

1990 年代以来长江三角洲城市土地利用效率研究*

张 兵^{1,2}, 金凤君²

(1. 中国民用航空总局 航空安全技术中心民航发展研究所, 北京 100028; 2. 中国科学院 地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘要:利用 DEA 方法和城市土地结构指数对 1990 年代以来的长江三角洲城市土地利用进行效率评价。研究表明:1990—2000 年,长三角城市土地利用效率稳步提升,2000—2004 年长三角城市土地利用处于持续高效状态,所有城市土地利用效率处于规模递增阶段。在城市土地利用结构中,优化的城市土地利用结构有助于城市效率的提升,未来长三角城市土地利用结构中需要降低工业用地比例,提升行政办公用地和绿地等比例,提高其均衡度。

关键词:长江三角洲;城市土地;DEA;土地利用效率

中图分类号:F293. 2 **文献标志码:**A **文章编号:**1006—7329(2007)05—0038—06

The Study of Efficiency of the Urban Land Utilization in the Yangtze River Delta Since the 1990s

ZHANG Bing^{1,2}, JIN Fengjun¹

(1. Institute of Civil Aviation Development Research of CAST, 10028, China; 2. Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China)

Abstract: This paper uses the DEA method to evaluate the efficiency of the urban land utilization in the Yangtze River Delta since the 1990s, the indexes in the urban land's structure are calculated, to explain the efficiency status. The study result is that: from 1990 to 2000, the efficiency of the urban land utilization was improved gradually; from 2000 to 2004, the efficiency in the Yangtze River Delta cities was standing in high efficiency. The efficiency of the land use is improving with the scale's expanding. In the structure of the city's land, the land structure's equalization will promote efficiency in the city. In the future, the cities in the Yangtze River should decrease the proportion of the industry land, increase the proportion of the administration land and Greenland in order to increase the equalization degree.

Keywords: the Yangtze River Delta; urban land; DEA; the efficiency of the land use

城市经济是国民经济发展的重要的载体,而城市土地是城市经济与社会活动的物质载体,城市土地利用既服务于城市发展,又对城市的各个方面有着重要的影响^[1]。现有的土地利用评价主要包括利用投入产出比、单位 GDP 和容积率等单指标方法和因子分析、AHP 等多指标分析方法^[2]。数据包络分析方法^[3,11] (Decision Making Unit, DEA) 主要通过最

优方法内生确定各种投入要素的权重,避免投入产出之间的具体表达方法,排除了诸多的主观因素,具有与市场价格无关的优点,适合城市内部复杂的经济体和各种要素的投入产出之间的评价,是对单指标和多指标方法的有益的补充和深化。在城市对象的评价中,主要集中在城市经济发展、医疗机构设施、物流园区投资等多方面^[3-7],现有的土地利用效

* 收稿日期:2007-03-10

基金项目:中国科学院知识创新工程重要方向项目资助(KZCX3-SW-353)

作者简介:张兵(1974-),男,湖南醴陵人,博士生,主要从事城市和区域发展研究。

欢迎访问重庆大学期刊网 <http://qks.cqu.edu.cn>

率评价^[8-10],缺乏对城市群进行长时间序列的系统的深入而较细致的分析评价。本文 1990 年代以来城市土地变化最为迅速的长江三角洲地区地级城市为研究目标,利用 DEA 方法进行城市土地利用效率评价,结合土地利用结构关联分析,在此基础上提出适当的措施和建议。

1 方法介绍和指标选择

1.1 方法介绍

DEA 对土地利用经济效率的评价,主要目的在于寻找不同样本土地利用生产集的最小凸锥,边界是土地利用实际生产前沿面,把每个城市土地样本的生产可能性同这个最佳前沿面进行比较,得到不同的城市土地利用效率的测度。实际测评过程中,DEA 是充分利用数学规划模型中比较投入产出的相对效率,将分析结果分成两类:效率有效和无效,计算出效率无效的 DMU 的相对有效性的程度。

模型如下:记某个决策单元 D(本文中为城市土地)的输入指标向量为 $X=(x_1, \dots, x_m)^T$,输出指标向量为 $Y=(y_1, \dots, y_s)^T$,记为 (X, Y) ,用以表示此 DMU 的整个生产活动,于是称集合 $\{(X, Y) \mid \text{产出 } Y \text{ 能用输入 } X \text{ 生产出来}\}$ 为所有可能的生产活动构成的生产可能集,一般假设生产可能满足凸性、锥性、无效性和最小性 4 条公理。

设有 n 个决策单元 $D_j, j=1, \dots, n$ 。 D_j 的输入为 $X=(x_{1j}, \dots, x_{mj})^T$,输出为 $Y=(y_{1j}, \dots, y_{sj})^T$ 。 m 为输入指标数目, n 为输出指标数目。 $x_j \geq 0, y_j \geq 0$, 即其分量非负且至少有一个是正的,有以下基于投入 (IRS) 的 C^2R 模型,主要用于评价 DEA 的总体效率:

$$\begin{cases} \min[\theta - \epsilon(\hat{e}^T s^- + \hat{e}^T s^+)], \\ s. t. \sum_{j=1}^n \lambda_j x_j + s^- = \theta x_0, \sum_{j=1}^n \lambda_j y_j - s^+ = y_0, \\ \lambda_j \geq 0, s^- \geq 0, s^+ \geq 0, \epsilon \text{ 为非阿基米德无穷小}, \\ \hat{e} = (1, \dots, 1)^T \in R^m, e = (1, \dots, 1)^T \in R^n. \end{cases} \quad (1)$$

在 C^2R 模型中, ①当 $\theta=1$ 且 $s^+ = s^- = 0$ 时,则该 DMU 为 DEA 有效,即在原投入 x_0 的基础上获得的产出 y_0 已达到最优; ②当 $\theta=1$ 且 $s^+ \neq 0$ 或 $s^- \neq 0$ 时,则称该 DMU 为 DEA 弱有效,对于投入 x_0 可减少 s^- 保持原产出 y_0 不变或者投入 x_0 不变的情况下可将产出提高 s^+ , ③当 $\theta < 1$ 时,则称该 DMU 为 DEA 无

效,可通过组合将投入降至原投入 x_0 的 θ 比例而保持原产出 y_0 不变。其中:将决策单元中各分量的 s^- 与对应指标分量 x_j 的比值定义为投入冗余率,记为 α_j ,可以反映投入产出之间的相对有效性,它表示该分量指标可节省的比例。同样, $\beta_j = s^+ / y_j, \beta_j$ 记为产出不足率。两个指标用来动态反映整体发展状况和那些需要完善的地方,利于进行分析和比较。

1.2 指标选择

本文重点选取了长三角共 16 个地级市作为研究的决策单元(DMU),考虑到 1990 年代以来行政区划的稳定性,选取市辖区作为研究的范围,在空间上更能反映城市土地实际利用状况,台州市 1994 年开始设立,从 1995 年开始进行评价。其中,投入要素重点反映了在城市土地经济活动的物质资本、人力资本、土地、人口、技术因子,产出要素采用了城市 GDP 和地方财政一般预算内收入作为产出要素。城市 GDP 和财政预算总收入按照所在省区的 GDP 缩减指数进行平滑,使数据具有可比性。物质资本采用了固定资产存量、全年供水总量、全年用电量,技术因子采用从业人口中的 15 岁以上的大学教育完成的比例,时间上采用了 1990、1995、2000、2004 年四个时间断面来表示长三角自 1990 年代以来的城市土地利用效率的变化,数据均来自于 1991—2005 年中国城市统计年鉴。

土地的产出水平并不决定于当期的直接投资,而是基于以往投资形成的资本存量。采用永续盘存法模拟城市的资本存量。首先估计长三角城市在 1990 年的资本存量,即 $K_{90}^i = I_{90}^i / (g^i + \delta)$,其中 I_{90}^i 是 1990 年 I 城市的固定资产投资额, g^i 是城市 1990—2004 年的人均 GDP 增长率, δ 采用 Hall 和 Jones (1999) 年模拟世界 127 个国家资本存量采用的 6% 的折旧率,然后用 $K(t) = K(t-1) + I(t) - \delta K(t-1)$ 模拟出 1991—2004 年间所有年份的名义的资本存量,后用各省 GDP 缩减指数进行平滑,最后得到各年的实际资本存量。

2 长三角城市土地利用的效率现状及其变化

2.1 城市土地利用效率的整体分析

2004 年,长三角 16 个城市土地的投入产出的有

效性评价如下(表 1):

表 1 2004 年长江三角洲主要城市土地利用效率

城市	有效性	建成区 面积	固定资 本存量	投入冗余率/%				产出不足率/%	
				技术 因子	就业 人数	全年 供水量	全年 供电量	GDP	财政预 算收入
上海	1	0	0	0	0	0	0	0	0
南京	0.807	15.17	0	3.14	46.05	29.19	0	0	0
无锡	1	0	0	0	0	0	0	0	0
常州	0.986	0	0	0	0	0	0	0	0
苏州	1	0	0	0	0	0	0	0	0
南通	0.844	4.59	0	27.45	27.88	4.81	10.50	0	0
扬州	1	0	0	0	0	0	0	0	0
镇江	0.830	21.15	0	21.42	39.82	0	11.25	0	20.67
泰州	0.982	0	4.38	5.02	14.24	0	0	0	0
杭州	0.963	10	0	0	30.20	0	0	0	0
宁波	1	0	0	0	0	0	0	0	0
嘉兴	0.720	25.84	38.80	7.20	0	0	6.44	0	0
湖州	0.944	0	32.34	4.87	0	0	11.17	0	17.82
绍兴	0.778	9.76	29.71	0	13.66	0	0	0	0
舟山	1	0	0	0	0	0	0	0	0
台州	1	0	0	0	0	0	0	0	0

在长三角 16 个地级城市中,土地利用完全有效的为 7 个城市,占 43.75%;土地利用整体有效性较高,整体平均水平达到 0.928,其中长三角内江苏城市土地利用有效性整体略高于浙江,其中江苏的 8 个城市平均有效性为 0.931,浙江 7 个城市为 0.915;在长三角内部,城市土地利用效率分异为三个层次,第一个层次:土地利用完全有效,利用效率数值 1,包括 7 个城市:上海、无锡、苏州、扬州、宁波、舟山、台州;第二个层次: $0.8 \leq$ 土地利用效率 < 1 ,土地利用效率较高,主要包括南京、常州、南通、镇江、泰州、杭州、湖州 7 个城市;第三个层次:土地利用比较有效, $0.6 \leq$ 土地利用效率 < 0.8 ,主要包括嘉兴、绍兴,其中嘉兴城市土地利用效率最低,仅为 0.72。在空间分布上,城市土地利用效率的分布并没有体现出效率和规模等级较为显著的线性关系,这和国内学者研究的城市效率等级和规模之间的具有一定的关联不一致^[3],主要原因在于长三角地区一体化程度较高,城市之间的单位面积和单位劳动力投入产出差距并不十分显著所致。

在长三角城市土地利用效率中,土地整体效率虽然较高,但仍然存在较为明显的资源浪费现象。其中,作为江苏省重点高校集中的省会城市,南京目前具有

丰富的人力资源,但是具有 46.05% 的就业人员、15.17% 建成区面积和 29.19% 城市用水量的冗余,同样说明在相同的产出的状况下,在人力资源利用和土地节约、节水等方面南京具有巨大的空间。在其它的城市中,固定资产投资存量的有效利用对城市土地效益具有明显的影响,其中嘉兴(38.8%)、湖州(32.34%)、绍兴(29.71%) 抬升空间显著;镇江(39.83%)、杭州(30.20%)、绍兴(13.66%) 的人力资源利用空间将是未来城市土地效益提升的关键,产出不足率主要集中在镇江(20.67%)和湖州(17.82%) 两个城市;其中绍兴非农化程度加快,城市土地大面积扩张,二三产业产值占据 GDP 的 96%(2004 年),但人口城市化程度相对较低,不足 40%,在城市土地大规模增加的同时,提高劳动力资源的素质将极大地提升整个地区的土地利用效率。

2.2 技术效率和规模效率评价

在 DEA 中,将土地利用效率分为技术效率(TE)和规模效率(SE),技术效率是指在现有规模和投入处置能力下的生产效率,当 TE 为 1 时,表示目前生产技术的完全有效,当 TE 越接近 1,技术效率越有效;当 $se=1$ 表示规模效率有效,说明城市土地处于最佳状

态; $se < 1$ 说明规模效率无效,城市土地规模抑制了城市产出的增加,当规模无效时,可以进一步测评城市土地利用是处于规模报酬递增还是递减阶段。当 SE 和 TE 两者均越来越靠近 1 时,城市的土地技术和规模效率达到最优化,城市土地产出投入比最大化,城市土地表示为不仅是高投入、高产出,还是经济、社会和生态效益的最佳利用方式,这样的城市土地体系了合理的城市布局、优化的城市结构和宜人的人居环境,越来越促使城市土地达到集约利用。技术效率在 DEA 中可以分为 CRS 和 VRS 模型效率,采用两个模型的平均值表示长江三角洲的规模效率和技术效率:

$$TE = 1/2 * (CRS_{TE} + VRS_{TE}) \quad (2)$$

2004 年,长三角城市平均技术效率为 0.955,平均规模效率低于平均技术效率,为 0.942。在城市土地利用效率不为 1 的 9 个城市中,规模效率整体上低于

技术效率,其中南京、镇江技术效率高于规模效率,其中嘉兴的技术效率最低,仅为 0.823,如何提高技术在整个城市中的产业效率,成为未来城市土地利用的关键;在长三角中,南京的技术效率较低,这与其省会地位不相适应;在规模效率中,嘉兴、绍兴的规模效率均低于 0.8,仅 0.779、0.778,城市市辖区的面积远远低于其他城市,规模较小,在整体上大大制约了城市土地利用效率的发挥。将不同的城市进行等级归类,在规模层次和整体利用效率之间显示出较为明显的线性关系,60—80%、80—90%、90%—1、1 的四个城市等级之间的规模平均效率和城市土地利用效率之间的相关性达到 0.93,土地利用规模和土地利用效率拟合较好;在整体规模性上,从 1990—2004 年间,长三角所有的城市均表现出土地利用效率规模递增。

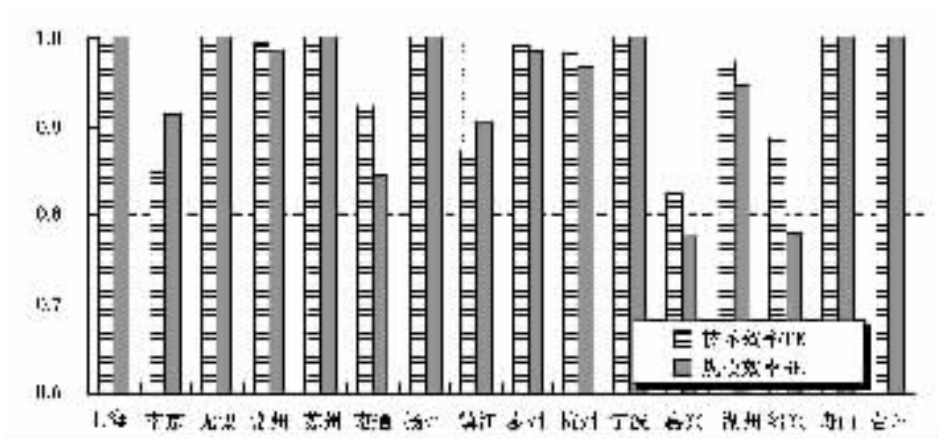


图 1 2004 年长江三角洲城市土地利用效率评价

2.3 城市土地有效性的时空变化

1990—2004 年,长三角地级城市建成区平均面积为 54.1km²(不包括台州)变化为 165.8km²(包含台州),年均增长 8.33%,市辖区平均面积为 539.9km²(不包括台州)增加到 1818.7km²(包含台州),年均增长 7.88%,城市土地处于高速增长状况。对 1990、1995、2000 年不同的时段的长三角城市土地进行 DEA

效益分析,得出 1990 年以来的土地利用整体状况(表 2)。土地利用整体效率由 1990 年的 0.8709→1995 年的 0.8846→2000 年的 0.9209,土地利用效率经历由 1990—1995 年的缓慢提升到 1995—2000 年的快速提高,2000—2004 年稳定高效时期。整体上,20 世纪 19 世纪长三角城市土地利用效率稳步提升,2000 年后城市土地利用效率趋于稳定均衡状态。

表 2 不同年份的长江三角洲城市土地利用效率评价

年份	上海	南京	无锡	常州	苏州	南通	扬州	镇江	泰州	杭州	宁波	嘉兴	湖州	绍兴	舟山	台州	平均值
1990	1	0.673	0.949	0.828	1	0.656	1	0.500	1	0.948	1	0.819	0.690	1	1		0.8709
1995	1	0.850	0.896	0.833	1	0.700	1	0.524	0.742	1	0.922	0.835	0.851	1	1	1	0.8846
2000	1	0.952	0.916	0.679	0.878	0.880	1	0.638	1	1	1	1	1	0.791	1	1	0.9208
2004	1	0.807	1	0.986	1	0.844	1	0.83	0.982	0.963	1	0.72	0.944	0.778	1	1	0.928
平均值	1	0.821	0.940	0.835	0.970	0.740	1	0.623	0.928	0.978	0.981	0.844	0.873	0.868	1	1	

1990 年代以来的长三角城市土地利用效率评价中,可以将 16 个城市分为四类:(1)高效稳定型,其中四个年份中上海、扬州、舟山、台州(缺 1990 年)土地利用效率为 1,宁波、无锡、杭州除个别年份有所波动外,其余一直处于土地利用效率的高位;(2)稳步上升型,主要包括镇江、湖州、嘉兴、南通、苏州,土地利用效率逐步上升;(3)波动起伏型:主要包括南京、泰州、常州,用地效率变化起伏较大;(4)效率下降型:绍兴。在高效稳定型的城市中,舟山和台州一直处于城市土地利用高效,但地均 GDP 较低,2004 年分别只有 1424 和 2927 万元/平方公里,主要由于资本存量和人力资源投入均处于长三角内部的最低水平,其余 5 个城市地均 GDP 为 9056 万元/平方公里,远高于长三角平均水平 6310 万元/平方公里。作为长三角的核心城市,上海土地一直处于高效利用,1990—2004 年,城市市辖区增加 4550 平方公里,地均 GDP 年均增加 506 万元/平方公里,均为长三角最高;而次级中心南京则城市土地利用效率较低,1990—2004 年市辖区增加 3776 平方公里,地均 GDP 仅年增 171 万元/平方公里,增加缓慢,2004 年地均 GDP 仅为 3720 万元/平方公里,远低于平均水平。无锡、南通、宁波、苏州地均 GDP 增加数量处于整个地区的前列,14 年来土地产出稳定高效。绍兴地均 GDP 年均增加速度为 355 万元/平方公里,在整个地区中处于中等水平,保证城市化的质量将成

为土地效率改善的关键。

3 长三角城市土地利用结构对土地利用效率的影响分析

城市土地集约利用是城市整体用地结构的优化和单一地块利用集约化的统一,是土地价值稳定攀升、不断挖掘城市土地使用潜能的动态过程^[2],对土地利用结构分析可以进一步促进土地集约使用,提升土地利用效率。其中,信息熵、均衡度^[13,14]较好的表述了城市土地利用类型的状态和合理程度:

$$\text{信息熵}(H) \quad H = \sum_{i=1}^N (P_i) \ln(P_i) \quad (3)$$

$$\text{均衡度}(J) \quad J = \sum_{i=1}^N (P_i) \ln(P_i) / \ln(N) \quad (4)$$

其中, P_i 为城市中各类土地面积占城市用地面积的百分比, N 为城市土地利用类型数量, i 为第 i 种土地利用类型;城市用地的信息熵反映了用地类型的成熟程度,其中城市规模越大,土地利用程度越高,土地功能越完善,其土地构成差别越小,均衡度越高^[13-14]。

利用 2004 年长三角地区城市市辖区的各类土地利用数据,包括居住、公共设施、工业、仓储、对外交通、道路广场、市政公共设施、绿地和其他用地共 9 类,计算得到长三角城市土地结构指数(表 3),数据来源于 2004 年中国城市建设统计年报。

表 3 2004 年长三角城市土地结构主要指数

城市	上海	南京	无锡	常州	苏州	南通	扬州	镇江	泰州
信息熵	1.6141	1.8545	1.7261	1.9002	1.7383	1.9799	1.7405	1.8366	1.6383
均衡度	0.7346	0.844	0.7856	0.8648	0.7911	0.9011	0.7921	0.8359	0.7456
城市	杭州	宁波	嘉兴	湖州	绍兴	舟山	台州	长三角	
信息熵	1.9457	1.8027	1.8411	1.8211	1.8465	1.873	1.6121	1.8052	
均衡度	0.8855	0.8205	0.8379	0.8288	0.8404	0.8524	0.7337	0.8216	

2004 年,长江三角洲整体信息熵为 1.8052,均衡度为 0.8216。其中,上海的城市土地利用结构信息熵为 1.6141,仅高于台州,原因在于作为我国经济中心,长期以来人口众多,居住用地所占比重较大,产业发展过于重视制造业原因,近年来虽然第三产业快速发展,用地类型均衡化发展有所增大,但是用地格局依然难以根本改变,1995—2004 年信息熵和均衡度仅增加 0.0191、0.0086,变化缓慢。南通、杭州、常州的信息熵分别达到了 1.9457、1.9709、1.9002,用地结构均衡度较

高,为整个地区城市用地的的发展提供了较好的范例。其中杭州作为长三角重要的宜居城市,城市绿地率达到 16.98%,道路广场用地达到了 13.78%,结构优化的同时,保持了地均 GDP 年均 25.45%,仅次于苏州,土地产出效果显著。

2004 年,长江三角洲整体土地利用结构中,居住:工业:对外交通:公共设施用地为 33.41:26.43:9.38:9.34,工业用地的比重大大高于发达国家城市(5—10%)和国外综合性城市(15—17%),而市政公共设施

用地则远远低于国外发达国家城市(20—30%);工业用地比重太高,挤占了商业金融用地的比重,降低了用地的产值;市政公共设施用地过低在一定程度上降低了城市土地的管理绩效,对人居环境具有一定的负面效应,抑制了城市经济、社会、生态的土地集约利用,降低工业用地,提升其他类型土地,促进土地利用均衡度的增加,有助于提升土地利用的效率。

4 结论

1990年代以来,长三角城市土地利用效率整体提升,所有城市处于规模递增阶段,技术改善对土地利用效率的提高贡献更为显著,其中,长三角内部城市土地利用效率变化可以分为稳定高效、稳步上升、波动起伏和效率下降四种类型,未来需要从以下负面进行城市土地利用效率提升:

1)在高效稳定的城市土地利用类型中,在保持上海用地效率的同时,进一步促进其城市整体环境优化;在稳步上升型的城市中,镇江应加大固定资本的投入促进新的规模效应的形成,泰州和湖州需充分利用目前的固定资产投资,提高劳动力资本的效率,提升土地利用的技术效率;舟山和台州改善多要素低投入的状态,扩大技术和规模投入,促进整体实力的提升。

2)在用地效率起伏波动型和效率下降型的城市中,充分利用人力资本优势,促进高新技术产业的大力发展,改善人力资源过于冗余状况,其中以南京尤为突出;南通、嘉兴和绍兴需在快速的城市化过程中,大力提升人口城市化,实行集约型的城市化和高效的工业化和第三产业化,提成城市产出效率。

3)整体上优化土地利用结构,促进城市土地效率的提升。大力降低工业用地的比重,提升市政公共、仓储和绿地等用地,创造良好的城市人居环境;用地比例以居住用地(25—30%)、公共设施用地(10—15%)、工业用地(20—25%)、道路广场用地(5—10%)、市政设施用地(3—5%)、绿地(8—12%)等为较适宜的指标^[15]。

参考文献:

- [1] 刘彦随,邓旭升,甘红.我国城市土地利用态势与优化对策[J].重庆建筑大学学报,2005,27(3):1—4.
- [2] 钱紫华,毛蒋兴.1990年代以来我国城市土地集约利用研究述评[J].中山大学研究生学刊(自然科学,医学版),2005,26(1):37—45.
- [3] 李郁,徐现祥,陈浩辉.20世纪90年代中国城市效率的时空变化[J].地理学报,2005,60(4):615—625.
- [4] 莫剑芳,叶世绮.DEA方法在区域经济发展状况评价中的应用[J].系统工程,2001,19(3):18—21.
- [5] 朱艳科,杨辉耀.广东省各城市经济发展相对效率的DEA评价[J].南方经济,2002,(11):42—44.
- [6] 汤建影,周德群.基于DEA模型的矿业城市经济发展效率评价[J].煤炭学报,2003,28(4):342—347.
- [7] 杨开忠,谢夔.中国城市投入产出有效性的数据包络分析[J].地理学与国土研究,2002,18(3):45—47.
- [8] 汪群芳,李植斌.杭州市土地利用结构与效率研究[J].国土资源科技管理,2005,(4):5—9.
- [9] 王筱明,闫弘文.城市土地利用效率的DEA评价[J].山东农业大学学报(自然科学版),2005,36(4):573—576.
- [10] 郑新奇,王筱明.城镇土地利用结构效率的数据包络分析[J].中国土地科学,2004,18(2):34—39.
- [11] 魏权龄.数据包络分析(DEA)[J].科学通报,2000,45(17):1793—1808.
- [12] 陈彦光,刘明华.城市土地利用结构的熵值定律[J].人文地理,2001,16(4):20—24.
- [13] 赵晶,徐建华,梅安新,等.上海市土地利用结构和形态演变的信息熵与分维分析[J].地理研究,2004,23(2):137—146.
- [14] 耿红,唐旭,马玲.基于信息熵的城市土地利用结构合理性分析[J].国土资源科技管理,2006,(1):84—87.
- [15] 王兰英,田艳霞.中国城市土地利用结构优化研究述评[J].现代城市研究,2004,(1):53—56.

(编辑 陈蓉)