

# 北京市公交客运显性需求预测分析

陈 玫, 汪光焘, 刘小明, 荣 建

(北京工业大学 北京市交通工程重点实验室, 北京 100124)

**摘 要:** 根据近9a来的数据,以双指数平滑法,估计了北京市公交客运需求数量近期和中期的变动趋势及需求。研究发现:1)未来5a的显性公交客运需求总量平均为50亿人次,年均动态自适应客运需求增量为0.6~1.4亿人次;2)北京市公共交通客运需求量对经济增长、常住人口总量增长和旅游人数的变动等因素不敏感;3)单纯的公交客运价格变动不足以从根本上改变潜在公交消费者的消费倾向。需要进一步考察对于公交财政补贴的传递渠道,并结合路权的再配置方案,以便更好地改善公交消费环境,从而有效刺激公共交通客运需求量的提高。

**关键词:** 北京公交; 需求量预测; 特征分析

**中图分类号:** U 491

**文献标识码:** A

**文章编号:** 0254-0037(2009)06-0769-06

为了建立资源节约型、环境友好型社会,北京市出台了一系列规范和调整交通结构的政策措施,提出“公交优先”战略、对公共交通的重新定位<sup>[1]</sup>、增建基础客运设施、扩展现有客运资源<sup>[2]</sup>、实行财政直补、增加财政转移支付资金等活动。体现了城市管理者对公共交通管理观念的巨大变化<sup>[3]</sup>和客运理念的重大转变<sup>[4]</sup>。随着相关措施的逐步实行,公交客运在总出行中的所占比例会有比较快速的提升。当然,如何更有效地提供相关配套措施,则需要进一步跟进研究<sup>[5]</sup>。本文拟通过对公交客运需求量的预测分析,来探讨其变动趋势,并从中发现公交客运需求量变动的相关特征和一般规律。

## 1 研究内容

文献[6]指出,2003年,北京市日出行量为2 100万人次(不含步行出行量),2010年全市出行总量约为3 500~4 000万人次/日,其中,中心城区出行量2 300万人次/日;2020年全市出行总量约为5 200~5 500万人次/日。文献[7]指出,全年城市公共交通共运送乘客41.98亿人次(不含出租车),折算日均运送乘客约为1 150万人次。

上述数据从一个侧面反映了北京市交通现状及未来的期望目标。同时还表明,客运数量是判断“公交优先”相关政策落实情况的最有力的表征之一。<sup>[8]</sup>在单位时间内(日或年),消费者对城市公共交通的需求数量,以出行人次为单位。它是公共交通运营管理、公共交通客运质量评价和实行公交经济补偿的十分重要的数量指标。

公交客运需求包含显性需求和潜在需求2部分。显性需求是假定其他条件不发生变化,仅仅基于时间 $T$ 变动的需求数量,在统计上被称为公共交通年客运总量。潜在需求是指随着影响消费环境的各要素的变化,可能出现的需求数量的变动。潜在需求包含潜在正向需求变动和潜在负向需求变动。当消费环境发生有利于消费者的变动时,表现为正向变动,其结果是导致市场上的实际公交客运需求数量上升。而当消费环境发生不利于消费者的变动时,则表现为负向变动,这将导致消费者对公交客运需求数量的下降。

表1反映了北京市与公交客运数量相关的各主要变量近9a来的基本情况,1)公交客运量对GDP、常

收稿日期:2008-03-12.

基金项目:霍英东教育基金资助项目(104008).

作者简介:陈玫(1969-),女,湖北武汉人,博士生.

住人口数量、旅游人次<sup>[9]</sup>等变量相对不敏感,表现出十分强的粘性特征;2)从2003年客运量的显著下降来看,诸如SARS之类的重大事件对公交客运会产生重大影响;3)从2006—2007年各类客运量分析,可以明显地窥知,在公交优先(主要是地面公交)政策逐渐落实、油价上涨等因素的影响下,已经出现潜在的需求正向变动。

表1 北京市概况及各项公共交通客运量统计值(1999—2007年)  
Table 1 Beijing's Overview and the Transit Passenger Traffic Statistics(1999—2007)

年份	地区产值/ 亿元	常住人口/ 万人	旅游/ 万人次	线路总长/ 万 km	公交车/ 万辆	公交总客 运量/亿人次	地面公交客 运量/亿人次	轨道交通客 运量/亿人次	出租汽车客 运量/亿人次
1999	2 677.6	1 257.2	9 512.4	1.7	1.4	49.5	38.6	4.8	6.1
2000	3 161.0	1 363.6	10 482.1	1.7	1.4	40.8	34.7	4.4	6.2
2001	3 710.5	1 385.1	11 285.8	—	1.3	44	39.4	4.6	6.3
2002	4 330.4	1 423.2	11 810.4	—	1.5	48	43.2	4.8	6.0
2003	5 023.8	14 56.4	8 922.1	—	1.8	42	37.3	4.7	5.2
2004	6 060.3	1 492.7	12 315.5	1.7	2	51.2	45.2	6.1	5.9
2005	6 886.3	1 538.0	12 862.9	1.9	1.9	53.3	46.5	6.8	6.5
2006	7 870.3	1 581.0	13 590.3	1.9	2	46.8	39.8	7	6.4
2007	9 006.2	1 633.0	14 435.5	1.8	2.1	48.8	42.3	6.5	6.4

注:1)自2000年起,公共交通运送乘客总量不包含出租车载运数量;2)2006年数据来自2007北京市统计年鉴;3)常住人口含在京居住超过半年的非北京户籍人口;4)资料来源于1999—2007年北京市国民经济和社会发展统计公报

表2则是对相关统计数据进行的秩估计结果,以反映各变量的基本属性并先行检验其置信区间。

表2 Wilcoxon 符号秩置信区间估计  
Table 2 The confidence interval estimates of wilcoxon sign rank

特征	项目								
	产值/ 亿元	人口/ 万人	旅游/ 万人次	线路总长/ 万 km	公交车/ 万辆	公交乘客/ 亿人次	地面公交量/ 亿人次	轨道交通量/ 亿人次	出租汽车/ 亿人次
N	9	9	9	6	9	9	9	9	9
估计中位数	5 298	1 458	11 679	1.779	1.676	47.41	40.85	5.6	6.2
置信度	95.6	95.6	95.6	94.1	95.6	95.6	95.6	95.6	95.6
置信区间下限	3 504	1 364	10 104	1.7	1.4	43.81	37.26	4.6	5.74
置信区间上限	7 378	1 560	13 227	1.885	1.975	50.65	44.2	6.57	6.41

从上述特征出发,本文将通过动态自适应客运需求数量估计方法,计算相应的显性需求增量区间,以明确北京市公交客运显性需求数量在未来的变动趋势。

## 2 公交客运需求预测方法

对公交客运需求量的研究,需要以公共交通实际运送乘客数量为依据。它包含了消费者的消费倾向、消费偏好等信息。由于消费者在一定条件下的购买行为暴露了或显示了他内在的偏好倾向,可以根据消费者的购买行为来推测消费者的偏好,同时可掌握未来某个时期的消费偏好的数量信息及消费者的福利变动状态。

而显性需求正是上述消费倾向的直接反映。同时,它也研究潜在需求的重要基础。因此,只有充分掌握显性需求信息,并考察影响这一需求变动的相关因素,才能更科学地提出针对潜在需求的刺激方案。

由于显性需求和潜在需求的不同特性,目前尚无统一的方法同时对两类需求进行估计。因此,本文着重研究显性需求的变动特征。

## 2.1 显性需求研究方法

显性需求研究方法主要包括回归方法和残差估计方法. 其中, 回归方法如线性回归法(linear regression)、线性趋势模型(linear trend model)和增长曲线模型(growth curve model)等方法, 是通过设定模型变量的相互关系, 以得到对因变量的良好估计<sup>[10]</sup>. 需要注意的是, 此类方法的趋势分析能力受到许多约束, 并不总能很好地满足实际需求.<sup>[11]</sup>

残差估计方法包括早期广泛应用于实际研究的移动平均法(moving average), 如早期的加权移动平均法(weighted moving average)、指数移动平均法(exponential moving averages)等. 然而, 移动平均法的一个显著缺陷是其在预测研究过程中需要大量的样本数据, 因而对于样本量较小的预测研究工作而言, 其结论存在随机性.

文献[12]进一步提出了自回归移动平均(autoregressive integrated moving average, 记为 ARIMA)方法. 该方法不仅可部分解决样本量问题, 还可方便地将更多外生变量引入到模型中, 从而大大扩展了预测模型的应用范围. 作为 ARIMA 方法的扩展, 单指数平滑法(signal exponential smoothing)、双指数平滑法(double exponential smoothing)及可考察季节变动的 winters 方法(winters method)等都被广泛使用.

由于 Winters 方法研究的是季节样本, 而单指数平滑法的可扩展性较双指数平滑法弱. 因此, 本文根据研究需要, 选择以双指数平滑法研究需求数量的短期和中期变动趋势.

## 2.2 预测估计的精度检验方法

这里选取平均绝对误差( $\overline{AE}$ )为其误差检验值, 当该值越小, 说明模型的拟合精度越高.  $\overline{AE}$ 检验表达式为

$$\overline{AE} = 1/N \sum_{t=1}^N |e_t| \quad e_t = X_t - S_t \quad (1)$$

式中误差项  $e_t$  为各时间序列平滑预测值  $S_t$  与实际值  $X_t$  之差.

## 3 公交客运需求量显性需求变动估计

考察两类较成熟的显性需求估计方法: 第一种, 根据历史数据, 分别设定模型, 以估计时间序列的稳定性, 判断相应的公交客运需求量的变动方向. 当线性估计的斜率为正时, 则可认为需求量呈增长趋势, 反之, 需求量下降; 第二种, 运用 ARIMA 状态空间预测方法, 来确定需求数量的短期和中期变动趋势.

一般而言, 两类方法得到的变动趋势结论应该是相同的, 其区别在于判别精度存在差异. 以往的实践证明, 后一类方法的精度更高一些. 当两类方法所得结论相冲突时, 往往采信后一类方法的估计结论. 本文采用 ARIMA 状态空间预测方法进行研究.

ARIMA 状态空间预测方法是一种基于时间变量的预测方法. 由于这一预测受限于状态空间, 系统具有自回归和移动平均两种动态, 且对状态变量的分析可通过扩展结构变量来完善分析模型. 因此, 作为可描述连续和离散时间系统的分析手段, ARIMA 状态空间预测分析方法十分完美地满足了研究需求. 本研究中, 分别采用单指数平滑法研究短期变动, 而以双指数平滑法研究中期变动.

### 3.1 单指数平滑法(signal exponential smoothing)短期预测

单指数平滑法运用模型 ARIMA(0, 1, 1)预测, 将平滑估计量水平系数分别设定为 0.5, 0.8, 0.9.

设时间序列取值为  $X_t$ , 则其单指数平滑序列的递推公式为

$$Y_t = \alpha X_t + (1 - \alpha) Y_{t-1} \quad (2)$$

式中,  $Y_t = X_{t+1}$ ,  $Y_t$  为单指数平滑后的时间序列值;  $\alpha$  为平滑系数 ( $0 < \alpha < 1$ ).

该方法估计结果见表 3.

表3 单指数平滑法公交客运量需求预测  
Table 3 The transit passenger demand forecast based on the SES method

亿人次

特征	年份									
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
$t$ 变量	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
实际服务量	49.5	40.80	44.00	48.00	41.98	51.2	53.30	46.82	48.80	—
$\alpha = 0.5$	49.5	45.15	44.58	46.29	44.13	47.67	50.48	48.65	48.73	48.73
$\alpha = 0.8$	49.5	42.54	43.71	47.14	43.01	49.56	52.55	47.97	48.63	48.63
$\alpha = 0.9$	49.5	41.67	43.77	47.58	42.54	50.33	53.00	47.44	48.66	48.66

单指数平滑法估计结果显示,最终的公交客运需求数量估计值都与实际发生值的差异不大,且估计值受 $\alpha$ 不同取值的影响不大.表明系统稳定且该方法可得到更为可靠的估计结果.由于单指数平滑对未来的预测只是在相同发展水平上的一个数.因此,当序列存在趋势,则应当采用可同时估计趋势影响的双指数平滑法进行预测.因此,为了尽可能地预测未来公交客运需求数量,研究将引入更为准确的双指数平滑法来研究短期及中期(5a左右)的系统变动趋势.

### 3.2 双指数平滑法(double exponential smoothing)中期预测

双指数平滑方法通过建立线性方程,对系统进行预测估计,其预测值即估计了发展水平,同时估计了某种趋势增长.在双指数平滑估计过程中,在其每个周期处,同时采用水平分量和趋势分量,并使用两个权重(即平滑参数)在每个周期处分别更新分量.

双指数平滑法的基础模型为ARIMA(0,2,2).本项研究中,设定平滑估计量水平系数 $\alpha$ [0.1,0.3,0.1],平滑估计量趋势系数 $\gamma$ [0.1,0.3,0.1].即权重取值范围为0.1~0.3,以0.1为单位递进取值.

双指数平滑方程可表示如下式

$$\begin{cases} Y_t = \alpha X_t + (1-\alpha)(Y_{t-1} + T_{t-1}) \\ T_t = \gamma(Y_t - Y_{t-1}) + (1-\gamma)T_{t-1} \\ \hat{X}_t = Y_{t-1} - T_{t-1} \end{cases} \quad (3)$$

式中 $Y_t$ 为时间 $t$ 处的平滑估计水平; $\alpha$ 为水平的权重; $T_t$ 为时间 $t$ 处的平滑估计趋势; $\gamma$ 为趋势的权重; $X_t$ 为时间 $t$ 处的数据值; $\hat{X}_t$ 为时间 $t$ 处的拟合值.

当引入趋势分量对系统进行估计后,系统取值可避免单指数方法对系统上期状态的严重依赖,从而更真实地反映了系统的运动特征.因此,可认为双指数平滑法是符合需要的系统动态估计方法.更进一步,根据水平分量和趋势分量的不同取值,建立9种状态估计,并结合模型判别指标,以最终完成对未来5a内的公交客运量需求数量预测.9种状态下的估计结果见表4.

表4 双指数平滑法公交客运量需求模型预测  
Table 4 The transit passenger demand forecast model based on the DES method

亿人次

估计系数		各年度周期预测值(置信区间下限,置信区间上限)					模型检验		
$\alpha$	$\gamma$	2008	2009	2010	2011	2012	MAPE	MAD	ADSS
0.1	0.1	50.24(41.76,58.73)	50.86(42.33,59.39)	51.48(42.90,60.06)	52.10(43.48,60.72)	52.72(44.07,61.39)	7.435 6	3.464 3	14.573 7
0.1	0.2	50.23(41.70,59.77)	50.86(42.15,59.57)	51.48(42.57,60.38)	52.10(42.99,61.20)	52.72(43.39,62.04)	7.474 4	3.482 6	14.755 2
0.1	0.3	50.23(41.65,58.80)	50.85(41.86,59.84)	51.47(42.04,60.91)	52.10(42.18,62.01)	52.72(42.30,63.14)	7.513 3	3.501 2	14.944 2
0.2	0.1	50.27(41.23,59.30)	50.89(41.66,60.11)	51.51(42.08,60.93)	52.13(42.48,61.77)	52.75(42.88,62.62)	7.909 6	3.688 2	16.249 3
0.2	0.2	50.29(41.14,59.44)	50.92(41.58,60.26)	51.55(42.00,61.09)	52.18(42.42,61.94)	52.81(42.81,62.80)	8.004 5	3.734 2	16.66 6
0.2	0.3	50.33(41.06,59.60)	50.98(41.27,60.69)	51.63(41.43,61.82)	52.27(41.56,62.99)	52.92(41.66,64.18)	8.105 1	3.783 4	17.111 0
0.3	0.1	50.26(40.70,59.83)	50.88(40.86,60.90)	51.50(40.98,62.02)	52.12(41.09,63.18)	52.74(41.11,64.36)	8.371 0	3.904 6	18.056 8
0.3	0.2	50.34(40.58,60.10)	50.97(40.74,61.19)	51.60(40.87,62.33)	52.23(40.95,63.51)	52.86(41.00,64.72)	8.534 1	3.983 9	18.746 0
0.3	0.3	50.45(40.48,60.42)	51.10(40.65,61.54)	51.75(40.78,62.71)	52.39(40.87,63.92)	53.04(40.93,65.16)	8.710 5	4.069 9	19.490 8

注:1)括号内为95%CI值;2)MAPE为平均百分误差;MAD为平均绝对误差;ADSS为平均偏差平方和,其中MAD显示的是公式(1)中的 $\overline{AE}$ 值.

模型 1 的 MAD 值为 3.464, 是各模型中的最小值. 因此, 可以认为模型 1 的预测值具有更高预测精度. 即当平滑估计量水平系数和趋势系数分别取 0.1 值时, 系统估计结果最优.

据此, 研究得到如图 1 所示的未来 5 a 北京市公交客运需求量变动估计.

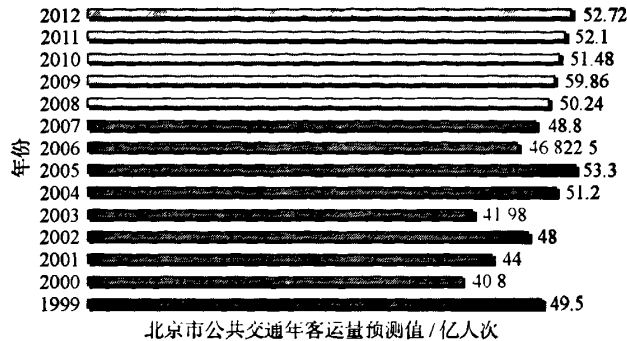


图 1 未来 5 a 北京市公交年客运需求量预测

Fig. 1 The Annual Transit Passenger Demand Forecast in Beijing

根据这一估计结果, 2008—2012 年, 北京市的公交客运需求量动态自适应年增长率分别为 2.91%、1.22%、1.21%、1.19%、1.18%. 其中 2008 年增长最多, 增量绝对值约为 1.44 亿人次, 其他各年年均增加值约为 0.62 亿人次.

作为一个重要的指示性指标<sup>[13]</sup>, 公交客运需求量是科学制定年度公共交通客运各项计划并实施客运组织的基础, 也是国家近年来推行“公交优先”政策后, 相关政策安排如提供财政支持、实施财政补贴、调整客运价格、公交用地划拨等的重要依据.

## 4 结束语

1) 北京市显性公交客运需求量年均动态自适应增量约为 0.6~1.4 亿人次; 2) 票制票价改革对公交消费倾向的影响不明显; 3) 该市的经济增长、人口总量等因素对公共交通客运需求量影响较小, 显性公共需求具有明显的黏性特征.

北京市公共交通客运需求量的这一黏性特征, 表现出与上海市公交消费的巨大差异<sup>[14]</sup>. 显示两城市的消费习惯存在根本差别. 据此, 北京市在制定公交方案的过程中, 需要根据公交客运需求量变动的上述特性, 有针对性地出台有效调控措施, 以最大程度地提高城市的公交出行分担率水平. 从而从根本上解决目前的道路供给不足、中心区域扩展空间有限等问题. 实现城市环境危害控制、土地资源节约利用和节能等目标.

### 参考文献:

- [1] 建设部. 关于优先发展城市公共交通的意见[J]. 城市车辆, 2004(3): 23-25.  
Ministry of Construction. Construction on the priority to the development of urban public transportation views[J]. Urban Vehicles, 2004(3): 23-25. (in Chinese)
- [2] 金凡, 吴红. 波哥大市快速公交系统建设经验[J]. 城市交通, 2007(1): 56-63.  
JIN Fan, WU Hong. Bogota's experiences with bus rapid transit development[J]. Urban Transport of China, 2007(1): 56-63. (in Chinese)
- [3] 汪光焘. 全面落实优先发展公共交通战略促进城市科学发展和社会和谐[J]. 城市交通, 2007(1): 6-10.  
WANG Guang-tao. Promoting advances in urban science and harmony in society through transit priority strategies[J]. Urban Transport of China, 2007(1): 6-10. (in Chinese)
- [4] 仇保兴. 推动城市公共交通跨越式发展[J]. 城市交通, 2007(1): 11-16.

- QIU Bao-xing. Promoting developments in urban public transportation by leaps and bounds[J]. *Urban Transport of China*, 2007(1): 11-16. (in Chinese)
- [5] ROBERT CERVERO. Alternative approaches to modeling the travel-demand impacts of smart growth[J]. *Journal of the American Planning Association*, 2006, 72(3): 285-295.
- [6] 北京市交通委员会. 北京交通发展纲要(2004—2020)[J]. *北京公路*, 2005(6): 1-15.  
Beijing Municipal Committee of Communications. Beijing outline for transport development (2004—2020)[J]. *Beijing Highway*, 2005(6): 1-15. (in Chinese)
- [7] 北京市统计局. 北京市2006年国民经济和社会发展统计公报[J]. 数据, 2007(Z1): 91-96.  
Beijing Bureau of Statistical. Statistical communique on the national economic and social development of the city of Beijing in 2006[J]. *Data*, 2007(Z1): 91-96. (in Chinese)
- [8] MARSHALL N, GRADY B. Travel demand modeling for regional visioning and scenario analysis[C]// Paper presented at annual meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC.: [s. n.], 2005: 44-52.
- [9] 赵志宏, 陈学武. 城市旅游人口OD调查方法研究[J]. *公路交通科技*, 2004(9): 95-98.  
ZHAO Zhi-hong, CHEN Xue-wu. Research on urban tourist population OD survey method[J]. *Journal of Highway and Transportation Research and Development*, 2004(9): 95-98. (in Chinese)
- [10] NAESS P. Residential location affects travel behavior-but how and why? The case of copenhagen metropolitan area[J]. *Progress and Planning*, 2005, 63(1): 1-91.
- [11] (美)郑钧(D. K. Cheng). 线性系统分析[M]. 毛培法, 译. 北京: 科学出版社, 1978: 1-4.
- [12] BOX G E P, JENKINS G M, REINSEL G C. 时间序列分析——预测与控制(英文影印版)[M]. 3版. 北京: 人民邮电出版社, 2005: 89.
- [13] GOEDE E, PETER Nijkamp. Travel information on urban public transport: a comparative analysis of Berlin and Amsterdam[EB/OL]. *Serie Research Memoranda*, <http://econpapers.repec.org/paper/dgrvuarem/2002-11.htm>
- [14] 钱寒峰, 付强. 公交价格调整对公交市场需求影响的弹性分析——以上海地面公共交通为例[J]. *价格理论与实践*, 2007(1): 47-48.  
QIAN Han-feng, FU Qiang. The flexibility analysis of impact on bus market demand in its price adjustment——a example of shanghai public ground transport[J]. *Price: Theory & Practice*, 2007(1): 47-48. (in Chinese)

## Based on the DES Method of The Beijing PTSD Forecast Analysis

CHEN Mei, WANG Guang-tao, LIU Xiao-ming, RONG Jian

(Beijing Key Laboratory of Transportation Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China)

**Abstract:** Based on the of historical data past nine years, a Double Exponential Smoothing (DES) method is used to estimate the recent public transport services demand (PTSD) in Beijing and medium-term change trends, its demand and its relevant characteristics. What we find as follow: 1. In the next five years, the total demand for dominant transit services average about 5 billion passengers, with an annual average of the interval of dynamic adaptive service demand increase would inhabit about 60 to 140 million people. 2. The PTSD showed stickiness obviously which had been highly insensitive to the factors of economic growth, the changed total resident population and tourism growth. 3. Simply transit price decline can hardly change the behavior of latent consumer. Therefore, we need a further study of transfer channels for financial subsidies. On the other hand, we should combine the re-allocation of rights of road in order to improve the consumption environment of public transport, thereby effectively stimulate the PTSD increas.

**Key words:** public utilities; demand forecasting; analysis

(责任编辑 张士瑛)