停车换乘选择行为建模与标定

#### 3.1 是否选择停车换乘的二项 Logit 模型

根据随机效用理论,自驾车出行者在特定条件下选择其认知的备选方案中效用最大的选择肢.本文假定通勤者的可选方式为 PR 方式和全程自驾,设通勤者  $n$  选择方案  $i(i=1,2,1$  代表 PR,2 代表全程自驾)的效用为  $U_{in}$ ,则  $U_{in}$  可以表示为: $U_{in} = V_{in} + \epsilon_{in}(V_{in} = \sum_{k=0}^k \theta_k X_{mk})$ ,其中  $V_{in}$  为效用函数中的固定项; $\theta_k$  为系数, $k$  为第  $k$  个特性变量; $X_{mk}$  为特性向量.

根据选择了 PR 方式的 RP 调查数据在可能的影响因素中进行筛选.根据调查结果的统计分析并考虑各个影响因素的相关性,初步选取受访者年龄(A)、月收入(I)、车辆拥有情况(M)、家庭是否有小孩(K)、是否有老人(O)、自驾时间与可接受的 PR 最长时间比值(T)以及自驾费用与能接受 PR 最高费用比值(C)等作为模型的自变量.PR 选择行为模型如下:

$$V_{1n} - V_{2n} = \theta_0 + \theta_1 A + \theta_2 I + \theta_3 M + \theta_4 K + \theta_5 O + \theta_6 T + \theta_7 C$$

根据 Logit 模型的形式,通勤者  $n$  选择 PR 方式( $i=1$ )的概率为  $P_{1n} = \frac{e^{V_{1n}}}{e^{V_{1n}} + e^{V_{2n}}} = \frac{1}{1 + e^{-(V_{1n} - V_{2n})}}$ .

由调查所得的数据,根据 Logit 回归模型的方法,利用 SPSS 统计分析软件建立 PR 选择行为模型.对道路通畅、拥挤、堵塞 3 种交通状态下 PR 选择的模型进行了标定,发现交通拥挤或堵塞时模型差异并不显著,且  $T$  变量均显著,且参数符号也相同,篇幅所限本文只列出道路通畅和堵塞 2 种状态下的 PR 选择模型标定结果.

在道路通畅状态下,参数标定过程中对自变量进行了进一步筛选,最终选取以下显著变量代入模型: $A, I, T, C$ ,标定结果见表 4,表中, $\theta$  为相关系数,显著水平值小于 0.05 的变量为显著变量,说明常数项参数有效,以“\*\*\*”注明, $E(\theta)$  为当自变量发生 1 个单位的的增长时其预测值概率的变化.  $-2|t|$  为度量模型对数据的拟合度的量,为 250.583,  $Cox \& Snell R^2$  和  $Nagelkerke R^2$  为判定拟合优度的重要指标,分别为 0.089 和 0.119.选择 PR 的概率为

表 4 道路通畅时模型参数估计

Tab.4 Parameter estimation of model in the smooth traffic flow

变量	$\theta$	标准误差	统计量	自由度	显著水平	$E(\theta)$
A	-0.084	0.027	9.640	1	0.002***	0.919
$I \leq 1200$	1.165	0.456	6.538	1	0.011***	3.206
$1201 < I < 5000$	0.058	0.387	0.022	1	0.881	1.059
$I > 5000$ (参照)			10.507	2	0.005***	
T	0.087	0.574	0.023	1	0.880	1.091
C	0.650	0.572	1.290	1	0.086***	1.916
常量	1.884	1.090	2.989	1	0.084	6.581

注:因为参数估计的更改范围小于 0.001,所以估计在迭代次数 5 处终止.

$$P_{1n} = \frac{1}{1 + e^{-(1.884 - 0.084A + 1.165I + 0.65C)}}$$

$$I = \begin{cases} 0 & I > 5000 \text{ 元} \\ 1 & I \leq 1200 \text{ 元} \\ 2 & 1201 < I < 5000 \text{ 元} \end{cases}$$

其中,1 为 PR 方式,2 为全程自驾方式。

在道路堵塞状态下,参数标定过程中对自变量进行了进一步筛选,最终选取以下显著变量代入模型: A, M, K, O, T, C, 标定结果见表 5, 模型检验结果 -211 为 170.919, Cox & Snell R<sup>2</sup> 为 0.153, Nagelkerke R<sup>2</sup> 为 0.236. 选择 PR 的概率为

$$P_{1n} = \frac{1}{1 + e^{-(1.634 - 0.049A + 0.779M + 0.924K - 0.917O + 1.484T)}}$$

$M = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}, K = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}, O = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$ , 其中 1 表示有, 0 表示无。

表 5 道路堵塞时模型参数估计

Tab.5 Parameter estimation of model in the congested traffic flow

变量	$\theta$	标准误差	统计量	自由度	显著水平	$E(\theta)$
A	-0.049	0.025	3.855	1	0.050***	0.952
$I \leq 1200$	0.438	0.658	0.442	1	0.506	1.550
$1201 < I < 5000$	-0.697	0.461	2.292	1	0.130	0.498
$I > 5000$ (参照)			5.181	2	0.075	
M(1 为有)	0.779	0.444	3.088	1	0.079***	2.180
K(1 为有)	-0.924	0.456	4.118	1	0.042***	0.397
O(1 为有)	-0.917	0.541	2.877	1	0.090***	0.400
T	1.484	0.797	3.464	1	0.063***	4.411
C	-0.679	0.706	0.924	1	0.336	0.507
常量	1.634	1.267	1.663	1	0.197	5.123

### 3.2 停车换乘选择行为模型结果分析

以置信水平 0.1 作为判断自变量是否显著的分界线。从表 4 和表 5 可以发现, 显著性水平绝大多数小于 0.1, 说明这些变量显著影响 PR 行为。表 4 是道路通畅状态下的模型标定结果, 可以看出受访者年龄越小越倾向于选择 PR, 可能由于年轻人更易接受新鲜事物或更关注出行费用的节省。I 变量以大于 5000 元收入层作为参照, 标定结果显示收入越低越倾向于选择 PR, 其中 1200 元及以下的收入群体选择 PR 的发生比是 5000 元以上收入层的 3.206 倍。T(称为时间敏感程度)变量对 PR 选择影响不显著(0.880), 而 C(称为费用敏感程度)则对模型有显著影响(0.086), C 越大, 通勤者越倾向于选择 PR, 说明在道路通畅时人们决定是否选择 PR 的主要因素是费用。

表 5 是道路堵塞状态下的模型标定结果, 年龄对 PR 选择的影响与道路通畅时状态一致, 仍然是

年轻的通勤者更倾向于选择 PR。月收入影响并不显著。此外, 是否拥有摩托车对 PR 选择有显著影响, 有摩托车的受访者更倾向于选择 PR, 其选择换乘的发生比是没有摩托车受访者的 2.180 倍, 可能因为摩托车可代替小汽车进行 PR, 而摩托车的出行舒适性又不及轨道交通。K 变量、O 变量对 PR 均有显著影响, 这类出行者不倾向于选择 PR, 这可能由于道路交通通勤高峰堵塞时段与轨道客流高峰的重叠导致轨道交通服务质量下降, 接送小孩上下学或者有老人陪伴的通勤者不倾向于选择 PR。时间敏感程度变量对选择 PR 有显著影响, 时间敏感度越大的受访者越倾向于选择 PR, 然而, 费用敏感度在堵塞时对 PR 选择的影响并不显著, 这说明在道路堵塞时人们是否选择 PR 主要考虑的是 PR 的时耗。

从以上通畅和堵塞 2 种交通状态下的 PR 选择模型的结果可以得出以下结论: 年龄变量在 2 种交通状态下与是否选择 PR 均成负相关, 即年龄越小越倾向于选择 PR。当道路通畅时, 费用敏感程度对是否选择 PR 有显著影响, 而在道路堵塞时, 时间敏感程度对模型有显著影响, 可以从这 2 个方面来提高 PR 的吸引力。

### 3.3 时间、费用对 PR 选择的影响差异

为进一步了解不同交通状态下时间和费用敏感程度对 PR 选择概率的影响差异, 分析道路通畅和堵塞状态下的 PR 选择概率与时间敏感程度和费用敏感程度的关系。

道路通畅模型中 A 取样本均值 26.8, 取  $I=0$ , 则得到通畅时选择 PR 概率  $P_{1n}$  随 C 的变化情况, 同理, 道路拥堵模型中取  $A=26.8, M=0, K=0, O=0$ , 则得到堵塞时选择 PR 概率  $P_{1n}$  随 T 的变化情况, 如图 5 所示。

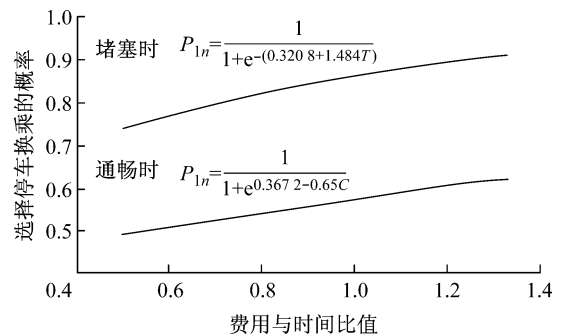


图 5 费用与时间比值对停车换乘选择概率的影响  
Fig.5 T and C vs. PR choice probability

可以发现, 道路通畅时 C 越大以及道路堵塞时 T 越大, 选择 PR 的概率也越大, 但是 T 对 PR 选择

的影响程度更高,客观上显示通勤者更关注轨道交通的服务水平(低时耗),其次才是轨道交通的出行成本(低费用)。

## 4 结论及今后研究方向

在上海市的典型 PR 站对自驾者的 PR 行为进行了 RP 调查和 SP 调查,调查结果显示换乘不便利、时耗长是阻碍受访者选择 PR 的主要原因;对于换乘停车场人们倾向于低廉的收费,极少有人能够接受换乘方式的费用超出自驾的费用。而且道路交通拥堵状况也直接影响 PR 选择行为。调查结果显示,道路交通通畅时 46% 的受访者会选择 PR,道路交通拥挤或堵塞时分别有 76% 和 78% 的受访者会选择 PR。

区分道路通畅和堵塞 2 种状态分别建立了是否选择 PR 的二项 Logit 模型,结果显示 PR 方式对于公众出行最大的吸引力在于其出行时耗的节省,尤其在道路堵塞的情况下,其次是出行费用的节省。为进一步量化时间和费用敏感度对 PR 选择概率的影响差异,本文模型具体描述了它们之间的数学关系。

本研究的调查反馈率低、调查难度大,导致数据具有一定的局限性。通过对 202 个样本数据的分析得到的模型可能精度不够高,但其描述了客观事实,且反应的趋势与印证的结论基本正确。

今后研究方向:获得更多样本数据,建立更合理的 PR 选择行为模型并提高精度,或对现有模型进行修正;运用不同的统计分析方法,对 PR 选择行为的影响因素进行全面深入的分析,为城市 PR 系统的规划、管理及其效果分析提供更多具体可行的建议,最大程度提高 PR 系统利用率。

### 参考文献:

- [1] Arne Risa Hole. Forecasting the demand for an employee park and ride service using commuters' stated choices [J]. Transport Policy, 2004, 11(4): 355.
- [2] Hona Bos. Changing seats: a behavioral analysis of PR use[D].

[S.l.]: Trail Research School, 2004.

- [3] Daniel Baldwin Hess. The effect of free parking on commuter mode choice: Evidence from travel diary data[EB/OL]. [2011-10-15]. <http://lewis.spa.ucla.edu/publications/workingpapers/35Hess.pdf>, 2001.
- [4] 秦焕美, 关宏志, 李洋北. 大城市 PR 系统选择行为调查初步分析——以北京市为例[J]. 交通运输工程与信息学报, 2004, 2(4): 77.
- QIN Huanmei, GUAN Hongzhi, LI Yangbei. Analysis on the choice behavior survey of the PR system in metropolis—a case study in Beijing, China [J]. Journal of Transportation Engineering and Information, 2004, 2(4): 77.
- [5] 熊萍, 杨东援. 非集计模型在停车换乘选择行为中的应用[J]. 深圳大学学报:理工版, 2008, 25(2): 206.
- XIONG Ping, YANG Dongyuan. Application of disaggregated model in park and ride choice behavior[J]. Journal of Shenzhen University: Science & Engineering, 2008, 25(2): 206.
- [6] 唐伟成, 陈莹. 南京地铁停车换乘行为选择研究[J]. 现代城市研究, 2011, 32(5): 76.
- TANG Weicheng, CHEN Ying. Research on the mode choice of subway park and ride in Nanjing[J]. Modern Urban Research, 2011, 32(5): 76.
- [7] Bilal Farhan. Evaluation, modeling and policy assessment for park-and-ride services as a component of public transportation [D]. Columbus: The Ohio State University, 2003.
- [8] 王鑫. 城市停车换乘设施规划问题研究——以西安市为例[D]. 西安: 长安大学, 2009.
- WANG Xin. Research on facilities planning of park and ride—a case study in Xi'an, China [D]. Xi'an: Chang'an University, 2009.
- [9] Suson Handricks, Maren Outwater. Demand forecasting model for park and ride lots in King county, Washington [J]. Transportation Research Record: Journal of The Transportation Research Board, 1998, 1623: 80.
- [10] 裴玉龙, 刘春晓. 停车换乘站位置选择及换乘需求预测[J]. 长安大学学报:自然科学版, 2005, 25(1): 60.
- PEI Yulong, LIU Chunxiao. Park and ride station location and its demand predicting[J]. Journal of Chang'an University: Natural & Edition, 2005, 25(1): 60.
- [11] 张戎, 王林平, 闫哲彬. 停车换乘需求分析与定价方法——以上海市轨道交通停车换乘为例[J]. 城市交通, 2009, 7(2): 13.
- ZHANG Rong, WANG Linping, YAN Zhebin. Park and ride demand analysis and parking pricing: a case study of Shanghai in rail transit park and ride operation[J]. Urban Transport of China, 2009, 7(2): 13.