

基于DEA的城市 市容环境卫生效率研究

薛庆根 褚保金 俞立平
(南京农业大学 经管学院, 南京 210095)

摘要:本文选取城市市容环境卫生专用车辆数和从业人员数作为投入变量, 道路清扫面积、生活垃圾清运量、粪便清运量作为产出变量, 采用数据包络分析方法分析了我国城市市容环境卫生效率。结果发现, 我国城市纯技术效率比规模效率低, 总体技术效率不高, 绝大多数城市处于规模效率递减阶段, 城市环境卫生效率与城市所处的地理位置关系不大, 环境卫生管理体制已经不适应城市化高速进程。因此, 应大力促进环境卫生领域的技术进步, 改进管理体制, 提高城市环境卫生行业的投入产出水平。

关键词:城市环境卫生; 技术效率; 纯技术效率; 规模效率; 规模报酬

Research on Urban Sanitation Efficiency based on Data Envelopment Analysis

XUE Qing-gen, CHU Bao-jin, YU Li-ping

(College of Economics and Management, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: This paper analyzes urban sanitation efficiency based on DEA taking the specialized vehicles and labors as input factor, road sweeping area, living garbage transport volume and excreta transport volume as output factor. The urban pure technical efficiency is lower than scale efficiency and technical efficiency is lower. Most of the cities are at decreasing returns to scale. There is no relationship between the urban sanitation efficiency and city location. Urban sanitation management system hasn't adapted to the rapid process of urbanization. It's suggested that the management and technological progress should be improved in order to enhance urban sanitation efficiency.

Key words: urban sanitation efficiency; technical efficiency; pure technical efficiency; scale efficiency; scale efficiency

1 引言

城市市容环境卫生代表了城市形象, 反映了城市的管理水平。由于城市市容环境卫生是政府提供的公共物品, 属于政府支出的范畴, 因此人们往往对其结果感兴趣, 对其投入产出效率则较少关注。开展这项工作, 有利于评价城市环境卫生工作质量, 减少浪费, 节省财政支出, 为政府决策提供参考。

目前, 学者们对城市环境卫生工作的研究主要集中在评价上。雷泽辉等(1999)^[1]应用分级加权评价模型, 建立了城市环境卫生规划评价指标体系, 并对广州市环境卫生现状进行了分析。赵爱英(2001)^[2]建立了市政、

园林、绿化三位一体的统计指标体系。吴硕贤等(2000)^[3]建立了居住区生活与环境质量综合评价指标体系, 通过层次分析法求出各因素的权重向量并用模糊集理论对各居住小区生活与环境质量进行了综合评价。2004年12月1日建设部颁布实施的《城市生活垃圾分类及其评价标准》, 确立了垃圾知晓率、参与率、容器配置率、资源回收率等分类评价指标。以上都是对城市环境卫生工作结果的评价与衡量。

在城市环境卫生效率评价领域, 庄宇等(2006)^[4]建立了环境经济效率评价指标体系, 选取了若干废水/GDP、废气/GDP的指标, 利用R因子

分析模型, 得出30省市环境经济效率排名。孙广生等(2003)^[5]选取资本、劳动力作为投入变量, 工业增加值、工业废水、工业废气作为产出, 利用数据包络分析(data envelopment analysis, DEA)法对全国各地工业生产的环境效率进行了实证研究, 得出东部地区比中西部地区更有效率的结论。陈坚和陈海滨(1998)^[6]分析了湖北省城市环境卫生经费的投入问题, 提出了改变经费投入不足的政策建议。总体上, 对城市环境卫生行业进行效率评价方面的研究很少, 目前的研究集中于环境经济效率方面的研究。

对城市环境卫生效率进行评价,

基金项目:江苏省教育厅高校哲学社会科学基金项目(编号: 05SJB790016)阶段性成果

作者简介:薛庆根, 南京农业大学博士生, 扬州大学副教授; 褚保金, 南京农业大学教授, 博士生导师; 俞立平, 南京农业大学博士, 扬州职业大学副教授。

主要有两大方法：第一种是指标体系法，可以设计若干指标，采用德尔菲法或层次分析法进行权重赋值，然后进行相关评价。不足之处在于指标的选取、权重的确认很难得到公认，另外由于指标众多，数据的获取也会存在一定的困难。第二种是DEA方法，该方法选取若干投入产出指标进行分析，能比较科学合理地进行效率研究，不足之处是对数据的要求很高。其意义在于，即使一个环境卫生不太漂亮的城市也可能是高效率的，因为它没有浪费，所有的环境卫生资源都得到了充分有效的配置。同样，即使一个漂亮的城市，其环境卫生也可能是低效率的，因为投入资源没有得到合理配置，存在浪费。该方法的重要性在于，由于是基于目前我国城市环境卫生技术经济条件和管理水平进行的相对效率分析，一旦发现问题，可以借鉴其他效率相对有效的城市的经验，采取措施，改善管理，加快技术进步，从而提高效率。

本文将全国省会及计划单列城市作为研究对象，利用市容环境卫生专用车辆数和从业人员数作为投入变量、道路清扫面积、生活垃圾清运量、粪便清运量作为产出变量，采用DEA方法进行实证分析。

2 可变规模报酬DEA模型 (BCC)

DEA是一种测算具有相同类型投入和产出的若干系统或部门(简称决策单元, DMU)相对效率的有效方法。其实质是根据一组关于输入输出的观察值, 采用数学规划模型, 来估计有效生产的前沿面, 再将各DMU与此前沿作比较, 进而衡量效率。凡是处在前沿面上的DMU, DEA认定其投入产出组合最有效率, 将其效率指标定为1; 不在前沿面上的DMU则被认定为无效率, 同时以效率前沿面之有效点为基准, 给予一个相对的效率指标(大于0, 小于1)。此外, DEA还

可以判断各个DMU的投入规模的适合程度, 给出各DMU调整其投入规模的方向和程度。

传统的统计方法是从大量样本数据中分析出样本集合整体的一般情况, 其本质是平均性, DEA则是从样本数据中分析出样本集合中处于相对有效的样本个体, 其本质是最优性。DEA在测定若干个决策单元的相对效率时注重的是对每一个决策单元进行优化, 所得出的相对效率是其最大值, 是最有利于该决策单元的相对效率。

规模报酬不变模型是Charnes等(1978)^[7]所提出的最基本DEA模型, 因此也称为CCR模型。为了对DMU的有效性进行较简单的判别, Charnes和Cooper引入了非阿基米德无穷小量的概念, 以使用线性规划的单纯形方法求解模型, 对决策单元进行一次性判别。

用不变规模报酬模型进行效率测评时, 必须假定各决策单元是位于最佳生产规模, 否则所测的效率值中, 就包含规模效应的影响。为测算生产单元的纯技术效率水平, Banker等(1984)^[8]提出了可变规模报酬(BCC)模型。在可变规模报酬的假设下, 生产可能集 T_v 为:

$$T_v = \left\{ (X, Y) : X \geq \sum_{i=1}^n \lambda_i X_i, Y \leq \sum_{i=1}^n \lambda_i Y_i, \sum_{i=1}^n \lambda_i = 1, \lambda_i \geq 0, 1 \leq i \leq n \right\} \quad (1)$$

建立在 T_v 上的纯技术效率评价的模型(加入松弛变量SA和SB及扰动量 ε 后)为:

$$(D_v^*) \begin{cases} \min[\theta_v - \varepsilon(e_1^T SA + e_2^T SB)] \\ s.t. \sum_{i=1}^n \lambda_i X_i + SA = \theta_v X_0 \\ \sum_{i=1}^n \lambda_i Y_i - SB = Y_0 \\ \sum_{i=1}^n \lambda_i = 1 \\ \lambda_i \geq 0, i = 0, 1, 2, \dots, n. SA \geq 0, SB \geq 0 \end{cases} \quad (2)$$

则有: 当该问题的解为 $(\theta_v^*, \lambda^*, SA^*, SB^*)$ 时, 有如下结论:

(1) 若 $\theta_v^* = 1$, 且 $SA = SB = 0$, 则DMU₀有效。

(2) 若 $\theta_v^* < 1$, 则DMU₀弱有效,

(3) 若 $\theta_v^* < 1$, 则DMU₀非有效。

如前所述, 用不变规模报酬模型测算所得到的效率值, 包含了规模效率和纯技术效率两方面的内容。而可变规模报酬模型所考察的, 是生产单元的纯技术效率水平。则技术效率 θ_c 、纯技术效率 θ_v 和规模效率 θ_s 的关系为:

$$\theta_c = \theta_v \times \theta_s, \quad \theta_s = \theta_c / \theta_v \quad (3)$$

通过分别运行CRS、VRS的DEA模型得到 θ_c 和 θ_v , 由此可推算规模效率的水平。当 $\theta_c = \theta_v$ 时, 生产单元的规模效率为1, 即生产处于最佳规模; 否则生产单元的规模效率有所损失。造成规模效率损失的也有两种原因, 分别是规模过大和规模过小造成。如上推算的 $\theta_s < 1$ 时, 并不能区分这两种情况。即无法判定生产是处于规模报酬递增, 还是规模报酬递减阶段, 这样就降低了规模效率分析的作用。为此, Coelli (1996)^[9]提出了非增规模报酬NIRS (Non-increase Returns to Scale) 模型, 即将VRS模型约束条件 $\sum \lambda_i = 1$ 改为 $\sum \lambda_i \leq 1$ 就变成NIRS模型。

当生产单元处于规模无效($\theta_s < 1$)时, 通过比较 θ_s 和 θ_n 就可判别生产所处的规模报酬阶段。 $\theta_s = \theta_n$ 时, 生产处于规模报酬递减阶段; $\theta_s \neq \theta_n$ 时, 生产处于规模报酬递增阶段。

3 变量的选取与说明

本文重点研究城市环境卫生效率, 利用我国省会及计划单列城市作为研究对象, 由于郑州、深圳、成都3个城市部分数据不全, 实际上只列出33个城市, 其中东部地区城市14个、中部地区城市8个、西部地区城市11个。所有数据来自于2005年城市建设

表1 摘要统计量
Table 1: The description of data

变量	说明	均值	最大值	最小值	标准差
X_1 (万平方米)	道路清扫面积	2 647.63	11 002	262	2 372.11
X_2 (万吨)	生活垃圾清运量	132.10	609.70	31	128.50
X_3 (万元)	粪便清运量	31.19	258.30	0.30	61.08
Y_1 (台)	市容环卫专用车辆数	715.15	5 942.00	18.00	1 175.24
Y_2 (人)	从业人员数	8 311.06	38 141.00	1 124.00	7 971.49
观测数		33			

注: 数据来自《中国城市建设年鉴(2005)》。

年鉴, 表1是变量的描述统计量。

4 实证结果

将技术效率分解为纯技术效率与规模效率个乘积, 纯技术效率反映了在现有技术条件下的投入产出水平, 它是一个单位科技水平的综合体现, 在一定的技术条件和相同的投入下,

纯技术效率越高, 产出率越高; 规模效率实际上反映的是城市环境卫生工作管理水平, 它是从规模经济角度分析的, 规模效率呈倒U型曲线。即在规模较小时, 效率较低, 随着规模扩大, 效率升高至最大值; 当规模继续扩大时, 由于管理水平不够, 规模效率又继续降低。

采用Tim Coelli的DEAP2.1软件进行DEA分析, 结果如表2所示。总体上看, 我国城市环境卫生效率不高, 技术效率平均值仅为0.716, 纯技术效率的平均值为0.824, 规模效率的平均值为0.876。在维持现有城市环境卫生工作量(产出)不变的情况下, 从改进幅度看, 环卫专用设备的节约率平均值为30.9%, 劳动力投入的节约率为44.54%。

从纯技术效率看, 有13个城市纯技术效率为1, 分别是北京、天津、沈阳、杭州、合肥、厦门、南昌、广州、南宁、海口、拉萨、西安、银川, 其中东部地区城市7个、中部地区2个、西部地区4个, 考虑到样本分布, 地区间的差别并不明显。纯技术

表2 2004年环境卫生效率分解及其改进
Table 2: Environmental sanitation efficiency decomposes and improves in 2004

序号	城市	技术效率	纯技术效率	规模效率	规模报酬	设备节约100%	人员节约100%
1	北京	1	1	1	-	-	-
2	天津	0.991	1	0.991	drs	-	-
3	石家庄	0.506	0.517	0.978	irs	48.26	58.13
4	太原	0.705	0.775	0.91	drs	23.19	47.71
5	呼和浩特	0.57	0.676	0.843	irs	32.38	32.38
6	沈阳	0.909	1	0.909	drs	-	-
7	大连	0.661	0.74	0.894	drs	26.04	26.04
8	长春	0.708	0.777	0.911	drs	22.34	22.34
9	哈尔滨	0.53	0.596	0.889	drs	40.4	54.88
10	上海	0.609	0.664	0.917	drs	33.55	38.79
11	南京	0.723	0.824	0.878	drs	17.65	84.25
12	杭州	0.803	1	0.803	drs	-	-
13	宁波	0.957	0.966	0.991	drs	3.42	54.75
14	合肥	1	1	1	-	-	-
15	福州	0.621	0.626	0.993	drs	37.42	37.42
16	厦门	1	1	1	-	-	-
17	南昌	1	1	1	-	-	-
18	济南	0.577	0.611	0.944	drs	38.87	58.94
19	青岛	0.61	0.669	0.913	drs	33.13	33.13
20	武汉	0.416	0.892	0.466	drs	47.69	10.81
21	长沙	0.74	0.844	0.876	drs	15.57	15.57
22	广州	0.525	1	0.525	drs	-	-
23	南宁	1	1	1	-	-	-
24	海口	1	1	1	-	-	-
25	重庆	0.617	0.74	0.835	drs	26.05	72.47
26	贵阳	0.942	0.957	0.985	drs	4.34	4.34
27	昆明	0.795	0.814	0.976	drs	18.51	32.06
28	拉萨	0.27	1	0.27	irs	-	-
29	西安	0.77	1	0.77	drs	-	-
30	兰州	0.413	0.419	0.985	irs	58.13	58.13
31	西宁	0.447	0.668	0.67	irs	33.22	90.68
32	银川	0.802	1	0.802	irs	-	-
33	乌鲁木齐	0.417	0.421	0.99	drs	57.93	57.93
	平均值	0.716	0.824	0.876	-	30.90	44.54

效率最低的10个城市全部低于0.7, 分别是兰州、乌鲁木齐、石家庄、哈尔滨、济南、福州、上海、西宁、青岛、呼和浩特。东部地区4个、中部地区2个、西部地区4个, 地区差别同样不明显。

从规模效率看, 有6个城市达到了完全规模有效, 分别是海口、南宁、南昌、厦门、合肥、北京。规模效率低于0.8的城市有5个, 分别是拉萨、武汉、广州、西宁、西安。地区差距不大。


从技术效率看, 技术效率完全有效的城市也是规模效率完全有效的城市, 共6个。技术效率低于0.6的城市共10个, 分别是拉萨、兰州、武汉、乌鲁木齐、西宁、石家庄、广州、哈尔滨、呼和浩特、济南, 东部地区2个, 中部地区3个, 西部地区5个, 西部地区略多。

从规模报酬看, 除6个技术效率完全有效的城市外, 剩下27个城市。其中石家庄、呼和浩特、拉萨、兰州、西宁、银川6个城市处于规模报酬递增阶段, 增加规模可以提高效率, 其他城市全部处于规模报酬递减阶段, 需要减小规模才能提高效率, 其实这并不是缩小城市规模的问题, 实际上是城市规模扩大带来的环境卫生管理体制与模式滞后问题。我国正处于城市化高速发展阶段, 如果

还沿用旧的管理模式, 是不能适应形势发展的。

5 结论与讨论

我国城市市容环境卫生效率总体不高, 其中纯技术效率又略低于规模效率水平, 因此加快环境卫生行业的技术进步具有重要意义。绝大多数城市处于规模报酬递减阶段, 根本原因在于城市环境卫生管理体制问题。从地区差距看, 城市所处的位置及经济发展水平与城市环境卫生工作的效率关系不太大。也就是说, 沿海经济发达地区城市环境卫生工作一样出现低效率, 而中西部经济发达地区一样会出现高效率, 并且这种高效率是在我国目前技术经济及管理水平下可以达到的。政府相关部门应重视环境卫生行业的技术经济分析, 改善目前的管理体制, 努力减少浪费, 提高效率^[10]。

由于数据所限, 本文没有进行城市环境卫生的Malmquist指数分析, 该方法与DEA方法结合, 利用面板数据可以分离出技术进步因素, 从而可以更好地分析出城市环境卫生效率的全貌。

参考文献:

[1] 雷泽辉, 肖文, 李丽桃. 广州市环境卫生规划指标体系及现状评价[J]. 环境卫生工程, 1999(4):

153~157.

[2] 赵爱英. 市政、园林、环保三位一体统计指标体系初探[J]. 上海统计, 2001(9): 15~16.

[3] 吴硕贤, 李劲鹏. 居住区生活与环境质量综合评价[J]. 华南理工大学学报: 自然科学版, 2000(5): 7~12.

[4] 庄宇, 杨新娟, 孙万佛. 环境经济效率的R型因子分析[J]. 环境科学与技术, 2006(3): 66~68.

[5] 孙广生, 冯宗宪, 曾凡银. DEA在评价工业生产环境效率方面的应用[J]. 安徽师范大学学报: 自然科学版, 2006(2): 112~116.

[6] 陈坚, 陈海滨. 拓宽资金渠道, 增强发展实力[J]. 长江建设, 1998(3): 13~14.

[7] Charnes A, Cooper W W, Rhodes E. Measuring the efficiency of decision making units [J]. European Journal of Operational Research, 1978(2): 429-444.

[8] Banker R D, Charnes A, Cooper W W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis [J]. Management Science, 1984, 30(9): 1078-1092.

[9] Coelli T J. A guide to DEAP version 2.1: a data envelopment analysis (computer) program[R]. CEPA Working Paper 1996/8, Department of Econometrics, University of New England, Armidale NSW Australia. 08.

[10] 李冬. 欧洲的城市环境再生及其启示[J]. 生态经济, 2008(1): 147~150.

(上接30页)

6 讨论

这里必须指出, 要想比较准确地反映或测算我国粮食综合生产能力需要获取更多的数据, 建立更复杂的模型, 而由于条件的限制, 本文只选择了影响粮食综合生产能力的两个指标, 而忽视了其他指标对粮食综合生产能力的影

响, 所以以上的测算只能说是一种尝试, 虽然不一定能够准确地反映实际状况, 但也能够从最基本的层面上定量地说明影响粮

参考文献:

[1] 肖海峰, 王姣. 我国粮食综合生产能力影响因素分析[J]. 农业技术经济, 2004(6): 45~49.

[2] 侯锐, 李海鹏. 粮食综合生产能力影响因素实证分析[J]. 商业时代,

2007(5): 7~8.

[3] 李然斐. 我国粮食综合生产能力的影

响分析[D]. 硕士学位论文, 2005(5): 7, 14~18.

[4] 林武. 福建省粮食综合生产能力现状分析[J]. 福建稻麦科技, 2005(12): 8~11.

[5] 王群. 粮食安全的耕地保障分析[J]. 地域研究与开发, 2001, 20(4): 68~71.

[6] 杨国涛, 拜发奎, 艾莉. 利用C-D函数对宁夏农业综合生产能力影响因素进行实证分析[J]. 农业系统科学与综合研究, 2001(5): 103~105.