综合研究

2000—2015 年中国城市土地利用效率的时空演化

朱孟珏，庄大昌，张慧霞

（广东财经大学 公共管理学院，广东 广州 510320）

摘　要：[目的] 研究中国 2000—2015 年 282 个地级以上城市的土地利用效率演化特征，为中国资源优化布局和土地利用效率持续提升提供参考。[方法] 采用 VRS-DEA 模型和 GIS 空间分析方法，研究 282 个地级以上城市土地利用效率的演化特征与影响因素。[结果] ①中国城市的土地利用效率处于中低水平。其中，东部城市效率最高，西部城市居次，中部城市最低；城市规模越大，效率越高，增速越快。②土地利用效率由纯技术效率和规模效率共同作用，但纯技术效率贡献力大于规模效率。东部城市和高等级城市更具有纯技术效率的优势。③土地利用效率的影响因素从建成区面积、第三产业从业人员数的投入过量，发展到固定资产投资额、第二产业从业人员数的投入过量。同时，第二产业增加值产出不足的影响显著大于第三产业。[结论] 应针对不同区域、不同规模等级的城市采用差异化的路径来提升土地利用效率，如严格控制超大、特大城市的规模；有针对性的控制大城市规模；加大中等城市和小城市的纯技术要素投入。

关键词：城市土地利用；效率；VRS-DEA 模型；时空演化；中国

文献标识码：A　　**文章编号**：1000-288X(2018)03-0240-08　　**中图分类号**：F293.2

文献参数：朱孟珏，庄大昌，张慧霞. 2000—2015 年中国城市土地利用效率的时空演化[J]. 水土保持通报，2018，38(3)：240-247. DOI：10.13961/j.cnki.stbctb.2018.03.039. Zhu Mengjue, Zhuang Dachang, Zhang Huixia. Spatial-temporal evolution of urban land use efficiency in China during 2000—2015[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2018, 38(3): 240-247.

Spatial-Temporal Evolution of Urban Land Use Efficiency in China During 2000—2015

ZHU Mengjue, ZHUANG Dachang, ZHANG Huixia

(*School of Public Policy and Management, Guangdong University of Finance and Economics, Guangzhou, Guangdong* 510320, *China*)

Abstract: [Objective] This paper studies the evolution of land use efficiency of 282 prefecture-level cities in China from 2000 to 2015 in order to provide a reference for the optimization of resource allocation and the continuous improvement of land use efficiency. [Methods] The VRS-DEA model and GIS spatial analysis method were used to study the evolution characteristics and its influential factors of land use efficiency in 282 prefecture-level cities. [Results] ① The land use efficiency of Chinese cities was at a low level. Among them, the eastern city had the highest efficiency, the western city took the second place, and the central city had the lowest efficiency. The larger of the city, the higher of the efficiency and the faster of the growth rate was. ② The land use efficiency was caused by pure technical and scale efficiency, pure technical efficiency contributed more than the scale efficiency. Eastern cities and high-grade cities had more advantages of pure technical efficiency. ③ Influencing factors of land use efficiency were changed from the built area and the excessive investment of the number of employees in the tertiary industry into the investment in fixed assets and the excessive investment of the number of employees in the secondary industry. At the same time, the impact of the insufficient output value-added of the secondary industry was significantly greater than that of the tertiary industry. [Conclusion] Different solutions need to be used to improve the land use efficiency in different regions and cities at different scales, for example, strictly control the scale of megacities and mega cities, control the scale of large cities in a targeted manner, and increase the investment of pure technical

收稿日期：2017-10-07　　**修回日期**：2017-11-20

资助项目：国家自然科学基金项目“基于城际快速交通的城市区域网络响应与机理研究：以珠江三角洲为例”(41601161)；广东省哲学社会科学规划项目(GD15XSH01)；广东省科技支撑计划(2014A070704014)；广东省教育厅青年创新人才类项目(2015WQNCX040)

第一作者：朱孟珏(1984—)，男(汉族)，江西省赣州市人，博士，讲师，主要研究方向为土地资源管理、城乡规划。E-mail：zhumj2311@163.com。

通讯作者：庄大昌(1968—)，男(汉族)，湖南省桃源县人，博士，教授，主要从事资源环境管理与区域开发研究。E-mail：zhuang-dc@163.com。

efficiency in medium-sized cities and small cities.

Keywords: urban land use; efficiency; VRS-DEA model; spatial-temporal evolution; China

近年来,中国工业化和城镇化快速推进。城市人口的增加、产业的发展客观上加大了用地需求,仅2000—2015 年全国城市建设用地面积就增加了 29 470.44 km^2,城市扩展系数(用地增长率/人口增长率)更是达到 2.27∶1,远超国际上 1.12∶1 的理想系数,城市用地呈现蔓延发展态势。城市土地作为城市经济社会发展和环境建设的空间载体,其利用效率状况对于政府宏观调控政策的制定,以及城市规划、建设与管理的实施都具有重大意义。

国外土地利用效率研究起源于 20 世纪 20 年代的生态区位理论研究,20 世纪 90 年代以来的研究领域包括:一是环境约束和土地碳排放效率研究,如运用环境生产技术构建土地利用模型[1];运用 Super-DEA 模型评估土地利用碳排放效率[2-3]。二是土地利用效率的影响因素研究,如研究社会、政治和政策因素对土地利用效率的影响[4]。三是土地利用效率的管理政策研究,如探讨社会环境政策[5]、土地激励政策[6]对土地利用效率的关联性。国内研究起步较晚,研究视角包括:一是土地利用效率的模型测度研究,如 DEA 模型[7-8]、SBM-Undersirable 模型[9]、熵值法和协调度模型[10]、土地税法模型[11]、脱钩模型[12]、Malmquist 指数[13]等对土地利用效率的测度。二是土地利用类型的效率研究,如宋吉涛等[14]探讨了不同土地利用类型对土地利用效率的影响。三是土地利用的管控策略研究,如对增量供给、存量挖潜、门槛约束、市场交易机制等的探讨[15]。四是土地利用效率与城镇化的协调性研究,如张明斗等[16]研究了城镇化与土地利用效益的协调度;周来友等[17]采用随机前沿生产函数探讨了老龄化与土地利用效率的关系。

综合来看,国外研究偏重土地利用的碳排放效率以及环境政策管理领域,国内研究注重土地利用效率的模型测度与评估。但相关研究对于全国地级城市尺度,尤其是时间序列上的空间演化特征研究相对较少。鉴于此,本文拟以 2000—2015 年地级以上城市为样本,构建土地利用"投入—产出"的经济评价体系,通过 VRS-DEA 模型探讨土地利用效率的时空演化特征,并分析其影响因素。以期为中国资源优化布局和土地利用效率研究提供参考。

1　材料与方法

1.1　指标体系构建

论文以 2000,2005,2010 和 2015 年地级以上城市为研究对象(不含港澳台)。基于城市样本的一致性和可对比性,以 2015 年 295 个地级以上城市为基础进行历史追溯,剔除无法获得历史数据的城市,最终确定 282 个城市作为研究样本(表 1)。

土地利用效率的指标体系从投入指标和产出指标 2 方面构建。投入指标考虑劳动力、土地和资本的因素,选取第二产业从业人员数(万人)(x_1)、第三产业从业人员数(万人)(x_2)、建成区面积(km^2)(x_3)、固定资产投资额(非农户)(亿元)(x_4)4 个指标;产出指标考虑经济效益,选取第二产业增加值(亿元)(y_1)、第三产业增加值(亿元)(y_2)2 个指标。数据来源于《中国城市统计年鉴》《中国城市建设统计年鉴》,均以市辖区为统计范围。同时,为了统一口径和消除价格因素,固定资产投资额(非农户)(亿元)(x_4)、第二产业增加值(亿元)(y_1)、第三产业增加值(亿元)(y_2)3 个指标均换算成 2000 年不变价。

表 1　2000－2015 年研究城市样本统计

城市分类(人口规模)	2000 年			2005 年			2010 年			2015 年		
	东部	中部	西部	东部	中部	西部	东部	中部	西部	东部	中部	西部
超大城市(1 000 万以上)	0	0	0	2	0	0	3	0	0	4	0	1
特大城市(500～1 000 万)	2	0	0	1	0	0	2	1	1	2	1	0
大城市(100～500 万)	21	7	8	27	8	9	33	10	9	38	12	13
中等城市(50～100 万)	30	19	6	41	20	11	45	27	16	47	31	20
小城市(50 万以下)	69	54	66	51	52	60	39	42	54	31	36	46
数量总计	122	80	80	122	80	80	122	80	80	122	80	80

注:①东、中、西部城市的划分基于《中国统计年鉴》的划定标准,东部包括北京、天津、河北、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东、海南、辽宁、吉林和黑龙江 13 省(市)的 122 个城市;中部包括山西、安徽、江西、河南、湖北和湖南 6 省的 80 个城市;西部包括内蒙古、广西、重庆、四川、贵州、云南、西藏、陕西、甘肃、青海、宁夏和新疆 12 省(区、市)的 80 个城市。②城市规模等级的划分基于 2014 年《关于调整城市规模划分标准的通知》的划定标准,2000 和 2005 年采用市辖区非农业人口,2010 和 2015 年采用城区常住人口。

1.2　研究方法

论文主要采用基于 VRS(variable returns to sale,规模效益可变)的 DEA 模型(data envelopment analysis,数据包络分析)。VRS-DEA 模型以生产函数理论

为基础，是一种基于被评价对象间相对比较的非参数技术效率分析方法。该模型假设有 n 个决策单元 $DMU_j(j=1,2,\cdots,n)$，每个 DMU 单元都有 p 个投入要素 $x_i(i=1,2,\cdots,p)$，q 个产出要素 $y_r(r=1,2,\cdots,q)$，当前要评价的单元记为 DMU_k，则计算模型为：

$$\begin{cases}\min[\theta-\varepsilon(s^-+s^+)]\\ \text{s.t.}\sum_{j=1}^{n}\lambda_j x_{ij}+s_i^-=\theta x_{ik}\\ \sum_{j=1}^{n}\lambda_j y_{rj}+s_r^+=y_{rk}\\ \sum_{j=1}^{n}\lambda_j=1\end{cases}\quad(1)$$

$(j=1,2,\cdots,n;\ i=1,2,\cdots,p;\ r=1,2,\cdots,q)$

式中：θ——土地利用效率，最优解 θ^*，$0\leqslant\theta^*\leqslant1$；$\varepsilon$——非阿基米德无穷小；$s_i^-$——第 i 种要素的无效投入量(松弛变量)；s_r^+——第 r 种要素的产出不足量(松弛变量)；s.t.——限制性条件；x_{ik}，y_{rk}——当前正在评价的决策单元；$\sum_{j=1}^{n}\lambda_j=1$——原 DEA 模型基础上的约束性条件，表示规模收益可变。

VRS-DEA 模型可以进一步将土地利用效率细分为规模效率和纯技术效率。规模效率反映了被评价单元由于对投入要素的大规模增加或减少，从而带来了土地利用效率变化；纯技术效率反映了被评价单元由于生产技术和管理理念的变化，投入要素结构发生了优化调整，从而带来土地利用效率变化。一般来说，土地利用的规模收益要先后经历规模报酬递增(IRS)、规模报酬不变(CRS)、规模报酬递减(DRS)这3个阶段。其中，规模报酬递增表示在其他条件不变的情况下，当投入要素增加的比例小于产量增加的比例，产生规模经济；规模报酬不变、递减分别表示生产要素增加的比例等于、大于产量增加的比例。土地利用效率、规模效率、纯技术效率的关系，以及规模报酬情形的判定公式如下：

$$\theta=\theta_T\times\theta_S\quad(2)$$

式中：θ——土地利用效率；θ_T——纯技术效率；θ_S——规模效率；若设 $k=\sum\lambda_j/\theta$，当 $k=1$，该 DMU 单元规模效益不变，规模效率值达最优；当 $k<1$ 或 $k>1$，则该 DMU 单元分别处于规模效益递增或递减阶段。

2 结果与分析

2.1 土地利用效率的演化特征

2000—2015 年 4 个年份城市土地利用效率均值依次为 0.418，0.429，0.447，0.464，说明土地利用实际状况只占最理想状况的 41%～46%，处于中低水平；年均增长率仅为 0.70%，结构调整与效率提升速度缓慢，土地利用仍存在较大提升空间。

2.1.1 空间演化差异 土地利用效率值的空间特征表明(图 1)：①2000 年，东中西三大地带的效率值依次为 0.438，0.405，0.401，到 2015 年调整为 0.532，0.392，0.430，说明东部地区效率值明显高于中西部；中部效率值逐年降低，西部效率值缓慢提升，2005 年后西部效率值高于中部。②基于效率值可将城市分为高效率(0.80～1.00)、中高效率(0.60～0.80)、中等效率(0.40～0.60)、中低效率(0.20～0.40)、低效率(0.20 以下)5 个层次。2000 年，5 个层次的城市数量占比依次为 4.61%，8.51%，32.98%，49.29% 和 4.61%。其中，高效率和中高效率城市以小城市为主(除福州、东莞、大连外)；其他大部分城市(包括北京、上海等特大城市)处于中等效率以下。2005 和 2010 年，高效率城市主要分布在东部(广东、上海、江苏)，其次是西部(内蒙古、新疆)，没有中部城市。2015 年，5 个层次的城市数量依次占 7.10%，11.35%，39.72%，40.43% 和 1.42%，高效率和中高效率城市增多，但中等和中低效率城市仍超过 80%。高效率和中高效率城市集中在长三角、京津冀、珠三角、长江中游、呼包鄂以及大庆、拉萨等零星城市。可能的解释是，在发展初期，北京、上海、广州等经济发达和高等级城市的要素投入较多，超过自身消化能力，效率值普遍低于中、小城市；发展后期，区域经济水平、城市规模对土地利用效率的聚集效应显现，东部高等级城市以及城市群的土地利用效率显著高于其他城市。

2.1.2 规模等级差异 不同城市规模的土地利用效率特征表明(表 2)：①2015 年超大、特大、大、中和小城市的效率值依次为 0.824，0.780，0.558，0.428，0.419，增长率依次为 2.87%，3.17%，0.98%，0.31% 和 0.18%，说明效率值和增值率都具有规模等级递增效应，城市规模越大，整合城市产业资源的能力也越强，促使土地利用效率越高，效率增速也越快。例外的是，超大城市增速略低于特大城市，主要由于重庆市的个案造成。重庆市在 4 个年份的土地利用效率分别为 0.558，0.313，0.338，0.295(其他超大城市在 2015 年均为 1.00)，一直处于中低效率水平。重庆市 1997 年设直辖市，2009 年确定为“国家统筹城乡综合配套改革试验区”，2010 年设立了国家级新区—两江新区，发展速度很快，国家投入了大量资源进行重点开发，固定资产投资额年均增长 30.38%，建成区面积年均增长 11.80%，呈现土地粗放式扩张特征，属于要素驱动型，造成土地利用效率低下。②超大和特大城市效率值依“东—中—西”递减，大城市效率值在

2000—2005 和 2010—2015 分别按“东—中—西”和“东—西—中”递减,中等城市和小城市的效率值则按“东—西—中”递减,与土地利用效率的整体空间演化差异特征相一致。

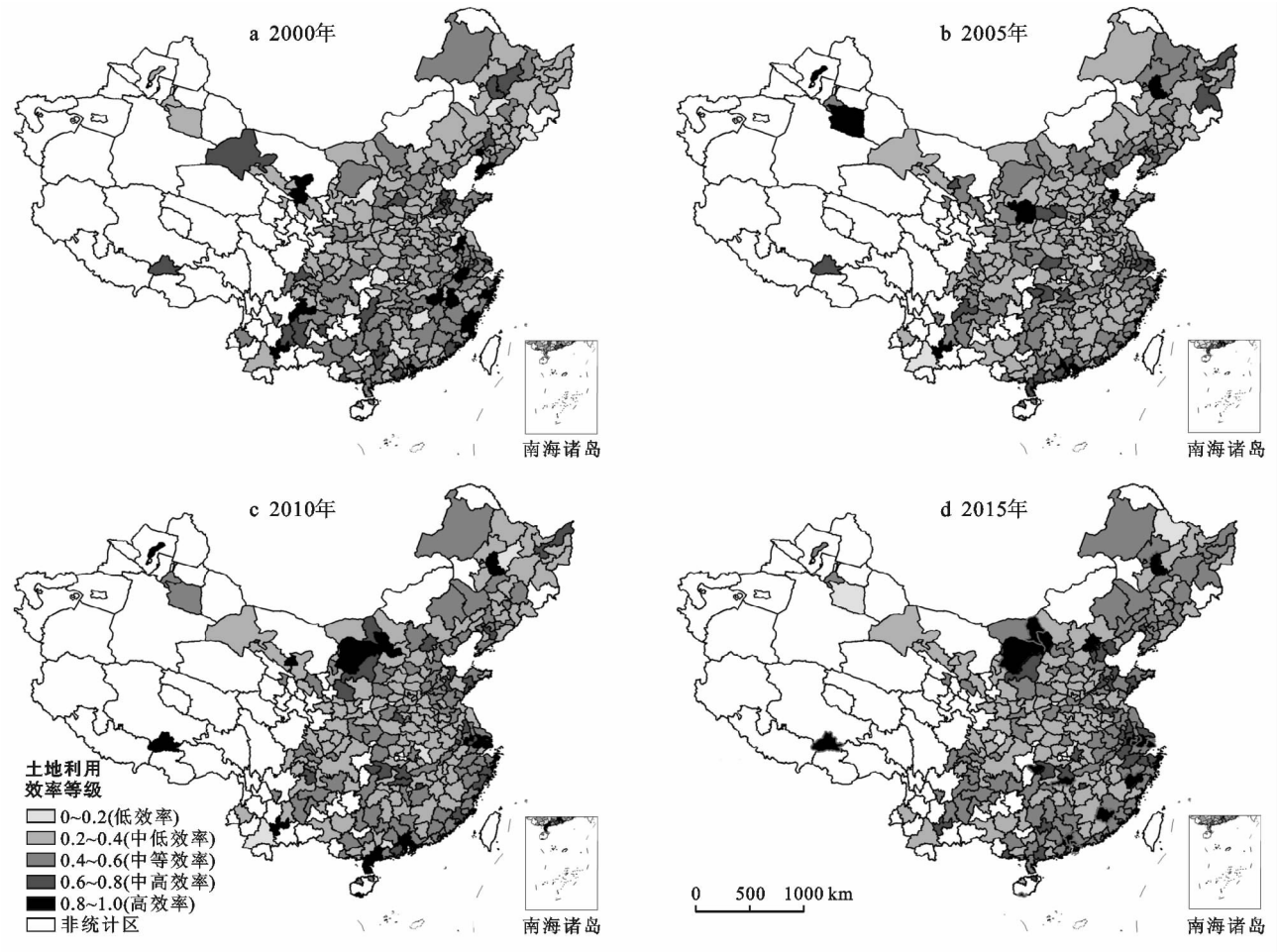


图 1　2000－2015 年中国城市土地利用效率的时空演化

表 2　2000－2015 年中国城市土地利用效率的规模等级差异

地 区	城市规模等级	2000 年		2005 年		2010 年		2015 年	
		等级均值	地区均值	等级均值	地区均值	等级均值	地区均值	等级均值	地区均值
全 国	超大城市			0.621		0.897		0.824	
	特大城市	0.488		0.521		0.574		0.780	
	大城市	0.483	0.418	0.476	0.429	0.531	0.447	0.558	0.464
	中等城市	0.408		0.472		0.430		0.428	
	小城市	0.408		0.394		0.412		0.419	
东部地区	超大城市			0.621		0.897		1.000	
	特大城市	0.488		0.521		0.693		0.789	
	大城市	0.504	0.438	0.520	0.467	0.570	0.495	0.602	0.532
	中等城市	0.450		0.508		0.447		0.471	
	小城市	0.410		0.399		0.446		0.471	
中部地区	超大城市								
	特大城市							0.751	
	大城市	0.471	0.405	0.416	0.390	0.405	0.384	0.435	0.392
	中等城市	0.354		0.407		0.398		0.380	
	小城市	0.414		0.380		0.366		0.379	
西部地区	超大城市							0.295	
	特大城市					0.338			
	大城市	0.437	0.401	0.398	0.410	0.527	0.437	0.546	0.430
	中等城市	0.370		0.457		0.434		0.401	
	小城市	0.400		0.403		0.424		0.414	

注:2000 年等级均值一栏中的空缺项表示该区域在相应年份无超大城/特大城市,下同。

2.2 土地利用效率的指标分解

土地利用效率能大致反映土地利用的整体时空演化，但较难解析其演化原因。VRS-DEA模型可将土地利用效率分解为纯技术效率和规模效率，纯技术效率体现生产技术与城市管理对土地利用效率的贡献，规模效率体现投入要素配置结构对土地利用效率的影响。

2.2.1 纯技术效率的时空演化差异 2000—2015年4个年份的纯技术效率依次为0.458，0.466，0.486，0.497，虽略大于土地利用效率且呈现不断增长态势，但仍处中低水平。从区域空间分布来看，东部纯技术效率最高，西部居次，中部最低，效率值差距逐年拉大。从城市规模等级来看，2015年超大、特大、大、中、小城市的纯技术效率值依次为0.935，0.907，0.578，0.446，0.466(图2)。其中，超大和特大城市属于纯技术高效率区；大城市处于纯技术中等效率区；中小城市效率值较低。纯技术效率大致符合城市规模递增效应，说明高等级城市在先进生产技术和管理方法的获取、现有资源的整合能力上具有明显优势，能够在投入规模不变基础上实现最大产出。

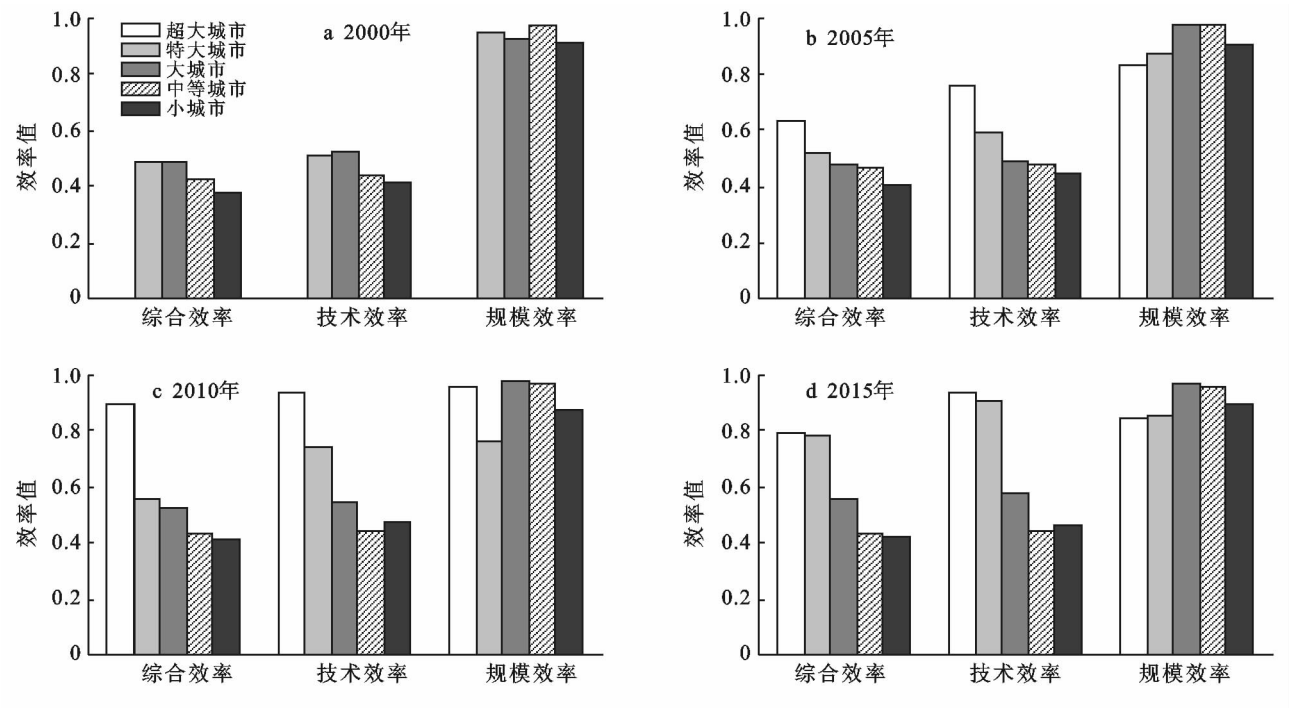


图2 2000－2015年中国城市土地利用效率与分解效率的演化

2.2.2 规模效率的时空演化差异 2000年全国城市处于规模报酬递增、递减和不变的比例分别占47.52%，42.55%和9.93%，到2015年调整为77.30%，15.96%和6.74%，规模报酬递增的城市数量显著上升，递减的城市数量出现下降(表3)。从区域空间分布来看，大部分城市都处于规模报酬递增状态，但中部地区城市比重最高，西部地区居次，东部地区略小于全国平均水平，说明基于规模效率的考虑，应适当控制东部城市的规模，大力发展中部城市的规模，因地制宜适时调整西部城市的规模。从城市规模等级来看，超大和特大城市主要处于规模报酬不变或者递减态势；大城市规模报酬递增和递减的都占有较大比重；中等城市和小城市主要处于规模报酬递增阶段。说明基于规模效率的考虑，应严格控制超大和特大城市的规模，适当调整大城市规模，积极发展中小城市规模。

2.2.3 纯技术效率和规模效率的影响比较 计算土地利用效率(θ)与纯技术效率(θ_T)、规模效率(θ_S)的相关系数，系数越高，分解效率对土地利用效率的解释度越强。

结果表明：2000—2015年4个年份，θ_T 与 θ 的相关系数依次为0.734，0.899，0.884，0.943，θ_S 与 θ 的相关系数依次为0.252，0.144，0.042，0.053，说明纯技术效率对土地利用效率的影响力较大且不断攀升；规模效率对土地利用效率的影响较低且不断下滑；纯技术效率的影响力远大于规模效率，说明规模效率并不是影响土地利用效率的决定性因素，土地利用效率不高很大程度上受到纯技术效率低下的影响；要提高土地利用效率必须要优化调整土地利用的结构，加强提升生产技术与城市管理，而不是一味加强规模性投入。

表 3　2000—2015 年中国城市规模效率的时空演化　　%

区域或城市划分	2000 年			2005 年			2010 年			2015 年		
	IRS	DRS	CRS	IRS	DRS	CRS	IRS	DRS	CRS	IRS	DRS	CRS
全 国	47.52	42.55	9.93	60.64	29.43	9.93	74.47	15.96	9.57	77.30	15.96	6.74
东部地区	42.62	47.54	9.84	58.20	30.33	11.48	72.95	19.67	7.38	70.49	21.31	8.20
中部地区	45.00	43.75	11.25	53.75	33.75	12.50	70.00	17.50	12.50	86.25	8.75	5.00
西部地区	57.50	33.75	8.75	71.25	23.75	5.00	81.25	8.75	10.00	78.75	15.00	6.25
超大城市				0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	25.00	75.00
特大城市	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	75.00	25.00
大城市	2.78	91.67	5.56	27.27	59.09	13.64	44.23	38.46	17.31	39.68	46.03	14.29
中等城市	29.09	65.45	5.45	44.44	43.06	12.50	71.59	15.91	12.50	84.69	12.24	3.06
小城市	61.90	25.93	12.17	77.91	14.11	7.98	91.85	2.96	5.19	97.35	0.00	2.65

注:VRS 模型中,IRS 表示规模报酬递增; DRS 表示规模报酬递减,CRS 表示规模报酬不变; 0.00 表示该类城市在相应年份不存在规模报酬递增、递减或不变情形。

2.3　土地利用效率的影响因子

通过土地利用效率及指标分解分析,中国城市土地利用的效率整体不高,且具有明显的地域差异性和规模差异性,但造成此变化的原因很大程度上是投入要素的无效和产出要素的不足。基于 VRS-DEA 模型的松弛变量,可以分析产出/投入不变状态下指标的冗余情况,得出造成效率差异的影响因素,旨在为土地利用的优化配置路径提供思路。

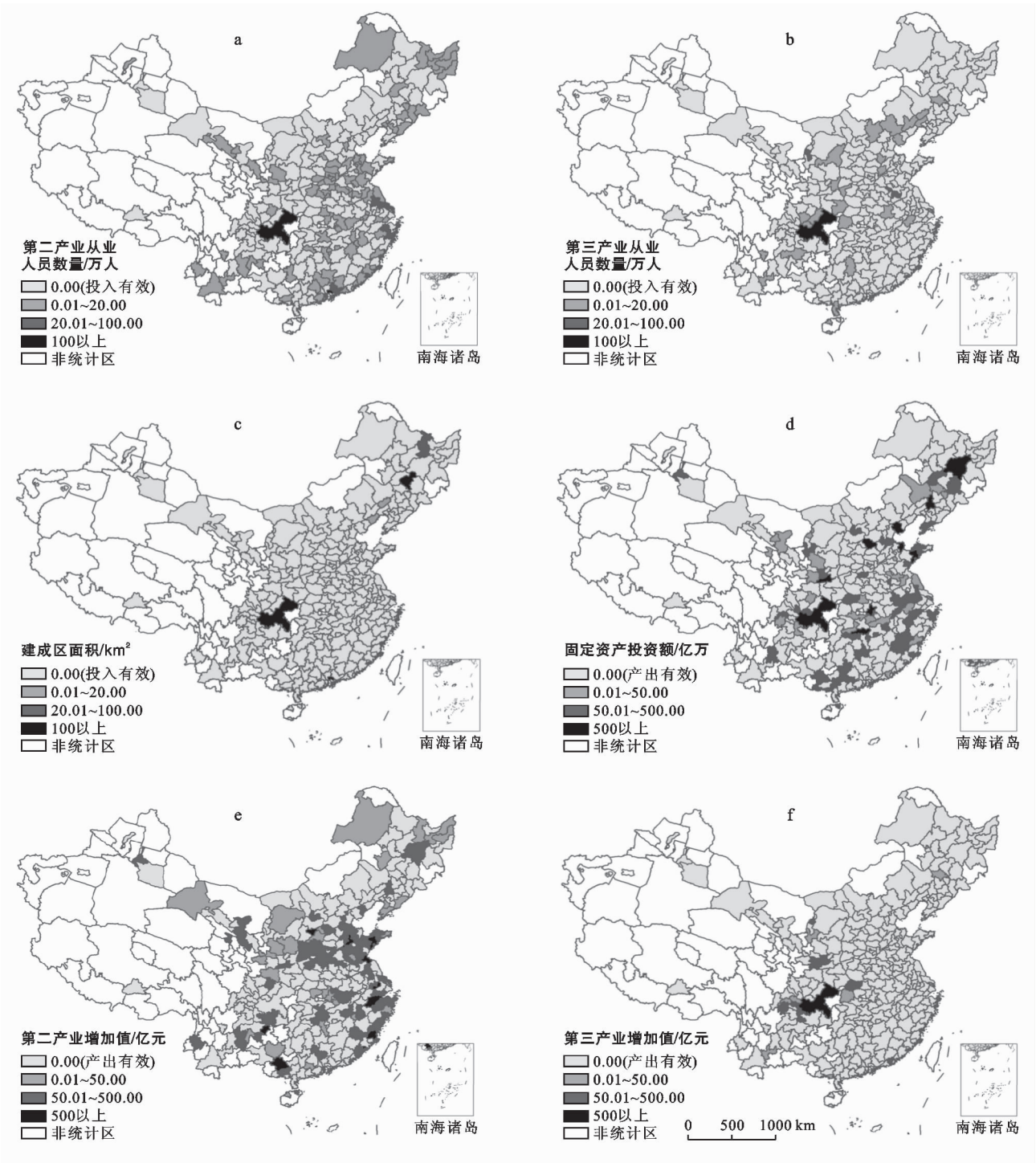
保持产出不变,分析投入要素的冗余度,结果表明(表 4,图 3a—3d):①2000 年,若及时调整投入要素结构,全国可节约第二产业从业人员数(x_1)693 万人、第三产业从业人员数(x_2)1 158 万人、建成区面积(x_3)2 271 km^2,固定资产投资额(x_4)35 亿元。其中,第二产业从业人员数以东部城市投入无效为主;第三产业从人人员数以东部城市、特大和大城市投入无效为主;建成区面积以东、西部城市,大城市和中等城市投入无效为主;固定资产投资额只有少量冗余。②2005和 2010 年,固定资产投资额冗余度升高明显,其余前指标略有降低。③到 2015 年,固定资产投资额冗余度最高(21 219 亿元),全国城市普遍投入无效,高等级城市尤为明显,冗余度超过 500 亿元的如超大城市重庆,特大城市武汉,大城市石家庄、长沙、哈尔滨、西安、沈阳、青岛等;第二产业从业人员数冗余度也较高(1 069 万元),尤以东部大中城市较明显,如超大城市重庆,大城市东莞、南通,中等城市绍兴、扬州等;第三产业从业人员数和建成区面积主要是部分城市投入无效,如特大城市重庆在第三产业从业人员数、建成区面积上冗余过多,长春、东莞、伊春在建成区面积上冗余过多。以重庆为例,各项指标都出现冗余,调整投入结构可节约第二产业从业人员数 263 万人、第三产业从业人员数 267 万人、建成区面积 331 km^2,固定资产投资额 3 793 亿元。

以上特征的可能解释是:2000 年以来,城市间人口迁移加剧,开发区、城市新区的建设使得建成区面积急剧扩张,要素投入过多超过了当时城市自身的消化能力,土地转化能力减弱,冗余量增多;随着管理方法、生产技术等纯技术效率的提升,冗余量减少;同时,纯技术效率提升也使劳动密集型产业投入过量,第二产业从业人数、固定资产投资额投入无效的情形。

表 4　2000—2015 年中国城市产出不变情况下投入指标的冗余度分析

区域或城市划分	2000 年				2005 年				2010 年				2015 年			
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_1	x_2	x_3	x_4	x_1	x_2	x_3	x_4	x_1	x_2	x_3	x_4
全 国	693	1 158	2 271	35	284	328	1 243	221	360	57	1 111	6 522	1 069	363	835	21 219
东部地区	426	798	1 396	32	211	212	1 034	204	289	37	608	3 396	635	30	505	8 780
中部地区	137	164	295	0	38	56	135	0	62	7	37	2 150	134	35	0	5 736
西部地区	130	196	579	3	35	60	74	18	9	13	466	977	300	298	331	6 703
超大城市					7	127	491	0	0	20	120	0	263	267	331	3 793
特大城市	118	394	140	0	0	12	0	0	0	0	533	256	0	0	0	1 414
大城市	292	490	1 381	0	87	122	406	64	137	15	292	4 390	350	36	398	10 022
中等城市	139	123	472	29	87	41	220	22	133	12	113	667	304	17	93	3 157
小城市	143	151	277	6	103	27	125	136	91	9	54	1 210	152	43	13	2 832

注:x_1,x_2,x_3,x_4 分别表示第二产业从业人员数(万人)、第三产业从业人员数(万人)、建成区面积(km^2)、固定资产投资额(亿元); 冗余度越大说明在产出不变情况下,可节约投入要素越多; 0 表示投入有效无冗余,下同。



注:a—d 冗余度表示产出不变情况可节约的要素;e—f 冗余度表示投入不变情况可增加的产出。冗余为 0 即投入/产出有效。

图 3 2015 年中国城市土地利用效率的投入产出冗余度

保持投入不变,分析产出要素的冗余度,结果表明(表 5,图 3e—3f):2000 年,若加强生产技术,全国可增加第二产业增加值(y_1)905 亿元、第三产业增加值(y_2)267 亿元。到 2015 年,第二产业增加值的冗余度较高(21 157 亿元),全国城市普遍产出效益不足,冗余量超过 500 亿元的包括福州、贵阳、杭州、济南、南宁、厦门、青岛、无锡和太原等大城市。相对来说,第三产业增加值冗余度(产出不足)不高,主要集中在重庆、四川和陕西。基于对投入产出要素的冗余度分析,不同区域、不同规模等级的土地利用效率具有不同的影响因子,应制定差异化路径提振土地利用效率。在投入层面上,应适当调整对东部地区城市,超大、特大和大城市的固定资产投资额倾斜政策,加强对中、西部地区城市和中小城市的投入力度;调整东、西部地区城市和大、中城市的第二产业从业人员数的投入,裁撤冗余;适度控制东北和西部地区建设

用地面积,西南地区超大城市、小城市的第三产业从业人员数。从产出层面上,应提升东部地区大城市的第二产业生产效率,加强西部地区城市第三产业科技含量,提高产出转换能力。

表 5　2000－2015 年投入不变情况下产出指标的冗余度分析

区域或城市划分	2000 年		2005 年		2010 年		2015 年	
	y_1	y_2	y_1	y_2	y_1	y_2	y_1	y_2
全国	905	267	1 385	1 809	6 826	2 423	21 157	2 293
东部地区	457	244	1 036	1 807	3 672	1 104	12 510	99
中部地区	272	0	222	0	1 282	71	4 544	125
西部地区	176	23	127	1	1 872	1 248	4 103	2 070
超大城市			179	1 014	0	0	0	1 350
特大城市	169	159	0	461	173	1 294	45	0
大城市	185	0	707	109	5 694	366	14 233	80
中等城市	365	78	376	196	363	435	4 097	663
小城市	186	30	124	28	596	328	2 782	201

注:y_1,y_2 分别表示第二产业增加值(亿元)、第三产业增加值(亿元);相关数据越大,说明在投入不变情况下,可增加的产出要素越多。

3　结 论

论文采用 VRS-DEA 模型,分析了 2000—2015 年中国城市土地利用效率的时空演化特征,并探讨了效率的影响因素。研究表明:①2000—2015 年中国城市的土地利用效率整体较低,全国实际投入产出状况只占到最理想前沿面的 41%～46%,超过 80%的城市仍处于中等和中低效率水平,土地利用存在不经济现象,有较大提升空间。高效率的城市主要集中在长三角、京津冀、珠三角、长江中游、呼包鄂等区域。②土地利用效率水平由纯技术效率和规模效率共同作用影响。纯技术效率贡献作用大于规模效率,高等级城市具有纯技术效率优势且普遍处于规模报酬不变或递减阶段,低等级城市大多处于规模报酬递增阶段。③要素投入无效和产出不足是造成土地利用效率持续不高的重要原因。在投入方面,影响因素从建成区面积、第三产业从业人员数的投入无效为主,过渡到固定资产投资额、第二产业从业人员数投入无效为主。在产出方面,第二产业增加值产出不足的影响显著大于第三产业。不同区域、不同规模等级土地利用效率的影响因子各有差异。

基于土地利用效率的分析,需要采用差异化的路径来提升土地利用效率。超大、特大城市具有纯技术效率高的优势和规模报酬不变或递减的不足,应严格控制其城市规模;大城市具有规模报酬递增和递减参半的特征,应采取有针对性的控制措施;中小城市具有规模报酬递增优势和纯技术效率不高劣势,应适当增大规模并加强生产管理技术等纯技术要素的投入。具体而言,在投入层面上,应适当调整对东部地区城市超大、特大和大城市的固定资产投资额倾斜政策,加强对中、西部地区城市和中小城市的投入力度;调整东、西部地区城市和大、中城市的第二产业从业人员数的投入,裁撤冗余;适度控制东北和西部地区建设用地面积,西南地区超大城市、小城市的第三产业从业人员数。从产出层面上,应提升东部地区大城市的第二产业生产效率,加强西部地区城市第三产业科技含量,提高产出转换能力。

需要指出的是,VRS-DEA 模型采用最优解方案确定了投入要素间的权重,有效规避了主观因素的影响,对于土地利用效率评价具有独特优势。但是不足的是,不同城市具有不同的性质与职能,用有限的指标、相同的理想前沿面来衡量所有城市的土地投入产出有效性具有一定局限性,有待今后从指标构建、土地利用类型等方面进行优化完善。

[参 考 文 献]

[1] Miao Jianjun, Zhu Lin. Research on efficiency measurement of urban land-use in China[J]. Academic Journal of Interdisciplinary Studies, 2013,2(9):248-254.

[2] Deilman C, Lehmann I, Reibmann D, et al. Data envelopment analysis of cities: Investigation of the ecological and efficiency of cities using a benchmarking concept from production management[J]. Ecological Indicators, 2016,67(1):798-806.

[3] Rinanti A, Dewti K, Kardena E, et al. Biotechnology carbon capture and storage(CCS) by mix-culture green microalgae to enhancing carbon uptake rate and carbon dioxide removal efficiency with variation aeration rates in closed system photobioreactor[J]. Jurnal Teknologi, 2014,69(6):93-99.

(下转第 255 页)

遥感数据的高寒草地盖度动态变化监测研究:以黄河源东部地区为例[J]. 草业学报,2017,26(3):1-12.

[16] 黄强,赵冠南,郭志辉,等. 塔里木河干流水资源优化配置研究[J]. 水力发电学报,2015,34(4):38-46.

[17] 邓晓雅,杨志峰,龙爱华. 基于流域水资源合理配置的塔里木河流域生态调度研究[J]. 冰川冻土,2013,35(6):1600-1609.

[18] 罗敏,古丽·加帕尔,郭浩,等. 2000—2013 年塔里木河流域生长季 NDVI 时空变化特征及其影响因素分析[J]. 自然资源学报,2017,32(1):50-63.

[19] 白元,徐海量,凌红波,等. 塔里木河干流区天然植被的空间分布及生态需水[J]. 中国沙漠,2014,34(5):1410-1416.

[20] 刘新华,徐海量,凌红波,等. 塔里木河下游生态需水估算[J]. 中国沙漠,2013,33(4):1198-1205.

[21] Mu Qiaozhen, Zhao Maosheng, Running S W. Improvements to a MODIS global terrestrial evapotranspiration algorithm[J]. Remote Sensing of Environment, 2011,115((8):1781-1800.

[22] 李红军,郑力,雷玉平,等. 基于 EOS/MODIS 数据的 NDVI 与 EVI 比较研究[J]. 地理科学进展,2007,26(1):26-32.

[23] 林金堂,冯学智,肖鹏峰,等基于 MDOIS 数据的玛纳斯河山区雪盖年际波动特征研究[J]. 干旱区地理,2011,34(6) 975-982.

[24] 潘彬,韩美,倪娟. 黄河下游近 50 a 径流量变化特征及影响因素[J]. 水土保持研究,2017,24(1):122-127.

[25] 闫俊杰,闫敏,崔东,等. 近 55 a 新疆伊犁河谷气温和降水变化趋势分析[J]. 水电能源科学,2017,35(10):13-16,12.

[26] 袁国富,罗毅,邵明安,等. 塔里木河下游荒漠河岸林蒸散规律及其关键控制机制[J]. 中国科学:地球科学,2015,45(5):695-706.

[27] 张巧凤,刘桂香,于红博,等. 基于 MOD16 A2 的锡林郭勒草原近 14 a 的蒸散发时空动态[J]. 草地学报,2016,24(2):286-293.

[28] 赵燊,陈少辉. 基于台站和 MOD16 数据的山东省蒸散及潜在蒸散时空变化[J]. 地理科学进展,2017,36(8):1040-1047.

[29] 代超. 气候变化和人类活动对塔里木河流域蒸散发影响分析[D]. 北京:清华大学,2015.

[30] 蹇东南,李修仓,陶辉,等. 基于互补相关理论的塔里木河流域实际蒸散发时空变化及影响因素分析[J]. 冰川冻土,2016,38(3):750-760.

[31] 刘波,肖子牛,马柱国. 中国不同干湿区蒸发皿蒸发和实际蒸发之间关系的研究[J]. 高原气象,2010,29(3):629-636.

[32] 郭辉. 2000—2013 年塔里木河干流植被覆盖度时空变化特征及影响因子分析[D]. 北京:中国科学院大学,2016.

[33] 张沛,徐海量,杜清,等. 基于 RS 和 GIS 的塔里木河干流生态环境状况评价[J]. 干旱区研究,2017,34(2):416-422.

(上接第 247 页)

[4] Sui Dianzhi. GIS-based urban modeling: Practices, problems and prospects[J]. International Journal of Geographical Information Science, 1998,12(7):651-671.

[5] Verburg P H, Berkel D B V, Doorn A M V, et al. Trajectories of land use change in Europe: A model-base exploration of rural futures[J]. Landscape Ecology, 2010,25(2):217-232.

[6] Langpap C, Hascic I, Wu Junjie. Protecting watershed ecosystems through targeted local land use policies[J]. American Journal of Agricultural Economics, 2008,90(3):684-700.

[7] 吴得文,毛汉英,张小雷,等. 中国城市土地利用效率评价[J]. 地理学报,2011,66(8):1111-1121.

[8] 梁流涛,赵庆良,陈聪. 中国城市土地利用效率空间分异特征及优化路径分析:基于 287 个地级以上城市的实证研究[J]. 中国土地科学,2013,27(7):48-54.

[9] 杨清可,段学军,叶磊,等. 基于 SBM-Undesirable 模型的城市土地利用效率评价:以长三角地区 16 城市为例[J]. 资源科学,2014,36(4):712-721.

[10] 王雨晴,宋戈. 城市土地利用综合效益评价与案例研究[J]. 地理科学,2006,26(6):7143-7148.

[11] 孟成,卢新海,彭明军,等. 基于土地税收的土地利用效率计算方法研究[J]. 中国土地科学,2016,30(7):56-63.

[12] 黄和平,彭小琳. 脱钩视角下城市土地利用效率变化与提升策略:以南昌市为例[J]. 资源科学,2016,38(3):493-500.

[13] 崔玮,苗建军,杨晶. 基于碳排放约束的城市非农用地生态效率及影响因素分析[J]. 中国人口·资源与环境,2013,23(7):63-69.

[14] 宋吉涛,宋吉强,宋敦江. 城市土地利用结构相对效率的判别性分析[J]. 中国土地科学,2006,20(6):9-15.

[15] 冯广京,朱道林,林坚,等. 2016 年土地科学研究重点进展评述及 2017 年展望[J]. 中国土地科学,2017,31(1):3-20.

[16] 张明斗,莫冬燕. 城市土地利用效益与城市化的耦合协调性分析:以东北三省 34 个地级市为例[J]. 资源科学,2014,36(1):8-16.

[17] 周来友,仇童伟,周冬,等. 丘陵山区劳动力老龄化对土地利用效率的影响:基于直接效应和间接效应的识别[J]. 中国土地科学,2015,29(10):35-41.