

超效率 Gini 方法在城市交通行业面板数据中的研究

李学文,徐丽群

(上海交通大学安泰经济与管理学院,上海 200052)

摘要:本文基于超效率数据包络分析(SE-DEA; Super Efficiency Data Envelopment Analysis)对城市交通行业的运营面板数据进行分析,利用 Gini 系数提高了 SE-DEA 的判别能力,得到了综合效率值,降低了传统 DEA 效率易受指标维数影响的缺陷,避免了同时出现多个有效评价结果,而且可以保证该方法总有可行解,在提升 DEA 方法判别能力的同时有效降低主观因素对评价结果的影响。通过分析全国 31 个城市 2006 年到 2012 年的公共交通面板数据,利用 SE-DEA-Gini 方法对公共交通行业进行客观的绩效评价,得到了全面评价城市公共交通的综合效率,在此结果上提出了可行的建议,指出了各城市公共交通发展中存在的问题,为保证优先发展城市公共交通战略的顺利实施提供了决策依据。

关键词:超效率;Gini 方法;公共交通;面板数据

中图分类号:F572.88;U121 **文献标识码:**A

1 引言

过去 30 年来,随着城镇化建设步伐的不断加快,全国各大城市的公共交通资源供需矛盾日渐突出,随之而来的交通拥堵等问题也受到了越来越多的关注,极大的影响了城市的可持续发展。因此,优先发展城市公共交通就成为各城市缓解交通资源供需矛盾的最佳选择。但是,由于公共交通行业既要注重市场效益,还要尽可能多的满足社会效益,因此如何客观评价各城市公共交通的效率就成为管理者面临的首要问题,也成为公共交通研究领域的一个重要课题。

在行业相对效率的研究中,数据包络分析(DEA; Data Envelopment Analysis)是最常见、最有效的一种非参数前沿效率分析方法,它通过测算具有相同类型投入产出的若干决策单元的相对效率,并估计由这组决策单元所确定的生产前沿面。由于 DEA 模型所评价的效率前沿具有稳健性,并且 DEA 方法还适合于小样本效率分析^[1]。因此近年来国内外一些学者开始使用 DEA 方法对城市公共交通行业进行绩效评价,如利用 DEA 方法评价停泊和转运车辆效率^[2],使用随机前沿分析估计雅典

轨道交通的技术效率,并和 DEA 方法得到的效率做比较^[3]。国内学者有从生产率视角出发研究了中国交通行业 1980 年到 2005 年的技术效率变化^[4],也有利用 DEA 方法评价我国大中城市公交公司的经营管理现状^[5]和技术效率^[6]。王欢明和诸大建^[7]应用 DEA 方法测算了长三角城市间公交服务的运营效率,王海燕^[8]基于 Gini 准则提高了 DEA 方法的判别能力,对南京市公交企业数据进行绩效评价。由于我国各城市的公共交通行业的构成不同,有各类型公共汽车,轨道交通,出租车和轮渡等交通工具,单纯以某种交通工具衡量会产生偏差,故本文对全国 31 个城市的 2006 年到 2012 年的主要交通工具产生的面板数据进行全面评价,得到各城市的综合效率,从而提出可行建议,以促进各城市公共交通行业的良性发展,降低运营成本的同时提升乘客满意水平,增强公共交通吸引力。

以往对公共交通行业效率评价的研究文献虽然有着很好的借鉴作用,但是却存在着以下三点不足。首先,由于 DEA 方法是从最有利于被评价的决策单元出发进行评价,这样得到的结果并不能全面客观地反应各单元之间效率水平上的差异。而且不能保证 DEA 有效单元的唯一性给决策单元效率之间的比较带来了困难。其次,在使用 DEA 方法中,一些实际上相对无效的决策单元可能由于权重的刻意选择而导致效率值偏高^[9],而且过多的指标数量也会降低 DEA 模型的判别能力。最后,以往一些文

收稿日期:2014-06-17;修订日期:2014-07-22

基金项目:国家社会科学基金资助项目(12&ZD203)

作者简介:李学文(1980-),女(汉族),宁夏人,上海交通大学博士,研究方向:城市交通管理、供应链管理。

献从单一交通工具出发进行研究,并且衡量的时间段大都设定在一个年度内,缺少对城市公共交通的全面评价和动态比较。对于第一点不足,本文基于图效率的 SE-DEA 模型区分 DEA 有效的决策单元,并且保证了总存在可行解,避免效率评价值的分布可能存在过高的极端情形,故能体现决策单元的实际效率状况。对于第二点不足,本文利用 Gini 系数来降低指标数量,并对所有可能的子集赋予客观权重,避免人为赋权对结果产生的影响,最终可对效率进行有效区分。对于第三点不足,本文对全国 31 个城市的两种主要的公共交通工具(公共汽电车和轨道交通)2006 年到 2012 年的面板数据进行全面评价,最终对各个城市公共交通的综合效率得到客观且动态的评价。

本文基于图效率的 SE-DEA 模型结合 Gini 系数对我国 31 个城市公共交通的效率进行评价,得出各决策单元的综合效率值,从而全面客观地反映了各决策单元的效率,并对综合效率进行区分,对效率值的分析有助于促进城市公共交通行业提高服务质量,提升企业利润,增强公共交通的吸引力,保证城市公交优先战略的顺利实施。

2 SE-DEA 模型和 Gini 系数

DEA 是基于“相对效率评价”概念发展起来的一种非参数线性规划分析方法^[10-11],它把原来只有单个投入和单个产出下的效率概念推广到含多个投入和多个产出的同类型决策单元(DMU: Decision Marking Units)的相对有效性评价中。DEA 有着众多优点而受到国内外学者的广泛关注,如不需要确定各决策单元的投入和产出之间是否存在某种显式关系;不受数据单位的影响等等。虽然 DEA 方法存在着诸多优点,但是在使用中指标数量的维数会严重影响到最终的评价结果,通常指标权重空间维数越大,效率值越高,进而有效的决策单元数量会增多,造成 DEA 方法的判别能力降低。基于图效率的 SE-DEA-Gini 方法不仅可以避免多个单元同是有效的情形,保证总存在可行解,而且可以降低指标数量提高 DEA 判别能力。本文将该方法应用到公共交通行业的效率评价中,在选择适当的评价指标集合之后,通过取其所有子集,利用 SE-DEA 方法求出各指标子集下的效率值,基于 Gini 系数给各子集赋予权重,避免人为赋予权重的主观性,最终得到在各指标子集下的效率评价结果,即 SE-DEA-Gini 效率。

2.1 SE-DEA 模型

DEA 模型用于评价决策单元的相对效率,其目的在于构建出一条非参数的包络前沿线,有效点位于生产前沿上,无效点处于前沿的下方。假设有 n 个决策单元 $DMU_j (j=1, 2, \dots, n)$ 生产 s 种产出 $y_{rj} (r=1, 2, \dots, s)$, 同时消耗 m 种投入 $x_{ij} (i=1, 2, \dots, m)$, 基于可变规模的 BCC 模型可表示为:

$$\begin{aligned} \min \theta &= E_o(M, S) \\ \text{s. t. } \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} - \theta x_{i0} &\leq 0, i = 1, 2, \dots, m \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - y_{r0} &\geq 0, r = 1, 2, \dots, s \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j &= 1 \\ \lambda_j &\geq 0, j = 1, 2, \dots, n \end{aligned} \quad (1)$$

其中 $E_o(M, S)$ 为期望评价 DMU_o 的效率, θ 是标量,其值为决策单元的效率值,一般地有 $\theta \leq 1$ 。如果 $\theta=1$, 则意味着该单元是 DEA 有效的。

通过模型(1)评价决策单元效率时,得到的效率值可能会出现多个决策单元同是 DEA 有效的,从而无法直接对这些相对有效的单元做进一步的评价与比较。Andersen 等^[12]提出了一种 SE-DEA 模型很好的弥补这一缺陷,使得 DEA 有效的决策单元之间也能比较效率值得高低,该模型的基本思想是在评价决策单元 j_o 时,将其排除在决策单元的参考集之外,从而 DEA 有效的决策单元 j_o 得到了可能大于 1 的效率值,而非有效单元的效率值保持不变。这一思路反映到模型之上,即 SE-DEA 模型:

$$\begin{aligned} \min \theta & \\ \text{s. t. } \sum_{j=1, j \neq o}^n \lambda_j x_{ij} - \theta x_{i0} &\leq 0, i = 1, 2, \dots, m \\ \sum_{j=1, j \neq o}^n \lambda_j y_{rj} - y_{r0} &\geq 0, r = 1, 2, \dots, s \\ \sum_{j=1, j \neq o}^n \lambda_j &= 1 \\ \lambda_j &\geq 0, j = 1, 2, \dots, n, j \neq o \end{aligned} \quad (2)$$

模型(2)还具有以下优点^[13-14],如能对有效的 DMU 进行排序和分组;识别数据中的异常点等等。所以,SE-DEA 模型的评价结果更能细化原有 DEA 评价结果,给决策者提供更多的信息。

但是, Zhu^[15] 和 Thrall^[16] 指出当投入变量接近 0 时 SE-DEA 模型的可能并不存在可行解,给计算带来了困难,而且使用模型(2)时,线性规划的不稳定性很容易发生^[11, 17], Bogetoft^[18] 建议在超效率模型中采用基于图效率的 SE-DEA 模型来解决这一

问题:

$$\begin{aligned}
 & \min \theta \\
 & s. t. \sum_{j=1, j \neq o}^n \lambda_j x_{ij} - \theta x_{io} \leq 0, i = 1, 2, \dots, m \\
 & \sum_{j=1, j \neq o}^n \lambda_j y_{rj} - \frac{1}{\theta} y_{ro} \geq 0, r = 1, 2, \dots, s \\
 & \sum_{j=1, j \neq o}^n \lambda_j = 1 \\
 & \lambda_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n, j \neq o \quad (3)
 \end{aligned}$$

2.2 Gini 系数

作为一种衡量不确定性的度量方法, Gini 系数的计算可以简述如下。

定义 1 Gini 系数为 $G=1-d$, d 为信息纯度, $d = \sum_{j=1}^n p_j^2$ 。其中 $p_j = E_j / \sum_{j=1}^n E_j$ ($j = 1, 2, \dots, n$), E_j 表示第 j 个决策单元的效率, p_j 表示在某节点中第 j 个类别所占的比例。

一般来讲, Gini 系数越大, 表示信息纯度越小, 不确定性越大, 反之不确定性越小。利用 Gini 系数提升 SE-DEA 模型的判别能力, 具体步骤如下:

首先, 选取可以衡量行业效率的指标集, 列出指标集中所有变量的可能子集(如果分别有 m 个投入指标和 s 个产出指标, 所有可能的子集就有 $K = (2^m - 1) \times (2^s - 1)$ 个), 这些子集可以看作是决策树中的节点, 各决策单元可以看作是不同的类别。

其次, 对所选取的子集, 分别求出各子集下决策单元的效率值。用 M_k 表示第 k 个指标子集, 所有的模型集合为 $\{M_1, M_2, \dots, M_k\}$, 每个决策单元在 M_k 下的效率值记为 E_{kj} , 可得效率阵 $(E_{jk})_{n \times K}$ (n 为决策单元个数, K 为所有指标子集个数)。

然后, 为了衡量各子集中效率值的不确定性, 利用效率阵计算 Gini 系数, 计算信息纯度 d_k , 通过对信息纯度归一化得到最终权重 W_k 。对于一个给定的指标子集, 如果该子集所得到的所有决策单元效率值相等, 此时信息纯度最小, 而权重达到最小值, 而权重越大表明利用 Gini 系数的判别能力越大。选择的指标

子集越多, 不确定性越强, 从而权重越小。

最后通过加权平均得到 SE-DEA-Gini 效率: $\theta_j = \sum_{k=1}^K W_k E_{jk}$, ($j = 1, 2, \dots, n$), 该效率的判别能力比传统的 DEA 模型要强, 更能反映客观的评价结果。

3 城市公共交通行业综合效率评价

3.1 指标选取和数据来源

基于 DEA 模型进行分析时, 识别投入和产出变量就显得非常重要。考虑到城市公共交通行业的特殊性, 在实际研究中, 通常是根据已有的数据来源和实际指标进行灵活处理, 由于缺少真实的劳动力, 资产和能源消耗数据, 按照 Lao Yong 和 Liu Lin^[19] 的观点, 假设运营成本和运营线路长度, 运营车辆数相关是合理的, 本文根据公开出版的资料, 以运营线路总长度, 公交专用车道总长度, 运营车辆数为原始投入数据, 以公交客运总量为原始的产出数据, 在此基础上进行处理得到所需的投入产出变量。考虑到各个城市人口密度不同, 以万人拥有公交车数量, 运营线路总长度和公交专用线路总长度作为投入指标, 以客运总量除以城市市辖区人口所得平均客运次数作为产出指标(相对于各城市的人口来讲, 平均客运次数可以反映平均每名乘客乘坐公共交通工具的次数)。

本文借鉴王海燕^[8]和 De Borger 等^[20]对城市公共交通行业绩效评价指标的选取方法, 剔除数据不全的样本后, 共收集了除港澳台、呼和浩特、海口、拉萨和兰州之外的 27 个个省会城市外加大连、青岛、深圳、厦门共 31 个城市的公共交通数据。数据来源于《中国统计年鉴》, 《中国第三产业统计年鉴》, 《中国城市统计年鉴》以及各城市统计网站的公开数据, 数据截止于 2012 年。(注: 和统计年鉴表示相同, 本文中 2012 年的数据指的是截止 2011 年底的数据)。表 1 给出了公共交通相对效率评价的投入产出指标以及相应的描述性统计量。

表 1 投入产出指标集及其描述性统计量(2006—2012)

	交通工具	指标	最小值	中位数	最大值	均值	标准差
投入指标	公共汽电车	线路总长(公里)	93.00	1229.00	23130.00	2717.81	3796.61
		专用车道线路总长(公里)*	2.00	46.00	512.00	67.94	71.09
		万人拥有车辆数(辆)	1.05	12.24	57.35	13.35	7.30
道交通		线路总长(公里)	7.00	70.00	454.00	93.79	104.52
		万人拥有车辆数(辆)	0.01	0.37	3.40	0.64	0.67
产出指标	公共汽电车	平均客运次数	1.15	235.10	1366.96	259.96	138.33
		轨道交通	平均客运次数	0.16	19.51	245.00	40.57

* 公交专用车道线路总长度数据的时间段为 2008 年到 2012 年。

从表 1 可以看出,各城市公共交通投入和产出数据的极差(最大值与最小值之差)和标准差都比较大,表明各城市公共交通发展很不平衡,比如公交专用线路长度最小的仅为 2 公里,而最大的为 512 公里,一半的城市小于 46 公里。再从中位数和均值的偏离来看,除万人拥有公交车辆数指标外,其他指标的中位数均小于均值,表明样本分布是右偏的。考虑到城市公共交通行业的特殊性,在投入指标的选择中,选择了运营线路长度和运营车辆数作为投入指标,这两个指标可以反映各城市公共交通规模,在产出指标的选择中,由于要比较各个城市公共交通效率,考虑到城市间人口规模差距可能对结果产生偏差,我们没有采用常用的客运总量作为产出指标而采用了平均客运次数来衡量。另外,由于无法得到各城市历年公共交通补贴数据和财务数据,所

以本文用反映公共交通行业的运营效率来说明如何使用图效率 SE-DEA-Gini 方法。

3.2 结果分析

本文利用基于图效率的 SE-DEA-Gini 方法对 31 个城市 2006 年到 2012 年的公共交通相对效率进行评价和分析,得到 SE-DEA-Gini 效率,附表 1 和附表 2 分别给出了 28 个城市的公共汽电车效率和 10 个城市的轨道交通效率结果。为了能够对 31 个城市两种交通工具的 2006 年到 2012 年间的公共交通运营效率进行评价,我们利用乘坐两种各种交通工具的客运量与两种交通工具的客运总量的比值做权重,将表 2 和表 3 中两类交通工具公共汽电车和轨道交通的 SE-DEA-Gini 效率值加权平均,得到 31 个城市公共交通综合效率,综合效率均值及其排名结果见表 2(所有年度的结果见附表 3)。

表 2 31 城市公共交通 2006—2012 年平均综合效率及排名

城市	均值	排名	城市	均值	排名	城市	均值	排名
北京	0.6778	25	合肥	0.8868	14	南宁	0.7148	22
天津	0.4325	31	福州	1.1123	6	重庆	0.4788	30
石家庄	0.6909	23	厦门	1.2116	5	成都	0.9401	13
太原	1.0175	12	南昌	1.5108	3	贵阳	1.3641	4
沈阳	0.6843	24	济南	0.6742	26	昆明	0.7390	19
大连	1.0555	9	青岛	0.7296	20	西安	0.7272	21
长春	0.6055	29	郑州	0.7626	18	西宁	2.1600	2
哈尔滨	1.0239	11	武汉	0.8314	16	银川	1.0619	8
上海	0.8563	15	长沙	0.7753	17	乌鲁木齐	1.0429	10
南京	0.6491	28	广州	1.0861	7			
杭州	0.6680	27	深圳	2.3420	1			

3.2.1 个体维度结果分析

从个体(城市)角度来看,7 年间 31 个城市的综合效率平均值最小值为 0.4325,最大的为 2.3420,均值为 0.9520,中位数为 0.8314,这表明各城市间公共交通运营效率有较大差异。以 2012 年的综合

效率来看(见图 1),可以将 30 个城市(西宁除外)分成 3 组(分组标准依据文献[19]),第一组的北京、太原、福州、厦门、南昌、郑州、广州、深圳、贵阳和银川 10 个城市的综合效率值不小于 1,说明运营效率为有效,占有所有城市的 33.3%。可以看出相对于其他

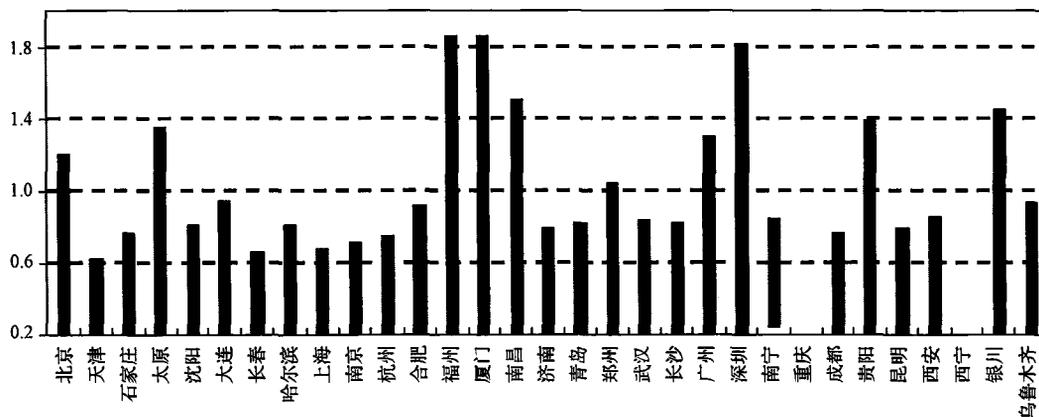


图 1 2012 年综合效率

城市而言,这些城市在公共交通资源投入和利用方面达到了有效,它们构成了 31 个城市公共交通服务的效率前沿面,这于它们具有的先进的经营管理理念是分不开的。同时我们也看到太原、郑州、贵阳和银川位于我国经济不发达地区,人口密度和客运需求相对较小,目前的公共交通投入可以满足居民的需求,故综合效率值也处于高位。第三组只有重庆的综合效率值小于 0.6,说明运营效率为无效,运营无效率的原因在于公共交通服务的投入和产出不匹配,与人口数量相近的其他城市相比,重庆平均客流量比其他城市少将近一半左右,导致运营效率为无效。故优化内部结构,合理分配公交资源,提升公共交通吸引力是下一步发展的关键。其他 19 个城市为第二组,综合效率结果在 0.6 和 1 之间,说明运营效率为相对有效,第二组占全部城市的一半以上,这些城市需要在投入规模上继续扩大,优化投入结构,从而达到最佳产出。同理,2006 年到 2011 年的数据分析结果也可以如此分析,不再赘述。

3.2.2 时间维度结果分析

从时间维度来看,2006 到 2012 这 7 年间 31 个城市的综合效率值变化幅度有较大差异,分析这 7

年的结果后发现可以按照效率结果的变化幅度将城市划分两大类,第一类是变化幅度较为稳定的,第二类是变化幅度较大的,其中第一类又可以细分为变化幅度稳定但运营效率一直处于高位运行的和变化幅度稳定但运营效率一直处于低位的(高位运行的城市效率值大都不小于 1,而低位运行的城市效率值大都在 0.6 到 1 之间),第二类可细分为运营效率增长较大(V 型反转)的和运营效率增长下降的(A 型或 M 型回落)。图 2 给出了综合效率变化幅度稳定且处于低位运行的 11 个城市。

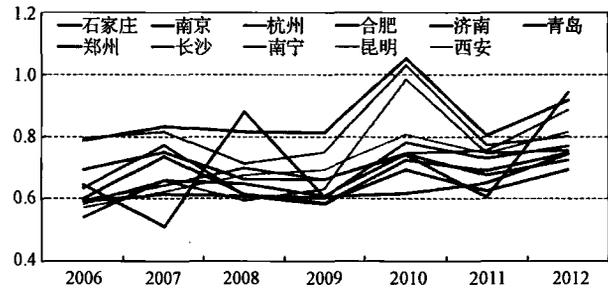


图 2 2006—2012 年综合效率低位稳定运行的城市

所有城市划分的详细结果见表 3。

表 3 2006 年—2012 年 31 城市综合效率变化幅度划分

变化幅度	效率特征	城市
稳定	高位运行	深圳, 大连, 成都, 上海, 武汉, 青岛, 长春, 贵阳, 乌鲁木齐
	低位运行	石家庄, 南京, 杭州, 合肥, 济南, 郑州, 长沙, 南宁, 昆明, 西安
起伏	上升趋势	厦门, 银川, 福州, 天津, 广州, 北京, 沈阳, 太原
	下降趋势	南昌, 西宁, 哈尔滨, 重庆

从表 3 可以看出三点。第一,相对于其他城市来讲,综合效率高位运行的城市对公共交通方面的投入资源配置,利用率上都达到了有效,除贵阳和乌鲁木齐外,其他 8 个城市都位于经济发达地区,综合效率低位运行的城市在公交资源的整体投入和服务产出上有一定优势,这些城市的公共交通投入和产出水平较为均衡。第二,近年来,伴随着城市交通拥堵等压力的加剧和优先发展公共交通战略的实施,厦门等城市公共交通服务有很快提升,这 8 个城市位于上升趋势,而相对其他城市而言,南昌等城市的公共交通投入和产出明显偏低,处于下降趋势,提供的公交服务水平较往年有很大降低。第三,从 7 年的平均综合效率来看(见表 4),有效的(效率值大于等于 1)城市有 12 个(排名为 1 到 12),分别是深圳、西宁、南昌、贵阳、厦门、福州、广州、银川、大连、乌鲁木齐、哈尔滨和太原。无效的城市只有天津和重庆

(排名为 30 到 31),其他 17 个城市处于相对有效。从平均来看,只有 6.5%的城市运营效率为无效,这两个城市要加大对公共交通资源的投入,提高公共交通服务水平,以期达到更高的运营效率。

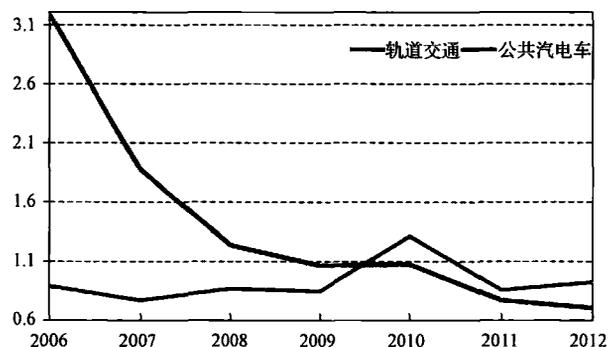


图 3 不同交通工具对公共交通效率值得影响

从不同交通工具类型对效率的影响上来看,我

们选取了同时有公共汽电车和轨道交通且有数据结果的 7 个城市(天津、大连、长春、上海、南京、武汉和深圳),从均值角度分析两种交通 2006 年到 2012 年间的 SE-DEA-Gini 效率。从图 3 可以看出,2006 年到 2009 年间拥有轨道交通的城市效率均值都高于没有轨道交通的城市,这和朱微微等^[6]中得到的结论是相似的,但是 2009 年之后,轨道交通的效率值在逐步下降,甚至已经低于公共汽电车的效率值。这说明轨道交通的客运能力已经不能完全满足居民的出行需求,其所拥有的准点高速大运量等优点在逐步减弱,要提高居民对乘坐轨道交通的吸引力才能进一步提升效率,进而有效提高整个公共交通的运营效率。

4 结语

本文以全国 31 个城市 2006 年到 2012 年的公共交通行业面板数据为例,采用基于图效率的 SE-DEA-Gini 方法得到了客观评价城市公共交通效率的评价结果,该方法不仅可以有效避免传统 DEA 方法同时得到多个有效决策单元的问题,保证模型总存在可行解,并且通过对不同指标集引入客观的权重提升 DEA 模型的判别能力。通过对各种交通工具进行赋权,得到了公共交通的综合效率值。结果表明,该方法所得结果比传统方法有更好的区分度,更能反映各决策单元的总趋势,即使是效率值较为接近的决策单元,其综合效率也体现出了差异,从而降低了传统方法受到指标权重空间影响过大和可能不存在可行解的缺陷。最后,通过对 31 个城市 7 年的面板数据分析,分别分析了个体维度,时间维度以及不同交通工具在运营效率上的差异,提出了各城市需要改进的可行建议,对各城市改进公共交通服务方向提供了指导,有助于公交行业改善服务质量,也有利于公交优先战略的顺利实施。

参考文献:

- [1] Seiford L M, Thrall R M. Recent developments in DEA, The mathematical programming approach to frontier analysis [J]. *Journal of Econometrics*, 1990, 46(1): 7-38.
- [2] McNeil S. Comparing the efficiency of public transportation subunits using data envelopment analysis [J]. *Center for Urban Transportation Research*, 2007, 10(2): 1-16.
- [3] Michaelides P G, Belegri-Roboli A, Marinos T. Evaluating the Technical Efficiency of Trolley Buses in Athens, Greece [J]. *Journal of Public Transportation*, 2010, 13(4): 93-109.
- [4] 王亚华, 吴凡, 王争. 交通行业生产率变动的 Bootstrap-Malmquist 指数分析[J]. *经济学(季刊)*, 2008, 7(3): 891-912.
- [5] 韩艺, 葛芳, 张国伍. 城市公共交通公司相对有效性分析与效用评价[J]. *系统工程理论与实践*, 2001, 3: 96-101.
- [6] 朱微微, 赵定涛. 中国城市公共交通行业技术效率实证研究[J]. *运筹与管理*, 2007, 16(2): 154-158.
- [7] 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[J]. *公共管理学报*, 2011, 8(2): 52-62.
- [8] 王海燕, 于荣, 郑继媛, 唐润. 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.
- [9] Boussofiane A, Dyson R G, Thanassoulis E. Applied Data Envelopment Analysis [J]. *European Journal of Operational Research*, 1991, 52(1): 1-15.
- [10] Charnes A, Cooper W W, Rhodes E. Measuring the efficiency in data envelopment analysis [J]. *European Journal of Operation Research*, 1978, 2(6): 429-444.
- [11] Banker R D, Charnes A, Cooper W W. Some models for estimating technical and scale efficiencies in data envelopment analysis [J]. *Management Science*, 1984, 30(8): 1078-1092.
- [12] Andersen P, Petersen A. A procedure for ranking efficient units in data envelopment analysis [J]. *Management Science*, 1993, 39(10): 1261-1264.
- [13] Chen Yao. Ranking efficient units in DEA [J]. *Omega*, 2004, 32(3): 213-219.
- [14] Lovell C, Rouse A P B. Equivalent standard DEA models to provide super-efficiency scores [J]. *Journal of the Operational Research Society*, 2003, 54(1): 101-108.
- [15] Zhu J. Super-efficiency and DEA sensitivity analysis [J]. *European Journal of Operation Research*, 2001, 129(2): 443-455.
- [16] Thrall R M. Duality, classification and slack in data envelopment analysis [J]. *Annals of Operation research*, 1996, 66(2): 109-138.
- [17] Seiford L M, Zhu J. Stability regions for maintaining efficiency in data envelopment analysis [J]. *European Journal of Operation Research*, 1998, 108(1): 127-139.
- [18] Bogetoft P, Otto L. *Benchmarking with DEA, SFA, and R[M]*. Berlin Springer, 2011.
- [19] Lao Yong, Liu Lin. Performance evaluation of bus

lines with data envelopment analysis and geographic information systems [J]. Computers, Environment and Urban Systems, 2009, 33(4):247-255.

[20] De Borger B, Kerstens K, Costa A. Public transit performance: What does one learn from frontier studies? [J]. Transport Reviews, 2002, 22(1): 1-38.

A Study on Panel Data of Urban Public Transport Based on Super Efficiency Gini Approach

LI Xun-wen, XU Li-qun

(Antai College of Economics & Management, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200052, China)

Abstract: In this study, a approach applies super efficiency data envelopment analysis and Gini approachent is presented. This method not only improves the discriminatory power of DEA and decreases the risk of influencing the results of efficiency evaluation, but also allows for ranking DMUs and guarantees the feasible solution in the proposed model. Using the panel data from 31 urban public transit and applying the SE-DEA-Gini approach, this paper gives an objective performance evaluation results which can give a much more objective performance for urban public transit.

Key words: super efficiency; Gini approach; public transit; panel data