

doi: 10.3969/j.issn.1002-0268.2017.01.022

中国城市公交的运营效率与服务效果研究

章玉^{1,2}, 黄承锋¹, 许茂增¹

(1. 重庆交通大学 经济与管理学院, 重庆 400074; 2. 重庆市交通规划勘察设计院, 重庆 401121)

摘要: 针对我国城市公交的运营服务问题, 采用随机前沿分析方法和超越对数生产函数, 以我国36个中心城市公共交通2010至2013年的面板数据为样本, 测算了公共交通的运营效率和服务效果。结果表明: 我国中心城市公交的运营效率有下降趋势, 由2010年的0.854降低至0.847, 而服务效果得到一定改善, 由2010年的0.615上升至2013年的0.625, 公共交通的吸引力有所上升; 城市化发展水平对提高城市公交的营运效率有正向激励作用; 轨道交通客流分担率会降低其服务效果; 1000万人口以上的超大城市营运效率最高, 中部地区的营运效率高于西部地区和东部地区。

关键词: 运输经济; 公共交通; 随机前沿分析方法; 公交营运效率; 生产函数

中图分类号: F57

文献标识码: A

文章编号: 1002-0268(2017)01-0154-05

Operation Efficiency and Service Effectiveness of Transit in China

ZHANG Yu^{1,2}, HUANG Cheng-feng¹, XU Mao-zeng¹

(1. Chongqing Jiaotong University, School of Economics and Management, Chongqing 400074, China;

2. Chongqing Transportation Planning Survey and Design Institute, Chongqing 401121, China)

Abstract: To cope with the operation service problem of transit in China, the operation efficiency and service effectiveness of transit are estimated by using stochastic frontier analysis (SFA) method and Translog function, taking the data of 36 central cities in China from 2010 to 2013 as samples. The result shows that (1) the operation efficiency of transit in Chinese central cities has a downward trend, which reduced from 0.854 to 0.847, while the service effectiveness has improved, which rose from 0.615 to 0.625 from 2010 to 2013, showing that the transit attractiveness increased; (2) the level of urbanization has a positive effect on improving the operation efficiency of transit; (3) the rail passenger share rate has a negative impact on the service effectiveness; (4) the megacities of more than 10 million population have a good performance for operation efficiency, while the operation efficiency of central region is higher than that of western region and eastern region.

Key words: transport economics; public transit operation efficiency; stochastic frontier analysis method; transit; production function

0 引言

优先发展公共交通, 是缓解城市交通拥堵、转变交通发展方式和提高政府基本公共服务水平的重要战略, 自2004年以来, 我国针对城市公交发布了一系列的办法或意见, 提出了公共交通优先发展的

理念, 确定了公共交通公益性地位, 同时, 全国各地掀起了大规模的公交改革热潮, 大部分地方政府通过回购等多方式将原有的民营企业收归为国有, 中央政府从燃油税中给予公交补贴、地方政府加强对政策性亏损和老年学生的乘坐票价补贴。这期间, 公共交通投资占本年固定资产投资比例由2004年的

收稿日期: 2015-11-12

作者简介: 章玉(1985-), 男, 湖北宜昌人, 博士研究生, 高级工程师。(107615320@qq.com)

6.5% 增加到 2013 年的 12%, 全国公共交通运营补贴由 2010 年的 153.25 亿元增加到 2013 年的 311.53 亿元, 增长幅度达 103%。可以看到公共交通投资比例和公交补贴年年攀升, 但公共交通作为公益性行业其效率是否得到了提升, 这是值得关注和研究的问题。

对公共交通效率的评价方法主要包括: 资料包络分析法 (DEA) 和随机前沿分析法 (SFA), 这两种方法被普遍运用于运营效率评价中, 其中 DEA 是一种非参数法, 由 Charnes 等^[1]依据 Farrell^[2]提出的边界生产函数评价的效率概念结合包络理论发展而来; 而 SFA 是基于成本函数或生产函数估计而进行效率测度的参数方法, SFA 方法通过极大似然法估计出各个参数值, 然后用技术无效率项的条件期望作为技术效率值; 与 DEA 方法相比, 其结果一般不会有效率值相同的情况, 并且 SFA 方法充分利用了每个样本的信息并且计算结果稳定、受特殊点影响较小, 具有可比性强、可靠性高的优点。现有关于公共交通的效率研究中, 主要关注于效率评价指标及不同政策对效率的影响, 如 Fielding^[3]为评估公共交通运营绩效, 以美国 198 条公交车路线的营运数据为研究对象, 以多变量分析中的因素分析法选取 9 个代表性评价指标, 结果显示所构建的营运绩效指标能有效地衡量公共运输营运绩效; Feng^[4]针对公路客运的绩效评估研究中, 建立同时考虑财务绩效的运输产业营运绩效评估架构, 根据资产、负债、权益、收入与费用等五大会计要素以及运输产业的特性, 利用灰色关联分析, 将整体营运绩效分解成生产、销售与执行等 3 个效率层面, 以评估运输产业的营运绩效; 王欢明等^[5]采用 DEA 方法对长三角城市群 95 个公共交通企业的服务效率进行了评价, 并分析了不同运营治理模式下的效果, 认为市场主导的企业效率更好; Sami 等^[6]采用 SFA 方法分析了 18 个城市共 64 个公共交通运营商的技术效率, 结果显示发达国家的企业比发展中国家表现出更高的技术效率; 李学文等^[7-8]采用 SE-DEA-Gini 方法和博弈交叉效率评价了全国 10 个城市轨道交通运营绩效; 王海燕等^[9]采用 DEA-Gini 准则在城市公共交通企业进行了绩效评价应用; Johan^[10]采用 SFA 方法评价了瑞士公交的运营效率; Georgios^[11]采用 DEA 方法分析了公交的效率。基于现有文献认识, 本文针对我国大中城市公共交通的运营情况, 研究其效率和影响因素, 为政府制定公共交通发展政策提供理论支撑。

1 模型构建

绩效可分为效率与效果, 效果为预定目标的达成度, 效率又可解释为生产力, 即投入的经济度。而绩效评估的目的, 是希望由一套合理的程序, 了解评估对象或评估事项的优劣, 作为后续改善策略拟定的依据。Normal 和 Stoker^[12]对于效率及效果定义如下, 效率: 在环境因素中, 使用资源所得到的最大产出; 效果: 对于预定目标的达成程度。

根据运输行业的绩效评估框架^[3], 从运输企业和乘客的角度, 考虑公共交通的运营和服务两个方面的特性, 建立运输投入、产出资源运用效率与利用率, 在此架构下, 评价运输服务的运营效率以及运输服务的利用程度, 分为: 运营效率和服务效果, 其中运营效率, 用以分析公共交通使用的投入要素被转成运输产出的关系, 以反映营运者的经济效率、技术效率及内部管理效率; 服务效果, 不考虑营运层面的生产效率, 主要分析运能产出被乘客利用的有效程度, 属于消费层面的评价, 以反映公共交通产出的利用率或吸引力。以员工人数 (L_{it})、燃料量 (E_{it})、车辆标台数 (K_{it}) 作为投入, 以车辆运营总里程 (Q_1) 作为营运效率产出, 以公共交通客流量 (Q_2) 作为服务效果产出。则随机前沿生产函数可表达为:

$$Q = Q(K_{it}, L_{it}, E_{it}; T) + v_i - u_i, \quad (1)$$

式中, T 为时间因素; u_i 为决策单元 i 的无效率评价项; v_i 为随机分布项。

在生产函数的形式上, 最常用的函数形式包括科布-道格拉斯函数和超越对数函数, 超越对数函数可被看作为二阶相似性估计, 具有一般化的变替代弹性。因此, 本文选用超越对数函数构建效率模型, 对式 (1) 两边取对数如下:

$$\begin{aligned} \ln Q_{it} = & \alpha_0 + \alpha_1 t + \frac{1}{2} \alpha_2 t^2 + \alpha_3 \ln K_{it} + \alpha_4 \ln L_{it} + \\ & \alpha_5 \ln E_{it} + \alpha_6 t \times \ln K_{it} + \alpha_7 t \times \ln L_{it} + \alpha_8 t \times \ln E_{it} + \\ & \frac{1}{2} \alpha_9 \ln K_{it} \times \ln L_{it} + \frac{1}{2} \alpha_{10} \ln K_{it} \times \ln E_{it} + \frac{1}{2} \alpha_{10} \ln E_{it} \times \\ & \ln L_{it} + \frac{1}{2} \alpha_{11} (\ln K_{it})^2 + \frac{1}{2} \alpha_{12} (\ln L_{it})^2 + \\ & \frac{1}{2} \alpha_{13} (\ln E_{it})^2 + v_{it} - u_{it}, \quad (2) \end{aligned}$$

$$\gamma = \sigma_u^2 / (\sigma_u^2 + \sigma_v^2) \quad (0 \leq \gamma \leq 1), \quad (3)$$

$$CE_{it} = \frac{E[f(x_{it}, \beta) \exp(v_{it} - u_{it})]}{E[f(x_{it}, \beta) \exp(v_{it} - u_{it}) | u_{it} = 0]} = \exp(-u_{it}), \quad (4)$$

式中, CE 为效率值; Q 为产出; t 为时间; K 为车辆投入; L 为劳动力投入; E 为燃料投入; v 为随机误差项, 表示不可控的影响因素, 作为具有随机性的系统非效率计算, 且有 $v_i \sim N(0, \sigma_v^2)$; u 为技术损失误差项, 用以计算技术非效率, 且有 $u_i \sim N^+(\mu, \sigma_u^2)$ 。公共交通的产出效果仍然受到环境因素的影响, 如地理和人口特征等会影响运营产出。因此, 为了客观反映环境因素的影响, 考虑城市建成区面积占市区面积之比 ($G_{i,j}$) 和轨道交通客流分担率 ($S_{i,j}$) 这两个指标作为因素进行分析, 其中 $G_{i,j}$ 反映了城市化发展水平, 而轨道交通主要承担中长距离的公交出行, $S_{i,j}$ 主要影响城市公共交通的服务效果, 则进一步将 $u_{i,j}$ 表达如下:

$$u_{i,j} = \alpha_{14} \ln G_{i,j} + \alpha_{15} \ln S_{i,j} \quad (5)$$

2 数据和模型估计

2.1 数据来源

研究数据来源于《中国交通运输统计年鉴》和《中国城市统计年鉴》, 选择中国 36 个中心城市的公共交通 2010—2013 年的年度运营数据, 共 144 个观测样本, 中心城市能够反映我国公共交通的整体发展水平, 选取的数据具有代表性。为了进行影响因素分析, 定义城市化水平为城市建成区面积与城市规划区面积之比, 来反映城市化水平对运营效率的影响, 定义轨道客流分担率为轨道交通客流量与城市客运总量之比, 反映轨道交通转移对服务效果的影响。表 1 为研究样本的描述性统计量。

表 1 研究样本数据描述性统计量

Tab. 1 Descriptive statistics of observation sample data

名称	平均值	标准差	最小值	最大值
车公里/($\times 10^4$ km)	35 472	29 028	6 383	140 906
客流量/($\times 10^4$ 人次)	109 762	90 211	18 171	515 416
车辆台数	6 554	5 943	1 241	31 728
劳动人数	17 914	18 814	3 690	92 849
能源消耗/($\times 10^4$ t)	8 604	10 256	141	51 791
城市化水平/%	17	14	3	95
轨道客流分担率/%	6.4	12	0	48

2.2 模型估计

采用软件 Frontier4.1 对函数进行参数估计, 结果如表 2 所示。

由表 2 可以看出, 单边显著性检验在 1% 的置信水平下显著, 表明选用随机前沿方法进行效率的估计是正确的; 在 1% 的显著水平下显著, 说明混合误差中存在着成本的无效率。模型中的伽马值分别为

0.965 和 0.999, 接近 1 表示实际产出与理想产出的差主要是由技术非效率引起的, 表明回归结果很好, 适用随机前沿模型。

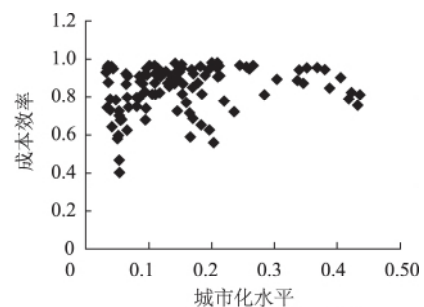
表 2 随机前沿函数估计结果

Tab. 2 Estimation result of stochastic frontier function

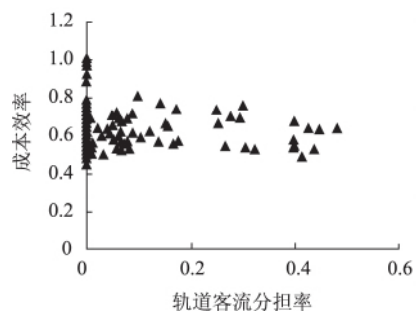
参数	运营效率 估计值	服务效果 估计值	参数	运营效率 估计值	服务效果 估计值
α_0	-1.934***	1.107*	α_9	0.659**	0.168
α_1	5.378***	0.682***	α_{10}	-0.059	-0.562**
α_2	0.018*	-0.009	α_{11}	0.365*	-0.789*
α_3	-0.237	0.136*	α_{11}	0.258*	0.569**
α_4	0.187*	0.149	α_{12}	-0.758**	0.678***
α_5	0.127***	0.009	α_{13}	0.126	0.456**
α_6	0.342	-0.233	α_{14}	-0.372**	0.014
α_7	-0.480***	-0.210***	α_{15}	-0.021	0.150***
α_8	1.372***	0.533*			

注: ***, **, * 分别代表在 1%, 5%, 10% 的水平上显著。

由模型可以看出, 无效率的影响因素变量中, 对城市化发展水平系数和轨道客流分担率系数中统计显著的参数进行分析, 城市化发展水平参数为 -0.372, 这说明随着城化发展水平的提高会激励企业提高运营效率。而轨道客流分担率的系数为 0.15, 这说明轨道交通分担率的提高会降低服务效果。进一步由图 1 分析城市化水平和轨道客流分担率对效率的影响情况, 可以看出随着城市化水平的提高,



(a) 城市化水平和成本效率的关系



(b) 轨道客流分担率和服务效果的关系

图 1 城市化水平和轨道客流分担率对效率的影响

Fig. 1 Impact of urbanization level and rail passenger share rate on efficiency

营运效率有上升的趋势, 而轨道交通分担率的增加使服务效果有下降的趋势。

3 结果分析

采用式 (4) 计算得到不同时期全国中心城市的营运效率和服务效果, 图 2 是 2010—2013 年的平均营运效率和服务效果变化趋势, 图 3 为分类城市的平均效率。

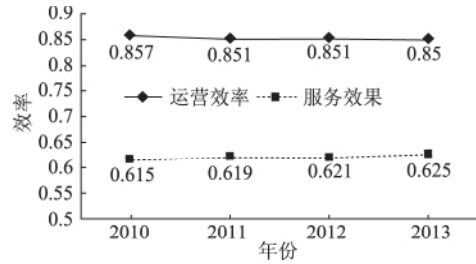


图 2 2010—2013 年的平均营运效率和服务效果

Fig. 2 Annual average operation efficiency and service effectiveness of 2010—2013

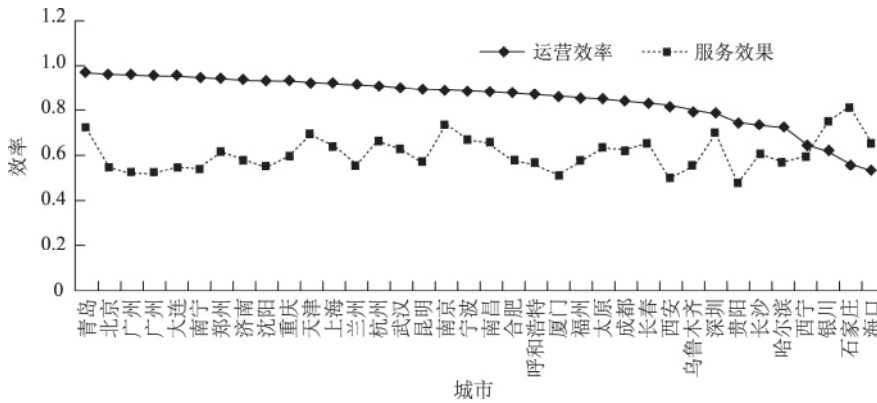


图 3 分类城市的平均效率

Fig. 3 Average efficiencies of different cities

由图 2 可以看出, 我国中心城市由 2010 年至 2013 年的平均营运效率有小幅下降的趋势, 由 2010 年的 0.854 降低至 0.847, 而服务效果由 2010 年的 0.615 上升至 2013 年的 0.625, 公共交通的吸引力有一定的上升, 随着大规模公交基础设施的投入、公交车辆的更新, 公交服务效果得到了一定的改善。

由图 3 可以看出, 全国中心城市的平均营运效率为 0.85, 在 0.9 以上的城市包括青岛、北京、广州、大连、南宁、郑州、济南、沈阳、重庆、天津、上海、兰州、杭州、武汉, 占比为 43%。而平均服务效果为 0.61, 青岛、天津、杭州的营运效率和服务效果排名均在前 10, 这说明其投入产出和服务产出均较高。为了反映不同地区和不同城市类型的效率水平, 表 3 显示了中心城市不同时期分类的平均公共交通运营效率。

表 3 不同城市类型的运营效率

Tab. 3 Operation efficiencies of different cities

分类	2010	2011	2012	2013	
城市分类	>1 000	0.916	0.919	0.923	0.928
	300 ~ 1 000	0.85	0.858	0.871	0.885
	<300	0.746	0.786	0.765	0.734
区域分类	东部地区	0.872	0.826	0.806	0.807
	西部地区	0.815	0.823	0.83	0.835
	中部地区	0.849	0.87	0.882	0.894

由表 3 可以看出, 超大城市、特大城市和大城市的平均运营效率分别为 0.92, 0.87, 0.76, 超大城市的平均运营效率明显高于特大城市和大城市, 这是由于超大城市拥有较为完善的公共交通基础设施和较高的线网覆盖水平, 公交发展水平较好, 也反映了公共交通具有规模经济特性; 从时间趋势来看, 特大城市 and 超大城市的平均运营效率均有上升趋势, 反映了在公共交通建设大量投资下, 运营效率和产出得到改善。分地区来看, 东部地区、中部地区和西部地区的平均运营效率分别为 0.83, 0.87, 0.83, 中部地区的运营效率高于西部地区和东部地区, 且中部地区和西部地区的运营效率有上升趋势, 而东部地区的运营效率有下降趋势, 分析其原因主要是由于东部地区在轨道交通的快速发展下, 对原有的常规公交客流有一定的分流作用, 且私家车的增长迅速; 相较于东部地区, 中西部地区公共交通的服务形式较为单一, 在提升公交服务水平下对乘客的吸引力有所上升。

4 结论

本文研究了我国城市公共交通从 2010 年至 2013 年间的营运效率和服务效果, 并对影响因素进行了

分析。主要结论如下: 首先, 考虑对影响无效率的因素中, 通过研究发现城市化发展水平对提高公共交通的营运效率有正向激励作用; 轨道交通客流分担率对服务效果有负向影响。其次, 2010年至2013年间, 我国中心城市公共交通的平均营运效率有下降趋势, 而服务效果由2010年的0.615上升至2013年的0.625, 这说明在公共交通大量基础设施投入和公交车辆的更新下增加了公共交通的吸引力, 公交服务效果得到一定的改善。最后, 从分类城市看, 1000万人口以上的超大城市的平均营运效率明显高于特大城市和大城市, 反映了特大城市具有较高的运营产出。分地区来看, 中部地区的营运效率高于西部地区和东部地区, 且中部地区和西部地区的营运效率有上升趋势, 而东部地区的运营效率有下降趋势。

根据以上结论, 得到如下启示: 我国城市公共交通行业经过多轮的改革后, 已逐步回归为公益性的服务行业定位和以国有企业为主导的运营模式, 但是营运效率和服务效果总体仍旧还有较大改善空间, 特别是营运效率有下降趋势。因此, 为了避免企业多获得补贴盲目扩大经营规模的局面, 完善财政补贴的机制, 提高补贴的效率是管理重点。针对超大城市如北京、上海, 在竞争性激烈的城市交通出行中, 改善提升其服务效果是治理重点; 特大城市和大城市要在有限的资源条件下, 要进一步优化运营调度、车辆排班和管理水平, 充分提高其营运效率。

参考文献:

References:

- [1] CHARNES A, COOPER WW, RHODES E. Measuring the Efficiency of Decision-making Units [J]. *European Journal of Operational Research*, 1978, 2 (6): 429 - 444.
- [2] FARRELL M J. The Measurement of Productivity Efficiency [J]. *Journal of the Royal Statistical Society*, 1957, 120 (3): 377 - 391.
- [3] FIELDING G J, BABITSKY T T, BRENNER M E. Performance Evaluation for Bus Transit [J]. *Transportation Research Part A: General*, 1985, 19 (85): 73 - 82.
- [4] FENG C M, WANG R T. Considering the Financial Ratios on the Performance Evaluation of Highway Bus Industry [J]. *Transport Reviews*, 2001, 21 (4): 449 - 467.
- [5] 王欢明, 诸大建. 我国城市公交服务治理模式与运营效率研究—以长三角城市群公交服务为例 [J]. *公共管理学报*, 2011, 8 (2): 52 - 62.
- WANG Huan-ming, ZHU Da-jian. Research on the Governance Mode and Operation Efficiency of Urban Bus Service: A Case Study of Yangtze Delta Region [J]. *Journal of Public Management*, 2011, 8 (2): 52 - 62.
- [6] JARBOUI S, FORGET P, BOUJELBENE Y. 道路公共交通效率的随机前沿分析方法 [J]. *交通运输系统工程与信息*, 2013, 13 (5): 64 - 71.
- JARBOUI S, FORGET P, BOUJELBENE Y. Public Road Transport Efficiency: A Stochastic Frontier Analysis [J]. *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*, 2013, 13 (5): 64 - 71.
- [7] 李学文, 徐丽群. 中国城市公共交通行业运营效率评价——基于改进的SE-DEA-Gini方法的研究 [J]. *管理现代化*, 2014 (2): 90 - 92.
- LI Xue-wen, XU Li-qun. Evaluation of Operational Efficiency of Urban Public Transport Industry in China Based on Improved Method of SE - DEA - Gini [J]. *Modernization of Management*, 2014 (2): 90 - 92.
- [8] 李学文, 徐丽群. 城市轨道交通运营效率评价—基于改进的博弈交叉效率方法 [J]. *系统工程理论与实践*, 2016, 36 (4): 973 - 980.
- LI Xue-wen, XU Li-qun. Evaluating the Operational Efficiency of Rail Transit: An Application of Improved Game Cross Efficiency Approach [J]. *Systems Engineering-Theory & Practice*, 2016, 36 (4): 973 - 980.
- [9] 王海燕, 于荣, 郑继媛, 等. DEA-Gini准则在城市公共交通企业绩效评价中的应用 [J]. *系统工程理论与实践*, 2012, 32 (5): 1083 - 1090.
- WANG Hai-yan, YU Rong, ZHENG Ji-yuan, et al. Evaluating the Efficiency of Urban Public Transit Enterprises: An Application of DEA-Gini Approach [J]. *Systems Engineering - Theory & Practice*, 2012, 32 (5): 1083 - 1090.
- [10] HOLMGREN J. The Efficiency of Public Transport Operations: An Evaluation using Stochastic Frontier Analysis [J]. *Research in Transportation Economics*, 2013, 39 (1): 50 - 57.
- [11] GEORGIADIS G, POLITIS I, PAPAIOANNOU P. Measuring and Improving the Efficiency and Effectiveness of Bus Public Transport Systems [J]. *Research in Transportation Economics*, 2014, 48: 84 - 91.
- [12] NORMAN M, STOKER B. Data Envelopment Analysis: The Assessment of Performance [M]. New York: John Wiley & Sons, 1991.