

DOI:10.13869/j.cnki.rswc.2024.06.023.

杨清可, 王磊, 赵金丽, 等. 基于 SFA 模型的城市土地利用效率评价与开发潜力提升研究[J]. 水土保持研究, 2024, 31(6): 328-335, 343.

Yang Qingke, Wang Lei, Zhao Jinli, et al. Evaluation of Land Use Efficiency and the Promotion of Development Potential in Yangtze River Delta Using SFA Model[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2024, 31(6): 328-335, 343.

基于 SFA 模型的城市土地利用效率评价与 开发潜力提升研究

杨清可¹, 王磊², 赵金丽³, 李颖¹, 朱高立¹, 王雅竹²

(1.南京财经大学 公共管理学院, 南京 210023;

2.中国科学院 南京地理与湖泊研究所, 南京 210008; 3.山东师范大学 地理与环境学院, 济南 250358)

摘要: [目的]揭示城市土地利用效率评价与开发潜力情况,为推进长三角地区城市土地高效集约利用提供科学依据。[方法]以长三角地区为考察对象,构建 SFA 模型评估城市土地利用效率,并测算了土地开发潜力。[结果](1) 城市土地利用效率逐年上升,区域间效率差距扩大,从 2005 年的 0.357 升至 2020 年的 0.478。空间分布上,“核心—外围”布局特征明显,沪宁杭等核心城市效率值较高,低值区分布于苏中的南通、扬州与浙北的舟山、台州等外围城市,呈现“大集聚—小分散”的分异特点,效率布局的非均衡趋势明显。(2) 长三角地区土地集约潜力规模逐年上升,从 2005 年的 1 183.2 km²增至 2020 年的 2 590.8 km²,而土地集约潜力占比从 2005 年的 66.18%降至 2020 年的 59.00%。城市土地集约利用规模分级与占比分级表现出相异的变化规律,从不同视角共同揭示土地开发潜力的时空演变特征。(3) 城市土地产出增加潜力规模在时间纵向轴上不断扩大,而土地产出增加潜力占比不断下降,从 2005 年的 239.91%降至 2020 年的 171.75%,其中上海、杭州等城市资本投入比重高、劳动力配置相对合理,土地利用集约程度高,产出增加占比降幅仅有 30%。[结论]研究期间长三角地区城市土地利用效率逐年升高,土地集约潜力规模和比例也不断上升,这为明确城市经济内涵式发展提供了现实路径,也为城市土地高效利用、潜力挖掘提供了新方法。

关键词: 随机前沿分析; 土地利用效率; 土地开发潜力; 长三角地区

中图分类号: P964; F301

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2024)06-0328-08

Evaluation of Land Use Efficiency and the Promotion of Development Potential in Yangtze River Delta Using SFA Model

Yang Qingke¹, Wang Lei², Zhao Jinli³, Li Ying¹, Zhu Gaoli¹, Wang Yazhu²

(1.School of Public Administration, Nanjing University of Finance & Economics, Nanjing 210023, China;

2.Nanjing Institute of Geography and Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China;

3. College of Geography and Environment, Shandong Normal University, Jinan 250358, China)

Abstract: [Objective] The aims of this study are to reveal the evaluation and development potential of urban land use efficiency, and to provide scientific basis for promoting efficient and intensive use of urban land in the Yangtze River Delta region. [Methods] The Yangtze River Delta region was used as the research object. An SFA model was construct to evaluate urban land use efficiency and calculate land development potential. [Results] (1) During the research period, the land use efficiency of cities in the Yangtze River Delta increased year by year, and the efficiency gap between regions increased from 0.357 in 2000 to 0.478 in 2020. In terms of spatial distribution, ‘core periphery’ layout features were obvious, and the core cities such as

收稿日期: 2023-11-28

修回日期: 2023-12-20

资助项目: 国家自然科学基金(42371191, 42101163, 42201317); 中国科学院南京地理与湖泊研究所自主部署项目(NIGLAS2022GS06); 南京财经大学校级科研课题一般项目(XKYC3202404)

第一作者: 杨清可(1988—), 男, 山东滕州人, 博士, 讲师, 主要从事区域规划与土地利用研究。E-mail: yangqingke66@163.com

通信作者: 王磊(1984—), 男, 河南信阳人, 博士, 研究员, 主要从事城市空间结构与区域规划研究。E-mail: wanglei@niglas.ac.cn

<http://stbcyj.paperonce.org>

Shanghai, Nanjing and Hangzhou had higher efficiency values. Low value areas were distributed in Nantong, Yangzhou, Zhoushan, Taizhou and other marginal cities in the middle of Jiangsu Province, showing the differentiation feature of ‘large agglomeration and small dispersion’. At the same time, the unbalanced development trend of efficiency layout was significant. (2) The scale of land intensive potential in the Yangtze River Delta had increased year by year, from 1 183.2 km² in 2000 to 2 590.8 km² in 2020, while the proportion of land intensive potential had decreased from 66.18% in 2000 to 59.00% in 2020. The scale classification and proportion classification of urban land intensive use showed different rules of change, and revealed the space-time evolution characteristics of land development potential from different perspectives. (3) The scale of potential increase of urban land output had been expanding in the vertical time axis, while the proportion of potential increase of land output in 16 cities had been declining, from 239.91% in 2000 to 171.75% in 2020. Among them, capital investment and labor allocation in Shanghai, Hangzhou and other central cities were relatively reasonable, land use intensity was high, and the proportion of output increase was only 30%. [Conclusion] During the research period, land use efficiency in Yangtze River Delta region had been increasing year by year, and the scale and proportion of land intensive potential had also been continuously increasing, which can provide a practical path for clarifying the connotation of urban economic development, and also provide new methods for efficient use and potential exploration of urban land.

Keywords: stochastic frontier analysis; land use efficiency; land development potential; Yangtze River Delta

城市土地在地域形态上的空间扩张是中国快速城市化和工业化的直接体现形式,开发用地的有限性与供给端上的稀缺性阻碍了经济的可持续增长,要求人们对土地资源合理开发与集约利用,推动城市高质量发展^[1]。随着工业化和城镇化进程的深度进行,建设用地需求急剧膨胀,土地粗放扩张和低水平开发问题突出,对城市发展的约束作用日益显现^[2]。尤其对于东部沿海城镇密集的长三角地区,城市用地空间无序扩张,大量农用地和生态用地被侵占,并以4%~5%的速度逐年递减^[3-4]。自然资源部提出“严控增量、盘活存量、优化结构、提高效率”的土地利用方针,通过划定城市增长边界、永久基本农田、生态保护红线来限制城市盲目扩张,提高城市土地集约化程度^[5-6]。因此,城市土地利用的效率提升与潜力挖掘成为促进可持续发展和人居环境改善的内在要求。

国外学者对城市土地利用效率与潜力提升问题研究较早,关注焦点从总结土地开发空间演变规律到解析城市土地利用结构、开发强度变化过程中的影响机理,从尊崇土地供给自由的市场运作方式逐步转向对土地开发的精明管控^[7]。考虑到城市土地利用的负外部性的溢出与集约利用的需要,政府开始制定各种增长控制或开发管理规范,运用国土空间规划、土地利用政策等集体干预方式促进城市集约开发,最大限度发挥土地资源要素集聚效益^[8]。近年来研究开始转向城市土地空间布局优化、土地资源承载力评价,以及协调土地开发与潜力提升的关系^[9-11]。当前

国内学者的研究重点聚焦在以下方面:首先,研究内容丰富,对不同土地利用方式的研究,如建设用地效率、村庄土地效率,还开展绿色开发效率、生态利用效率等评价^[12-14],并基于此探寻土地利用潜力提升的途径^[15]。其次,研究尺度多维,选取全国、省域和城市等不同空间尺度为对象,对土地利用效率的影响因素、空间关联与溢出效应开展探究^[16-17],解析尺度转换过程中土地集约利用与潜力挖掘的驱动因子^[18]。最后,研究方法多元,从早期定性描述土地政策、分析土地利用形势,后又随着“3S”(Remote sensing, RS; Geography information systems, GIS; Global positioning systems, GPS)与空间分析技术的发展引入定量模型,其中数据包络分析(Data Envelopment Analysis, DEA)和随机前沿分析(Stochastic Frontier Analysis, SFA)两种模型最为经典^[19-20]。前者为非参数模型,运用线性规划方法确定有效前沿面,无需确定函数关系和主观赋权,通过数学过程对决策单元相对利用效率进行评价;后者为参数方法,考虑外部环境随机误差等不可控因素,选取生产函数评价对象的绝对效率,规避DEA模型测算结果偏差^[21-22]。目前SFA方法主要应用于评价经济发展与工业生产的技术效率,分析视角多是基于技术效率测算,对区域城市土地集约利用潜力展开评价^[23]。

总体来看,已有成果从内容、尺度、方法等多元视角拓展了效率测算与潜力提升评价的分析思路,但是多从研究利用效率的方法出发,侧重于进行土地利用

效率的分异特征的现状说明,分析结果可比性较差、难以反映城市发展动态变化,未能实现利用效率测算与提升潜力评价研究间的沟通与互动。鉴于此,本文以长三角地区为例,运用 SFA 模型测算城市土地利用效率,从绝对规模与相对比例等两个方面对土地集约和产出潜力进行评价,明确城市土地利用效率的提升路径,为土地高效利用、潜力挖掘提供新视角。

1 研究方法 with 数据来源

1.1 SFA 效率评价模型

SFA 模型是由 Meeusen^[24] 和 Aigner^[25] 等提出对效率进行定量测算的经典工具,Battese 等^[20] 对模型进行改进,增加了时变系数,有效处理面板数据,对多投入单产出方程的结果参数和方案可行性开展检验,提高测算结果的精确度。因此,考虑投入产出方程中随机冲击因素和利用无效率的影响,根据 C-D 生产函数的对数形式变形来构建 SFA 效率评价模型:

$$\ln(Y_{it}) = \beta_{0t} + \beta_{1t} \ln(F_{it}) + \beta_{2t} \ln(K_{it}) + \beta_{3t} \ln(L_{it}) + \nu_{it} - \mu_{it} \quad (1)$$

式中: Y_{it} 为单位城市土地面积经济产出; F_{it} 为单位面积非农从业人口; K_{it} 为单位面积资本存量; L_{it} 为城市建设用地面积; β_{0t} 为方程截距项; β_{1t} , β_{2t} , β_{3t} 分别为劳动力、资本和土地的产出弹性系数; ν_{it} 和 μ_{it} 为随机扰动项, ν_{it} 独立且服从正态分布, μ_{it} 独立且服从非负截断正态分布,反映了城市土地利用无效率程度; i, t 分别表示城市与时期。

首先,根据公式(1)进行变形得到城市土地利用效率的评价方法:

$$LUE = \exp(-\mu_{it}) \quad (2)$$

式中:LUE 为城市土地利用效率,其中 $\mu_{it} \geq 0$, $0 < LUE \leq 1$ 。

其次,定量描述时间因素对土地利用无效率项 μ_{it} 的影响:

$$\mu_{it} = \exp[-\eta \times (t - T)] \times \mu_i \quad (3)$$

式中: η 为时变系数,表征城市土地利用效率变化幅度。当 $\eta > 0$,土地利用效率增大;若 $\eta < 0$,效率逐渐减小;若 $\eta = 0$,则土地利用效率变化不受时间因素影响。

最后,对通过 SFA 模型得到的参数估计值开展稳定性与显著性检验:

$$LR = -2[\ln L(H_0) - \ln L(H_1)] \quad (4)$$

式中:LR 为广义似然比检验; H_0 和 H_1 为 LR 检验中的原假设与备择假设; $L(H_0)$ 和 $L(H_1)$ 分别为 SFA 模型含有约束条件与不含约束条件的似然函数值。在原假设成立的情况下,检验统计量服从混合卡方分布,即 $LR \sim \chi^2_{1-\alpha}(k)$ 。其中, α 为显著性水平,自由度

k 为受约束变量个数。

$$\gamma = \frac{\sigma_\mu^2}{\sigma_\mu^2 + \sigma_\nu^2} \quad (5)$$

式中: γ 为 SFA 模型运行结果中误差项结构变化情况,取值范围为 $[0, 1]$,其值越大,说明无效率项占总误差的比重越高。 σ_μ^2 , σ_ν^2 分别为无效率项和运算噪声的误差。

1.2 开发潜力评价方法

就城市土地而言,潜力改善的大小由效率变化决定,土地集约潜力和产出增加潜力是城市土地开发潜力提升的两种重要途径。与此对应,土地资源投入的过量或产出的不足致使城市土地利用效率的损失。类似于城市土地利用效率概念,土地开发潜力内涵被界定为土地利用效率提高至理想(前沿)水平效率的潜力,即可能带来的土地集约量或产出增加量。因此,基于城市土地利用效率 LUE_{it} 的评价,建立表征城市土地开发潜力水平的集约潜力和产出增加潜力的测算模型:

$$LP_{it} = \mu L_{it} \times (1 - LUE_{it}) \quad (6)$$

$$PP_{it} = \frac{Y_{it}}{LUE_{it}} \times (1 - LUE_{it}) \quad (7)$$

式中: LP_{it} , PP_{it} 分别为城市土地集约潜力和产出增加潜力; μL_{it} , Y_{it} 为城市土地投入规模和经济产出规模。其中,土地集约潜力与产出增加潜力分别从投入最小化和产出最大化等两个视角来反映城市土地开发潜力。两者此消彼长,虽可混合共存却不可完全兼得。

1.3 研究区域与数据来源

长三角地区作为“一带一路”与长江经济带两大国家战略的重要衔接地带,在国家现代化建设大局和开放格局中具有举足轻重的地位。随着城镇化建设与工业化转型的推进,长三角地区城市土地扩张速度与开发强度不断提高,土地开发过程中存在城市空间无序蔓延、建设侵占生态用地严重、集约利用程度较低等问题,人地矛盾尖锐。因此,开展城市土地利用效率评价与潜力提升研究,为土地集约利用实践提供借鉴。研究范围为“长江三角洲城市经济协调会”内 16 个核心城市,包括上海、江苏部分(南京、镇江、常州、无锡、苏州、扬州、泰州和南通)、浙江部分(杭州、宁波、嘉兴、湖州、绍兴、台州和舟山)。

根据经典生产函数,选取土地、资本和劳动力作为投入要素,结合城市土地利用情况和体现非农生产活动的特点,由城市建设用地面积、资本存量和非农从业人口等指标来表征^[26];资本存量拟采用永续盘存法(Perpetual inventory method, PIM)进行估算^[27]。将城市非农产值作为用地效益水平的产出指标,运用 GDP 指数法将数据平减至 2005 年水平。城市建设用地面

积、资本存量及非农从业人口等数据来自2006—2021年《江苏统计年鉴》《浙江统计年鉴》《上海统计年鉴》等统计资料,以及相应年份的各市国民经济和社会发展统计公报。以上述数据资料为基础,整理得到2005—2020年长三角地区城市面板数据。

2 土地开发效率评价结果

2.1 模型结果与检验分析

基于2005—2020年长三角地区16个核心城市的投入产出面板数据,对上海市、江苏部分与浙江部分进行随机前沿生产函数估计,结果见表1。

(1) 参数检验中,运用广义似然比(LR)检验,结果服从混合卡方分布并在0.01水平下显著,表明城市土地利用存在无效率项。 γ 值均大于0.75,表明利用无效率项是C-D生产函数运行中误差产生的主要来源。 t 值大于0.01水平下显著时的临界值,得到的参数值具

有统计学意义,在99%的置信度上能准确对结果进行估计。因此,SFA模型适合城市土地利用效率的测算。此外,参数 η 值小于零,通过5%的置信水平显著性检验,表明时间因素对城市土地利用无效率的变化产生影响,并随着时间推移而逐渐提高。

(2) 结果分析中,长三角地区土地资源、资本与劳动力的投入弹性系数分别为 $\beta_1=0.236$, $\beta_2=0.299$, $\beta_3=0.126$,说明单位面积建设用地、资本存量与非农从业人口投入分别增长1%对应的单位面积非农产值上升0.236%,0.299%和0.126%。分区域看,上海市资本投入的弹性系数最大(0.203),大于土地与劳动力弹性系数,资本投入能够提升城市土地利用效率,符合上海市国家金融中心的定位。资本与劳动力因素对江苏部分城市土地利用效率影响相近,大于土地投入带来的效率变化;浙江部分城市土地利用效率的增加多是依靠建设用地的投入,弹性系数大于资本(0.210)与劳动力(0.117)。

表1 SFA模型的估计结果与参数检验

Table 1 Estimation results and parameter test of SFA model

项目	长三角地区	上海市	江苏部分	浙江部分
β_0	2.716(5.622)***	2.989(3.147)***	1.350(1.960)**	3.537(6.863)***
β_1	0.236(3.456)***	0.019(1.932)**	0.130(1.364)*	0.530(4.472)***
β_2	0.299(3.967)***	0.203(2.410)***	0.307(2.687)***	0.210(3.706)
β_3	0.126(11.377)***	0.151(0.265)	0.212(1.768)**	0.117(-2.913)
σ^2	0.473(3.982)***	0.003(2.432)***	0.302(2.571)***	0.255(1.400)**
γ	0.845(2.298)***	0.868(2.158)***	0.857(10.588)***	0.753(4.174)***
μ	1.264(3.917)***	0.001(1.526)**	0.985(4.173)***	1.603(1.749)***
η	-0.007(1.408)**	-0.065(1.538)**	-0.009(1.770)**	-0.010(1.824)**
似然值	67.663	24.104	33.261	18.076
LR 检验	152.961	50.765	92.111	72.984

注:*,**和***分别表示10%,5%和1%水平下显著。括号内是 t 检验值。

2.2 土地利用效率评价结果

根据SFA模型得到长三角地区城市土地利用效率(图1),2005—2020年城市土地利用效率值不断上升,从2005年的0.338升至2020年的0.410,年均增幅为21.22%。长三角地区城镇化与工业化起步早,社会经济发展中建设用地供给问题突出,各级政府对经济开发区审批严格限定,集约用地成为制定土地利用政策的出发点。其中,上海作为长三角地区中心城市,资本、人才与技术等生产要素在空间上高度集聚,注重发展质量与效益,土地资源空间配置合理,利用效率最高。江苏部分与浙江部分土地利用效率逐次降低。城市土地利用效率的差距扩大,最大值(上海)和最小值(浙江部分)的效率差距由2005年的0.357增至2020年的0.478。上述结论与近期长江中游地区城市土地利用效率变化“凹”字形变动趋势和区域差异在缩小^[28]、东北地区城市土地利用效率水平逐

渐提高和区域差异在扩大等^[29]分析结果不同,体现了长三角地区城市土地利用状况的特殊性。

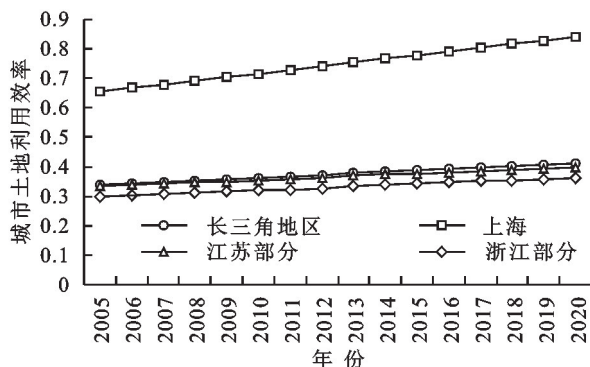


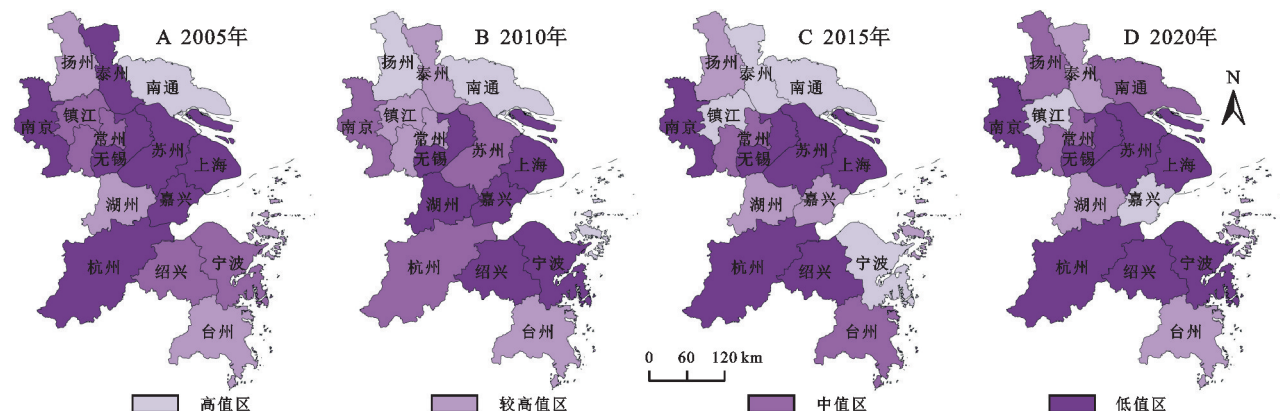
图1 长三角地区城市土地开发效率指数变化

Fig. 1 Changes of urban land development efficiency index in Yangtze River Delta

根据SFA模型运行结果,选取2005年、2010年、2015年、2020年等节点年份,解析长三角地区城市土地利用效率的时空演变特征(图2)。城市土地利用效率的

空间特征变化明显,长三角地区历年高值区与较高值区的城市集中位于传统的“Z”字形轴线发展区,效率值向外围城市逐次下降。2005 年上海、杭州、苏州等属于土地利用效率的高值区,其发展基础较好,土地集约开发层次高。南通、台州、扬州等市,效率平均仅有 0.325,低于区域均值,城市土地多为传统的重增量、重规模的粗放利用模式,使得土地利用层次偏低。2010 年不同类型城市交叉分布,呈“补丁”状分布于整个长三角,

空间上集聚或分散特征不显著。南京、苏州等城市土地利用效率值下降,而宁波、湖州的效率值增幅较大。2015 年、2020 年的城市土地利用效率的空间布局差异较小,但宁波市表现抢眼,从 2015 年的 0.387 上升至 0.579,土地开发深度与节约用地水平提升较大。整体上具有“大集聚—小分散”的分异特征,市场条件下资源禀赋、规模效应的差异使得土地利用效率的空间非均衡发展态势表现突出。



注:基于标准地图服务系统下载的审图号 GS(2019)1822 号的标准地图制作,底图未做修改,下图同。

图 2 长三角地区城市土地开发效率空间演化

Fig. 2 Spatial evolution of urban land development efficiency in Yangtze River Delta

3 土地开发潜力与提升途径分析

3.1 土地集约潜力分析

长三角地区城市土地利用效率稳步提升,土地集约潜力规模总体上也表现出增加态势,从 2005 年的 1 183.2 km²增至 2020 年的 2 590.8 km²。对于城市土地集约利用潜力规模与占比,见图 3 和图 4。上海市土地集约潜力在 2010 年达到最大规模,为 598.6 km²,南京、苏州与杭州紧随其后,潜力规模可观,但由于经济发展起步早,土地开发强度高,受到土地资源总量与环境容量的约束,未来城市土地利用方向应是控制总量、盘活存量,通过土地整治方式挖掘潜力。与此对应,扬州、镇江、舟山等城市受限于已开发土地总量,平均仅有 57.3 km²的土地集约潜力规模,作为地区外围城市,土地供给充足,城市建设与工业发展多以外延扩张模式为主,为引进先进制造业、发展集群经济提供了充裕的建设用地。

城市土地集约潜力占比(土地集约潜力规模占当年土地投入总量的比重)从 2005 年的 66.18%降至 2020 年的 59.00%。横向对比上,长三角地区 16 个城市土地集约潜力占比排序比较稳定,其中湖州、舟山等处于前列,潜力平均占比高达 75.82%,这主要是由于生产要素空间错配,土地资源盲目占用、低效利用,经济产出不足。上海、杭州等城市的潜力占比分

别为 25.19%和 49.60%,处于靠后位置,这些城市发展与政府管理水平较高,具有提高资源利用效率和优化生产要素配置的能力。城市土地集约潜力占比能很好的解释土地资源潜力挖掘难易与开发水平优劣程度,集约潜力占比变化情况表现出城市越发达集约挖潜越困难、城市越落后集约挖潜越容易的规律。

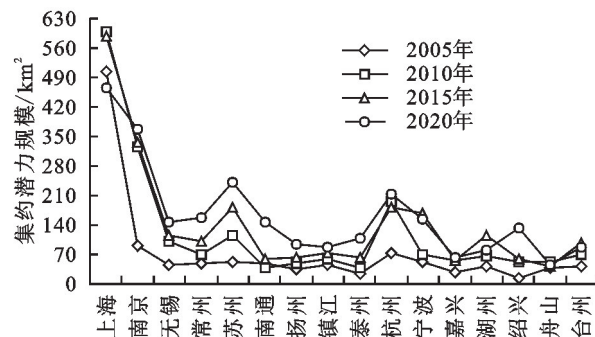


图 3 长三角地区城市土地集约潜力规模

Fig. 3 Scale of urban land intensive potential in Yangtze River Delta

根据上述结果,从规模与占比两个维度阐释 2005—2020 年长三角地区城市土地集约利用情况,开展分级分类评价(图 5)。集约潜力规模变化中,上海、南京等中心城市为一级潜力区,城市土地开发以“盘活存量、用好余量”为主,严格控制新增建设用地的快速扩张。潜力占比变化中,湖州、镇江、扬州等城市的变化幅度较大,说明已开发用地的效率偏低,建

设用地挖掘的潜力规模可观。规模分级与占比分级表现出相异的变化规律,通过不同视角共同对长三角地区城市土地集约潜力差异进行研究,为未来城市控制新增用地开发、存量用地集约挖潜方案的制定提供科学参考。

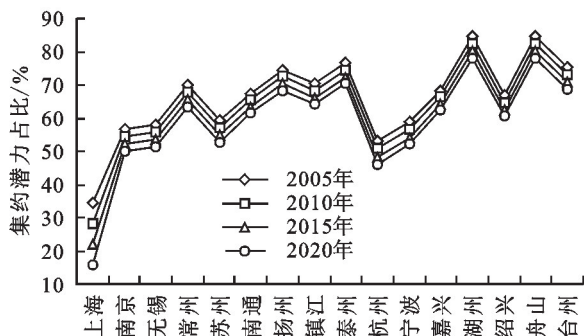


图4 长三角地区城市土地集约潜力占比

Fig. 4 Proportion of urban land intensive potential in Yangtze River Delta

A 土地集约潜力规模变化 B 土地集约潜力占比变化

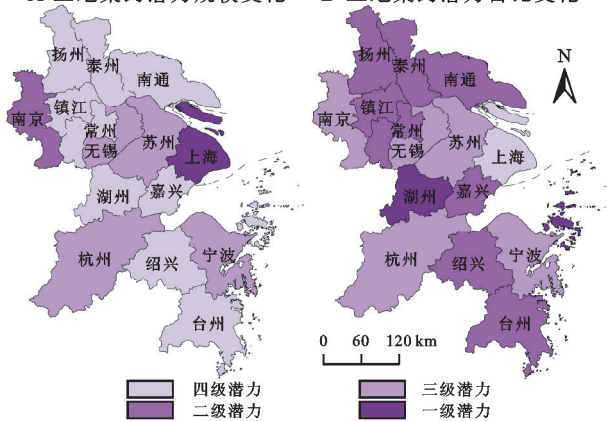


图5 2005—2020年长三角地区城市土地集约潜力变化分级

Fig. 5 Classification of urban land intensive potential change during 2005—2020

3.2 产出增加潜力分析

长三角地区城市土地利用的产出增加潜力规模在时间纵向轴上不断扩大,由2005年的2 262.7亿元升至2020年的12 636.4亿元(图6)。各城市产出增加潜力规模扩大,其中苏州的增加最大,在2020年达到1 596.3亿元,年均增幅14.41%。舟山、镇江、嘉兴等受限于经济规模和土地开发体量,产出增加潜力规模仅有504.1亿元。土地产出潜力增加规模与城市发展层次、经济体量正向相关,通过土地利用集约挖潜可以盘活低效用地,释放实体产业发展空间,增加城市经济有效产出。因此,长三角地区城市应促进土地集约开发、降低单位用地消耗、差别化调控存量用地供应,助推城市高质量发展。

纵向趋势上,长三角地区城市土地产出增加潜力占比从2005年的239.91%持续降至2020年的171.75%

(图7)。其中,湖州、舟山的产出增加占比降幅最大,均超过190%,上海、杭州等降幅最小,仅有30%,这与其抑制城镇无序蔓延、促进土地集约紧凑开发、合理配置资本与劳动力等要素投入密切相关。横向对比上,各城市产出增加占比排序稳定,湖州、舟山、泰州数值较高,平均达到389.16%,明显高于上海、杭州与宁波等城市(分别为34.83%,27.24%和33.52%)。同时,土地利用产出潜力增加占比最大值与最小值之间的差距缩小,从2005年的496.26%降至2020年的336.46%。结果说明,长三角一体化进程中,城市间要素流动带来的产业和资本转移使得土地利用产出增加占比存在空间均衡趋势。

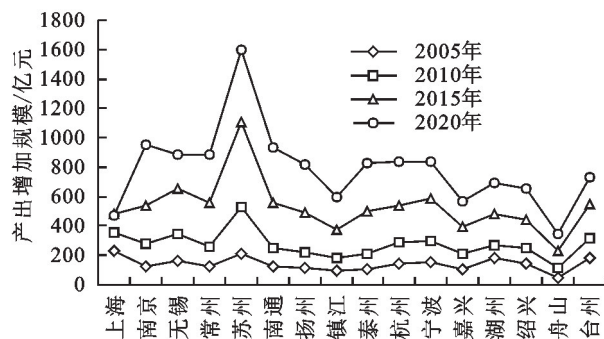


图6 长三角地区城市土地产出增加规模

Fig. 6 Increased scale of urban land output in Yangtze River Delta

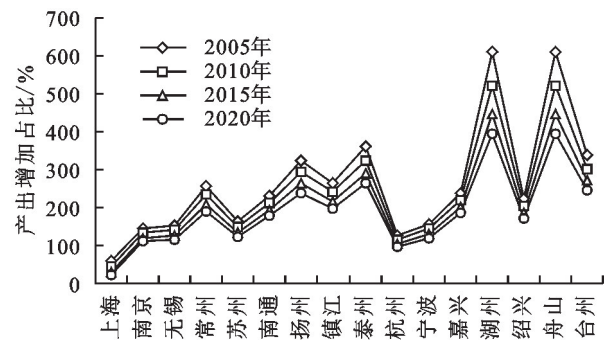


图7 长三角地区城市土地产出增加占比

Fig. 7 Increased proportion of urban land output in Yangtze River Delta

根据上述结果,从规模和占比变化等两个维度开展城市土地产出增加潜力的空间分级分类工作,见图8。对比图5和图8,城市土地产出增加潜力分级特征不同于土地集约潜力分级,土地产出增加潜力分级空间极化特征突出,一级潜力区城市较少,位于二、三级潜力区的城市占据主体。对城市土地利用集约潜力与产出增加潜力等两方面的分析可以相互验证,对长三角地区城市土地开发潜力的提升具有重要意义。因此,从要素投入和经济产出两个方向综合考虑,反映土地集约利用潜力的真实状况,明确城市土地利用改善的实现途径。

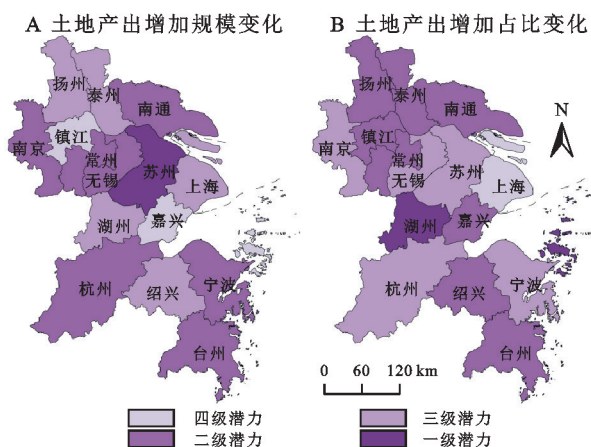


图8 2005—2020年长三角地区城市土地产出增加潜力分级

Fig. 8 Classification of potential for increasing urban land output during 2005–2020

4 讨论与结论

本文运用SFA模型评价长三角地区城市土地利用效率,测算各城市2005—2020年土地集约潜力和产出增加潜力,揭示土地集约利用潜力的真实状况,明确城市土地利用改善的实现途径。主要结论为:

(1) 研究期内,长三角地区城市土地利用效率不断提升,年均增幅21.22%,差距从2005年的0.357扩大至2020年的0.478。“核心—外围”布局特征明显,沪宁杭等核心城市效率值较高,低值区分布于苏中的南通、扬州与浙北的舟山、台州等城市,并呈现出“大集聚—小分散”特征,效率布局的非均衡发展趋势明显。

(2) 长三角地区土地集约潜力规模逐年提高,从2005年的1 183.2 km²增至2020年的2 590.8 km²,其中上海潜力规模最大,为598.6 km²。城市土地集约潜力占比在2005—2020年下降10.84%,湖州、舟山、泰州等城市的占比高达75.82%,处于前列。城市土地集约利用规模分级与占比分级表现出相异的变化规律,从不同视角共同揭示土地集约潜力的时空差异,能够从不同视角共同对长三角地区城市土地集约潜力差异进行解释。

(3) 城市土地产出增加潜力规模在时间纵向轴上不断扩大,土地集约利用的产出增加潜力占比却持续下降。上海、杭州等中心城市地区资本投入、劳动力配置相对合理,土地利用集约程度高,产出增加占比降幅仅有30%,这也说明长三角一体化进程中,城市间要素流动带来产业转移、资本流动使得土地利用产出增加占比空间上趋于均衡。城市土地利用集约潜力与产出增加潜力等两方面的结果可以互相验证,更能真实反映土地集约利用潜力状况。

本文开展长三角地区城市土地利用效率测算工

作,从土地集约潜力和产出增加潜力等维度探究城市土地利用潜力挖掘的真实状况与改善途径,但仍有几方面问题值得深入思考。主要包括:(1) 空间尺度分析上,囿于数据的可获取性,是从宏观尺度进行分析,未来可以借助“3S”技术与空间分析模型,在中微观尺度上对城市土地利用效率与潜力改善途径进行研究。(2) 模型方法应用上,整合SFA模型与DEA方法的优点,把土地利用效率细分为规模效率和纯技术效率,可以从土地利用规模潜力和纯技术潜力等方面更为深入地识别城市土地高效利用的改善方式,精准提出城市土地潜力提升对策。(3) 影响机理分析上,本文对城市土地利用效率与开发潜力提升进行评价,测算了效率绝对数值、明确了动态变化与城市差异,但对现象之外的影响因子辨识与作用机理分析不足,今后应着重探究绿色发展背景下,双碳(碳达峰与碳中和)目标对城市土地利用效率提升的影响。因此,针对上述问题,制定合理的研究方案与技术路线,加强对不同类型城市土地利用效率评价和改善途径的探寻研究,有利于为未来城市控制新增用地开发、存量用地集约挖潜方案制定提供科学建议。

参考文献(References):

- [1] 刘彦随,邓旭升,甘红.我国城市土地利用态势及优化对策[J].重庆建筑大学学报,2005,27(3):1-4.
Liu Y S, Deng X S, Gan H. The state and optimization countermeasures of urban land-use in China[J]. Journal of Chongqing Jianzhu University, 2005,27(3):1-4.
- [2] Ding C R, Lichtenberg E. Land and urban economic growth in China[J]. Journal of Regional Science, 2011, 51(2):299-317.
- [3] 夏永祥,成涛林,段进军.西部大开发战略对长江三角洲地区经济发展的影响与对策[M].北京:中国商业出版社,2005.
Xia Y X, Cheng T L, Duan J J. The Influence of the Western Development Strategy on the Economic Development of the Yangtze River Delta Region and Its Countermeasures[M]. Beijing: China Commercial Publishing House, 2005:176-178.
- [4] Gao J L, Wei Y H, Chen W, et al. Urban land expansion and structural change in the Yangtze River Delta, China[J]. Sustainability, 2015,7(8):10281-10307.
- [5] Wu C Y, Wei Y D, Huang X J, et al. Economic transition, spatial development and urban land use efficiency in the Yangtze River Delta, China[J]. Habitat International, 2017,63:67-78.
- [6] 樊鹏飞,冯淑怡,苏敏,等.基于非期望产出的不同职能城市土地利用效率分异及驱动因素探究[J].资源科学, 2018,40(5):946-957.

- Fan P F, Feng S Y, Su M, et al. Differential characteristics and driving factors of land use efficiency in different functional cities based on undesirable outputs[J]. *Resources Science*, 2018, 40(5): 946-957.
- [7] 刘涛, 曹广忠. 城市用地扩张及驱动力研究进展[J]. *地理科学进展*, 2010, 29(8): 927-934.
- Liu T, Cao G Z. Progress in urban land expansion and its driving forces[J]. *Progress in Geography*, 2010, 29(8): 927-934.
- [8] Yeh A G O, Wu F L. The new land development process and urban development in Chinese cities[J]. *International Journal of Urban and Regional Research*, 1996, 20(2): 330-353.
- [9] Su D Z. GIS-based urban modelling: Practices, problems, and prospects[J]. *International Journal of Geographical Information Science*, 1998, 12(7): 651-671.
- [10] Odeck J, Bråthen S. A meta-analysis of DEA and SFA studies of the technical efficiency of seaports: A comparison of fixed and random-effects regression models[J]. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 2012, 46(10): 1574-1585.
- [11] Muñoz Gielen D, Mualam N. A framework for analyzing the effectiveness and efficiency of land readjustment regulations: Comparison of Germany, Spain and Israel[J]. *Land Use Policy*, 2019, 87: 104077.
- [12] 邓波, 张学军, 郭军华. 基于三阶段 DEA 模型的区域生态效率研究[J]. *中国软科学*, 2011(1): 92-99.
- Deng B, Zhang X J, Guo J H. Research on ecological efficiency based on three-stage DEA model[J]. *China Soft Science*, 2011(1): 92-99.
- [13] 王恩旭, 武春友. 基于超效率 DEA 模型的中国省际生态效率时空差异研究[J]. *管理学报*, 2011, 8(3): 443-450.
- Wang E X, Wu C Y. Spatial-temporal differences of provincial eco-efficiency in China based on super efficiency DEA model[J]. *Chinese Journal of Management*, 2011, 8(3): 443-450.
- [14] 付丽娜, 陈晓红, 冷智花. 基于超效率 DEA 模型的城市群生态效率研究: 以长株潭“3+5”城市群为例[J]. *中国人口·资源与环境*, 2013, 23(4): 169-175.
- Fu L N, Chen X H, Leng Z H. Urban agglomerations eco-efficiency analysis based on super-efficiency DEA model: Case study of Chang-Zhu-Tan “3 + 5” urban agglomeration[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2013, 23(4): 169-175.
- [15] 鲍新中, 刘澄, 张建斌. 城市土地利用效率的综合评价[J]. *城市问题*, 2009(4): 46-50.
- Bao X Z, Liu C, Zhang J B. Comprehensive appraisal to the efficiency of urban land use[J]. *Urban Problems*, 2009(4): 46-50.
- [16] 王良健, 李辉. 中国耕地利用效率及其影响因素的区域差异: 基于 281 个市的面板数据与随机前沿生产函数方法[J]. *地理研究*, 2014, 33(11): 1995-2004.
- Wang L J, Li H. Cultivated land use efficiency and the regional characteristics of its influencing factors in China: By using a panel data of 281 prefectural cities and the stochastic frontier production function[J]. *Geographical Research*, 2014, 33(11): 1995-2004.
- [17] 张荣天, 焦华富. 长江经济带城市土地利用效率格局演变及驱动机制研究[J]. *长江流域资源与环境*, 2015, 24(3): 387-394.
- Zhang R T, Jiao H F. Urban land use efficiency pattern evolution and driving mechanism in the Yangtze River Economic Belt[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2015, 24(3): 387-394.
- [18] 杨海泉, 胡毅, 王秋香. 2001—2012 年中国三大城市群土地利用效率评价研究[J]. *地理科学*, 2015, 35(9): 1095-1100.
- Yang H Q, Hu Y, Wang Q X. Evaluation of land use efficiency in three major urban agglomerations of China in 2001—2012[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2015, 35(9): 1095-1100.
- [19] Charnes A, Cooper W W, Rhodes E. Measuring the efficiency of decision making units[J]. *European Journal of Operational Research*, 1978, 2(6): 429-444.
- [20] Battese G E, Coelli T J. A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data[J]. *Empirical Economics*, 1995, 20(2): 325-332.
- [21] 边文龙, 王向楠. 面板数据随机前沿分析的研究综述[J]. *统计研究*, 2016, 33(6): 13-20.
- Bian W L, Wang X N. A literature review on the stochastic frontier analysis in panel data[J]. *Statistical Research*, 2016, 33(6): 13-20.
- [22] Koirala K H, Mishra A, Mohanty S. Impact of land ownership on productivity and efficiency of rice farmers: The case of the Philippines[J]. *Land Use Policy*, 2016, 50: 371-378.
- [23] 王向东, 刘小茜, 裴韬, 等. 基于技术效率测算的京津冀城市土地集约利用潜力评价[J]. *地理学报*, 2019, 74(9): 1853-1865.
- Wang X D, Liu X Q, Pei T, et al. Potential evaluation of urban land intensive use in Beijing-Tianjin-Hebei Region based on measurement of technical efficiency[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2019, 74(9): 1853-1865.
- [24] Meeusen W, van Den Broeck J. Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error[J]. *International Economic Review*, 1977, 18(2): 435.
- [25] Aigner D, Knox Lovell C A, Schmidt P. Formulation and estimation of stochastic frontier production function models[J]. *Journal of Econometrics*, 1977, 6(1): 21-37.

- 51(2):308-314.
- Zhang Q, Chen C, Chen X M, et al. Effects of different depths of straw returning to field on soil physical properties and profile changes of yellow brown soil[J]. Chinese Journal of Soil Science, 2020,51(2):308-314.
- [24] Morris E K, Morris D J P, Vogt S, et al. Visualizing the dynamics of soil aggregation as affected by arbuscular mycorrhizal fungi[J]. The ISME Journal, 2019, 13(7):1639-1646.
- [25] Meng M J, Li C, Zhao Y P, et al. Long-term forest conversion affects soil stability and humic substances in aggregate fractions in subtropical China[J]. Forests, 2022,13(2):339.
- [26] Chaplot V, Cooper M. Soil aggregate stability to predict organic carbon outputs from soils[J]. Geoderma, 2015, 243:205-213.
- [27] Souza F G, Campos M C C, Pinheiro E N, et al. Aggregate stability and carbon stocks in Forest conversion to different cropping systems in Southern Amazonas, Brazil[J]. Carbon Management, 2020,11(1):81-96.
- [28] Das S, Bhattacharyya R, Das Saha N, et al. Soil aggregate-associated carbon and organic carbon pools as affected by conversion of forest lands to agriculture in an acid soil of India[J]. Soil and Tillage Research, 2022,223:105443.
- [29] Yang Y S, Guo J F, Chen G S, et al. Effects of forest conversion on soil labile organic carbon fractions and aggregate stability in subtropical China[J]. Plant and Soil, 2009,323:153-162.
- [30] Chen Q, Liu Y Q, Huang J H, et al. Soil water movement changes following conversion from evergreen and deciduous broad-leaved mixed forests to Chinese fir plantations[J]. Journal of Soils and Sediments, 2023, 23(7):2712-2725.

(上接第 327 页)

- [26] 刘珍,文彦君,韩梅,等.人类活动影响下的陕西省水资源脆弱性评价[J].水资源与水工程学报,2017,28(3):82-86.
- Liu Z, Wen Y J, Han M, et al. Evaluation of water resources vulnerability under the influence of human activities in Shaanxi Province[J]. Journal of Water Resources & Water Engineering, 2017,28(3):82-86.
- [27] 刘引鸽,杨雨欣,包江川,等.基于模糊综合指数法的陕西省水资源脆弱性评价[J].水资源与水工程学报, 2022,33(6):18-27.
- Liu Y G, Yang Y X, Bao J C, et al. Water resources vulnerability assessment of Shaanxi Province based on fuzzy comprehensive index method[J]. Journal of Water Resources & Water Engineering, 2022,33(6):18-27.
- [28] 赵浩,赵立磊,田辉,等.基于博弈论组合赋权-TOPSIS模型的安康市水资源承载力综合评价[J].地质与资源, 2023,32(5):642-654.
- Zhao H, Zhao L L, Tian H, et al. Comprehensive evaluation of water resources carrying capacity in Ankang city based on game theory combination weighting-topsis model [J]. Geology and Resources, 2023,32(5):642-654.

(上接第 335 页)

- [26] 金贵,王占岐,胡学东,等.基于模糊证据权模型的青藏高原区土地适宜性评价[J].农业工程学报,2013,29(18):241-250.
- Jin G, Wang Z Q, Hu X D, et al. Land suitability evaluation in Qinghai-Tibet Plateau based on fuzzy weight of evidence model [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2013,29(18):241-250.
- [27] 李汝资,刘耀彬,谢德金.中国产业结构变迁中的经济效率演进及影响因素[J].地理学报,2017,72(12): 2179-2198.
- Li R Z, Liu Y B, Xie D J. Evolution of economic efficiency and its influencing factors in the industrial structure changes in China[J]. Acta Geographica Sinica, 2017,72(12): 2179-2198.
- [28] 陈丹玲,卢新海,张超正.区域一体化背景下城市土地利用效率的空间关联及其解释:以长江中游城市群为例[J].华中农业大学学报:社会科学版,2019(4):151-159,177-178.
- Chen D L, Lu X H, Zhang C Z. Study on the spatial correlation and explanation of urban land utilization efficiency under the background of regional integration: A case of urban agglomeration in the middle reaches of the Yangtze River[J]. Journal of Huazhong Agricultural University: Social Sciences Edition, 2019(4):151-159, 177-178.
- [29] 姚澜.东北地区城市土地利用效率评价及空间演化分析[D].辽宁大连:辽宁师范大学,2019.
- Yao L. Urban Land Use Efficiency Evaluation and Spatial Evolution Analysis in Northeast China[D]. Dalian, Liaoning: Liaoning Normal University, 2019.