

SP 调查的非集计模型在水上巴士交通中的应用

The Application of Disaggregating Model by Stated-Preference Survey on Waterbus

叶亮 贺宁

(同济大学交通运输工程学院, 上海 200092)

YE Liang, and HE Ning

(School of Transportation Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China)

摘要: 非集计模型近年来在交通模型的研究领域受到较多关注。主要讨论了未建交通系统中意愿调查方法的使用, 以及如何在意愿调查数据的基础上建立非集计模型并进行客流需求分析。着重对基于SP调查的非集计模型在黄浦江水上巴士交通客运系统中的应用进行了研究和探讨, 介绍了黄浦江水上巴士交通的SP调查以及其他相关调查, 建立了非集计模型用于水上巴士交通服务模式选择和需求预测, 对上海市水上巴士未来客流增长空间进行了判断。指出非集计模型适用于具体的小规模有针对性的规划设计项目, SP调查的设计以及调查数据的采集是非集计模型建立的关键, 基于SP调查的非集计模型可用于未建交通系统的服务模式确定、客流需求预测等方面。

Abstract: The paper discusses SP survey method in the future transportation system and how to build disaggregate model based on SP data and forecast the passengers demand. For appraisal of new transportation modes, disaggregate model by SP survey is indispensable. In this paper a disaggregate model which based on SP survey has been established and used to choose the service pattern and forecast passenger flow of waterbus in Huangpu River. Then the SP and other related surveys are carried to support the disaggregate model. Finally, the author analyzes the developing space of passenger demand in the future. The paper points that disaggregate model is adequate for small projects, and the design of SP survey and the collection of the data are the critical factors of building the disaggregate model. The disaggregate model based on SP survey can be used for choosing the service level and forecasting passengers demand.

关键词: SP 调查; 非集计模型; 水上巴士; 客流需求预测; 服务水平

Keywords: SP survey; disaggregate model; waterbus; passenger forecast; service level

中图分类号: U491

文献标识码: A

收稿日期: 2006-01-08

作者简介: 叶亮, 女, 同济大学交通运输工程学院硕士研究生, 主要研究方向: 交通运输规划与管理。E-mail: yel1231@126.com

1 SP调查及非集计模型

1.1 国内外应用现状

随着交通需求的多样化发展, 传统的集计模型本身的缺陷越来越暴露出来。而基于SP调查(意向调查)数据建立的非集计模型在需求预测方面具有其自身的优势, 这些优势较多地表现在个体出行方案的选择和新的交通政策的实施效果预测上。

国外有不少交通项目已经运用了基于SP调查的非集计模型进行分析。如日本札幌市在新交通运输方式——磁悬浮列车规划时便采用了基于SP调查数据的非集计模型, 对市内火车站至市外新千岁飞机场间的各种客运方式采用了抽样问讯调查^[1], 得到了磁悬浮与其他交通方式间的客流分担比; 日本广岛市为了缓和从市西北部到市中心交通阻塞问题, 修建了“新交通系统”, 为研究系统修建后交通变化情况, 进行了多次SP调查, 并采用非集计模型进行分担比预测^[2]。

我国专家学者对非集计模型在交通领域的应用也做了一定的研究。在对北京—天津的交通方式分担率展开调查的基础上, 对于非集计方法在干线客运交通结果方面的运用领域进行了研究, 同时也讨论了交通服务水平与需求预测之间的关系^[3]。然而, 国内相关研究多数仅针对已建系统的分析, 调查方法也多数采用RP调查(行为调查)法。

1.2 SP 调查

非集计模型的调查可以分为RP调查和SP调查

两种。RP调查指的是已完成的选择性行为调查，SP调查为在假设条件下选择主体的选择意向调查。在许多实际的交通需求分析中，要对以前并不存在的交通服务或政策措施进行效果分析时，一般无法或者很少得到RP数据，为此需要通过SP调查获得一些“假想”的偏好数据。

SP数据与RP数据相比有可操作性高、数据误差可调、选择方案集合明确等优点，但也存在可靠性较低的不足。SP调查的最大特点在于调查的内容是尚未发生的，因此其选择项的条件可根据未来的状况进行假定，克服了以往预测方法中的外插性问题。

1.3 非集计模型

非集计模型的开发、研究始于20世纪60年代初期，在当时世界上的一些工业化国家里，交通规划的主要目的是如何有效满足由于社会经济活动而诱增的交通需求。20世纪70年代，美国Manheim, Ben-Akiva, Lerman等人的研究小组将非集计模型研究推向了实用化^[4]。

与以往集计模型相比，非集计模型更加适合评价各种交通政策效果，例如采用何种交通方式来发展城际干线交通，如何推进优先发展公共交通政策措施等。而集计模型，尤其是传统的四阶段预测法是为评价长期交通设施建设、改建规划而开发的方法。

非集计模型强调作为行为决策单位的个体在一个可以选择的、选择方案又是相互独立的集合中，选择效用最大的方案，也就是所说的“效用”最大化假说。某种交通方式出行所需费用、所需时间等服务水平特性，出行者的年龄、职业、收入等社会经济特性，出行的目的、出行时间带等出行特性以及与交通行为有关的特性将对效用产生影响。因此，可以根据这些特性与效用之间的关系，利用随机效用理论，得出出行者选择某种方案的概率^[5-7]。

2 黄浦江水上巴士方案设计背景及思路

2.1 背景

上海市轮渡有限公司负责的黄浦江轮渡是上海市公共交通的重要组成部分，伴随着2010年上海举行世博会的良好发展机遇和黄浦江两岸功能的转换，上

海市轮渡有限公司已将开辟水上巴士交通航线作为公司重要的发展战略。水上巴士(waterbus)作为黄浦江水上客运的一种新的交通方式，是城市交通多样化的一个重要组成部分，在城市客运体系中担当着不可替代的补充作用^[8-9]。

在水上巴士分析预测中，一方面应反映它与其他交通方式在服务水平上的竞争，另一方面，初始阶段水上巴士客流量有限，按照集计模型对其进行大规模的OD调查和建模需要花费大量的人力与财力，在有限资源可利用的情况下，这显然是不合适的。因此，本文利用SP调查的非集计模型对水上巴士服务模式的选择和客流需求预测进行研究。

2.2 总体思路

本次水上巴士交通线的设计主要针对近期，通过调查把握其市场需求特征，以出行方式链设计、水上巴士基本服务水平设计为切入点，以非集计模型为主要工具，最终确定近期的线路、票价、速度、发船频率等^[10]，如图1所示。

3 调查分析

3.1 调查简介

运用非集计模型进行客流预测和服务模式选择时，

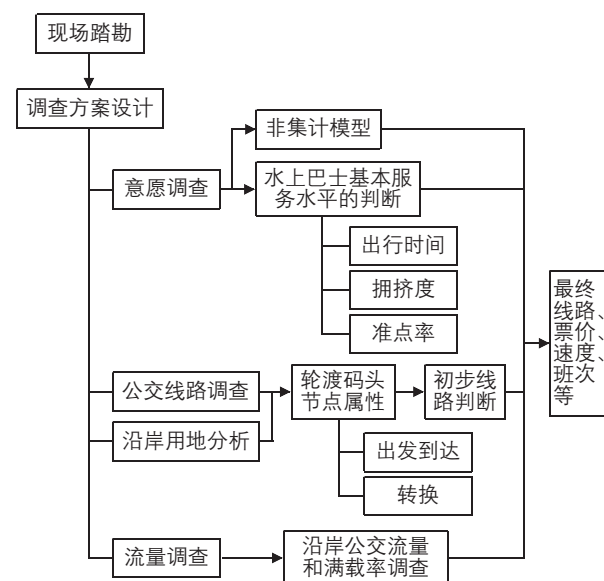


图1 水上巴士交通规划的总体思路

Fig.1 Approach of waterbus planning

对出行者选择行为的调查大量使用了意愿调查。2005年4月,同济大学交通运输工程学院为配合水上巴士交通科研项目的展开,进行了大规模的沿江调查,主要范围为杨浦大桥至南浦大桥之间的浦江中心区段。调查主要采用表格问讯方式,对沿江公交、普通轮渡、空调轮渡、过江重要节点进行了2780份意愿问卷调查,了解了乘客的主要出行行为特征、个人基本特征以及对于时间的价值趋向等。同时还对13个沿岸主要公交站点进行了公交OD抽样调查,获取了公交站点客流流向及需求数据。

3.2 调查结果统计分析

1) 出行者特性:出行者选择常用交通工具影响因素调查显示,方便是影响出行者选择交通方式最主要的因素,其次是便宜和快捷。

2) 拥挤度与准点率:在杨浦大桥、延安东路隧道、南浦大桥等重要过江节点的早晚高峰时间,车辆拥堵现象较为严重。过江节点的公交换乘枢纽站及公交车内也人满为患,过江公交满座率在70%以上。公交系统受到地面交通状况的影响,较难确保出行的准点性。大部分出行者愿意承受相对高的票价以获取更好的出行服务。

3) 运行速度和时间价值:一半以上的人认同价值与时间的关系为1元对应于10 min,随着收入的增加,时间的价值相对提高。

4) 杨浦大桥至南浦大桥段,大部分轮渡站点的出发到达属性不强,多数为客流聚集、疏散和中转节点,部分站点周围土地开发利用程度不高,有待于周围住宅区、商业区的持续开发和发展。

4 服务模式选择及需求预测

4.1 非集计模型的建立

水上巴士是一种新型的交通方式,在调查设计时采用成对比较法获得居民出行的时间价值数据。在获得调查数据的基础上建立了非集计模型,并进行参数估计,得到水上巴士的客流分担比。对水上巴士客流进行预测,得到不同票价下所对应的不同的水上巴士客流分担比,并分析水上巴士运行速度

对客流分担比的影响。具体步骤见图2。

非集计模型的建立和参数估计步骤如下^[11]:

1) 模型类型选择:选用两项logit模型;

2) 效用函数确定

$$V_{in} = \theta' X_{in} = \sum_{k=1}^k \theta_k X_{irk}, \quad (1)$$

其中: V_{in} 为效用函数项; θ' 为估计参数向量; X_{in} 为各选择特性值; i 为选择项数; k 为选择特性数; n 为第 n 个出行者;

3) 变量特性选择:主要选用出行时间、票价和收入3个变量;

4) 运用极大似然法建立非集计模型,采用牛顿-拉普松(Newton-Raphson, NR)法编制MATLAB数值计算程序,计算参数;

5) 模型计算和精度检验

在黄浦江沿岸,地面常规公交为水上巴士的主要客流分担对象,故只需要建立地面常规公交和水上巴士两个选择方案中选择其一的logit模型即可。主要考虑出行时间、票价以及出行者收入水平对效用函数的影响。选择概率形式为:

$$P_{1n} = \frac{1}{1 + e^{-\theta'(X_{11n} - X_{21n})}} = \frac{1}{1 + \exp[-\sum_{k=1}^k (X_{1rk} - X_{2rk})]}, \quad (2)$$

$$P_{2n} = 1 - P_{1n} = \frac{e^{-\theta'(X_{11n} - X_{21n})}}{1 + e^{-\theta'(X_{11n} - X_{21n})}} = \frac{\exp[-\sum_{k=1}^k (X_{1rk} - X_{2rk})]}{1 + \exp[-\sum_{k=1}^k (X_{1rk} - X_{2rk})]}, \quad (3)$$

其中: P_{1n} 为常规公交选择概率; P_{2n} 为水上巴士选择概率。

运用牛顿-拉普松法通过MATLAB数值计算程序,对

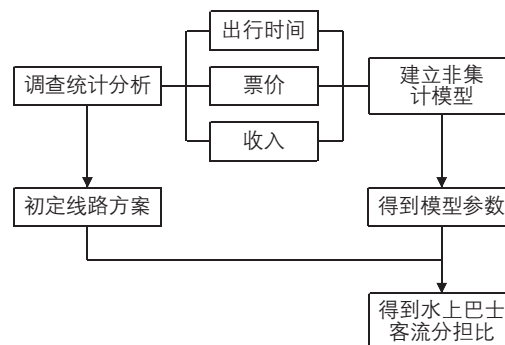


图2 非集计模型体系框架结构示意图

Fig.2 Flow chart of disaggregating model

模型进行求解。经过试算，结合检验值等统计量进行模型的检验和选优，结果如表1所示。

从表1可知，模型各项指标均符合精度要求。随着出行时间、票价和收入的增加，选择常规公交的概率变小，而选择水上巴士的概率增大。

在对模型进行参数评估后，计算两种交通方式的分担比。它是对非集计模型的集计，采用特性集计的方法计算出各特性的平均值，进而得到分担比计算结果。

4.2 服务模式选择

非集计模型可以对服务特性的值进行调整，进而得出在不同服务模式下的客流量。水上巴士客流分担比随着票价的增加、运行速度的下降而减小。当票价为3.5元时，水上巴士分担比为71.92%；而当票价为6元时，分担比下降到8.31%。当运行速度为24 km/h时，分担比为61.83%，而当速度为13 km/h 时，分担比下降到16.09%。当确定水上巴士需要分担客流的比例时，可以得到一组保证一定客流量的票价与运行

速度的组合方式。

资料显示，当前上海市人均月收入在2 800元左右，按10%的平均增长率计算，到2010年世博会，上海市人均月收入大约在4 000元左右。按5%的平均增长率计算，到2020年，上海市人均月收入在6 000元左右。通过模型计算假定时间差为15 min，票价差为2元时，2010年和2020 年客流分担比分别为52.26%和56.93%，比2005 年47.29%的分担比略有增加。

4.3 提高水上巴士客流分担比

假定水上巴士运行速度达到20 km/h，地面公交运行速度为18 km/h，从歇浦路到塘桥长约8.2 km 的线路，计算水上巴士客流的分担比情况。结果发现：其昌栈到金陵东路、金陵东路到塘桥段线路的分担比高达77.43%和81.51%，说明当水上巴士运行速度高于地面常规公交时，水上巴士客流分担比较高。由此可见，一旦形成服务水平较高的水上客运主通道，其与地面公交相比存有较强的竞争力，如衔接理想，完全可以纳入城市公交客运系统，成为中心区交通的补充方式。

值得注意的是，水上巴士客流高分担比的前提是水上巴士速度的提高。这涉及到两个问题：一是停留时间的缩短；二是运行速度的提高。

4.4 客流量预测

以黄浦江水上巴士线路设计中的一号线一期东秦线为例介绍客流量的预测实施。在进行客流量的OD调查中，选取早上6：30—9：30和晚上16：30—19：30共6个高峰小时进行调查，得到可分担的流量和较可能分担的流量，见表2。表中可分担流量是指水上巴士分担的节点间公交客流，较可能分担的流量是指水上巴士分担的步行出发或到达的节点间公交客流。

表1 模型计算结果
Tab.1 Result of disaggregating model

变量	估计系数	t 检验
选择方案固有哑元	-0.2816	1.51
出行时间	-1.3368	9.70
票价	-0.1255	12.55
收入	-0.1714	4.75
初期优度 $L(0)=-2\ 467.6$ ；最后优度 $L(\hat{\theta})=-1\ 956.8$ ；优度比0.207；样本量3 560		

表2 水上巴士可分担流量和较可能分担流量 人次
Tab.2 Passengers can be shared and possibly shared by the waterbus

路段	可分担 的流量	较可能分 担的流量	可分担 的流量	较可能分 担的流量
	6:30—9:30		16:30—19:30	
其昌栈至广东路	529	420	212	162
泰同栈至广东路	405	140	285	109
延安路隧道口至其昌栈、泰同栈	99	49	255	127
秦皇岛路至金陵东路、东门路	275	245		
东长治路至金陵东路、东门路	420	420		
广东路至其昌栈、泰同栈	152	61	404	162
东门路至秦皇岛路			176	100

5 结论

1) 非集计模型有可操作性大、运用灵活和目的性强的特点,适用于具体的小规模有针对性的规划设计项目;

2) SP调查方案的设计和数据采集处理是非集计模型建立及其模型可靠程度的关键,水上巴士方案设计的大规模调查为模型的构建提供了良好的基础;

3) 基于SP调查的非集计模型为水上巴士的服务模式确定、客流需求预测、水上巴士服务水平的设计以及未来客流的判断提供了重要的依据;

4) 在模型建立时出于简化计算的考虑,重点研究了出行时间、票价和收入对出行者选择行为的影响,而忽略了其他的一些影响因素,如对服务的某种偏好、出行者对于水的喜好等。

参考文献

- 1 张喜. 基于意向调查数据的非集计运量预测模型估计的研究 [J]. 铁道学报, 2000, 22 (2): 10~15
- 2 赵鹏, 藤原章正, 杉惠赖宁. SP 调查方法在交通预测中的应用 [J]. 北方交通大学学报, 2000, 24 (6): 29~32
- 3 王冬梅, 佟立体. 非集计方法在干线客运交通结构分析中的应用 [J]. 中国铁路, 1995, (9): 14~16
- 4 陆化普, 等. 交通规划理论与方法 [M]. 北京: 清华大学出版社, 1998
- 5 Saad N Aljarad, William R Black. Modeling Saudi Arabia-bahrain Corridor Mode Choice [J]. Journal of Transport Geography, 1995, 3 (4): 257~268
- 6 David Brownstone. Discrete Choice Modeling for Transportation [A]. D.Hensher. Paper for 9th IATBR Travel Behavior Conference [C]. Australia: University of California Transportation Center, 2000
- 7 Hai Yang, Hoi Yan Kong, Qiang Meng. Value-of-time distribution and competitive bus services [J]. Transportation Research Part E, 2001, 37 (6): 411~424
- 8 贺宁, 杨东援. 构建黄浦江的水上巴士客运系统 [J]. 综合运输, 2000, (5): 42~45
- 9 同济大学. 中国上海 2010 世博交通体系规划 [R]. 上海: 同济大学, 2004
- 10 上海市城市综合交通规划研究所. 上海市第三次综合交通调查报告 [R]. 上海: 上海市城市综合交通规划研究所, 2005
- 11 关宏志. 非集计模型-交通行为分析的工具 [M]. 北京: 人民交通出版社, 2004

《城市交通》投稿须知

《城市交通》杂志诚挚地欢迎从事城市交通研究的专家、学者以及关心城市交通发展的各界人士不吝赐稿。投稿要求:

1. 主题明确、结构严谨、数据可靠、文字简炼, 具有科学性、首创性和逻辑性。
 - ①文稿包括图、表在内, 一般在5 000~7 000字, 图、表需标注中、英文名称;
 - ②正文前应列有摘要(中、英文), 中文摘要约300字, 英文摘要为中文摘要的转译, 以150~180个词为宜。其后列有3~8个关键词(中、英文)以及作者单位名称(中、英文);
 - ③如论文属于基金项目, 需注明基金项目类别以及项目编号。
2. 计量单位一律采用中国国家法定计量单位, 文、图、表中有国际符号的计量单位均用符号表示。
3. 参考文献在文后按顺序编码制列出, 并在文内引文处用方括号予以标明, 详见<http://www.chinautc.com/tmagazize/content.asp?cid=3>。
4. 稿件请注明所有作者的姓名、工作单位名称(中、英文)和邮政编码, 并注明第一作者的性别、最高学历、职务、职称、详细通讯地址、联系电话、传真和电子信箱。
5. 投稿方式: 建议通过城市交通网站(<http://www.chinautc.com>)在线投稿; 也可通过电子信箱投稿: zyutc@263.net, editor@chinautc.com。