

城市土地利用效率时空演化及其与经济增长脱钩关系研究——以长三角城市群为例¹

陈德静^{1,2}, 王晓青^{1,2}, 濮励杰^{1,2,3*}, 张 瑞^{1,2}, 丹 旻^{1,2}

(1. 南京大学地理与海洋科学学院, 江苏 南京 210023; 2. 自然资源部海岸带开发与保护重点实验室, 江苏 南京 210023; 3. 南京工程学院环境工程学院, 江苏 南京 211167)

【摘 要】: 提高城市土地利用效率对实现资源优化配置和促进可持续发展具有重要意义。引入碳排放等非期望产出指标, 通过构建超效率 SBM-Undesirable 模型测算了 2010 ~ 2019 年长三角城市群 41 个城市的土地利用效率 (ULUE), 并对其时空演变特征、效率演变及其与经济发展之间的脱钩关系展开分析。结果表明: (1) 长三角城市土地利用效率总体水平较低(0.71), 2010 ~ 2019 年呈现出“增长—下降—再增长”的演化趋势, 区域差异先增大后减小; (2) 长三角地区城市土地利用效率存在两头高一中间低、西高东低的空间格局特征, 局部集聚水平不高; (3) 长三角地区土地利用效率提升主要由追赶效率和技术进步共同促进; (4) 2010 ~ 2019 年长三角城市土地利用效率与经济增长之间均主要处于弱脱钩状态, 脱钩状态良好。

【关键词】: 土地利用效率; 碳排放; 超效率 SBM 模型; 脱钩关系; 长三角城市群

【中图分类号】: F301.2 **【文献标识码】**: A **【文章编号】**: 1004-8227(2023)10-2018-14

DOI: 10.11870/cjlyzyhj202310003

土地是城市生产、生活和生态的重要空间载体[1,2,3]。当前,在快速城市化背景下,城市土地利用粗放低效的问题日益突显,以资源和环境为代价的城市发展模式带来了突出的人地矛盾、生态环境污染、可持续发展等问题[4,5,6],如何科学评价和提升城市土地利用效率成为研究的热点问题。随着长三角区域一体化发展上升为国家战略,长三角城市群作为中国经济发展的重要引擎,其经济快速发展的背后是土地资源的低效利用,该地区面临着人地关系紧张、土地利用效率低下等问题,区域资源消耗加速和环境污染问题对其可持续发展产生制约[7,8]。因此明确长三角城市土地利用效率的区域分异、时空演化特征对于城市土地高效利用、实现区域协调发展和高质量发展有一定的现实意义。

近年来,国内外学者围绕着城市土地利用效率展开了众多研究,内容上从城市土地利用模式和理论模型、土地利用效率的评价与影响因素[9,10,11]研究,发展到土地利用效率的政策以及指标构建、方法改进、时空动态特征演变研究[12,13,14]。研究方法从传统的数据包络模型(DEA模型),如BBC模型、CCR模型[14,15,16],到改进的SBM-Undesirable模型[6,17],最终引入基于非期望产出的超效率SBM模型[18,19]。在评价指标选取上从简单关注经济产出[14,20],到兼顾经济正产出与环境污染负产出

¹ 收稿日期: 2022-09-02; 修回日期: 2023-04-20

基金项目: 国家自然科学基金项目(42171245; 41871083); 江苏省海洋科技创新项目(JSZRHYKJ202212)

作者简介: 陈德静(1998~),女,硕士研究生,主要研究方向为土地利用与规划研究。E-mail: cdj@smail.nju.edu.cn

* 通讯作者 E-mail: ljpu@nju.edu.cn

[3,18,21]。研究区域主要是从单一的地级市、省域[18,22,23],扩展到全国各省市[15]、城市群[24,25,26]。但总的来看,这些研究仍主要集中在效率本身的测算评估上。然而,我国目前不仅面临着土地资源紧缺、生态环境污染问题,也面临着经济增速变缓的压力,无论是传统的“先发展,后治理”思想,还是出于环境保护而放弃经济增长都不是可持续之举。因此有必要将城市土地利用效率置于经济增长的动态背景之下考察,脱钩理论为解决上述问题提供了思路和方法。“脱钩”源于物理学领域,后被引入到经济与环境的研究之中[27]。随着研究深入,学者们逐渐将脱钩理论应用到土地利用与经济增长的关系研究中,如绿色发展[27]、城市用地扩张[28,29,30]等与经济增长的关系,这些研究说明将脱钩理论运用在城市土地利用效率与经济增长关系中有一定的可行性。

总结以往研究可以发现,目前已有研究指标上的选择较为一致,但在非期望产出指标上仍聚焦在工业污染排放,较少将碳排放作为非期望产出指标。其次,国内外研究多集中在效率的时空演变以及影响因素研究,探讨其效率与经济增长之间关系的研究较少。鉴于此,本文基于超效率 SBM-Undesirable 模型,构建碳排放与工业污染为非期望产出的评价指标体系,测算长三角地区 41 个城市 2010~2019 年的城市土地利用效率时空演变特征及其空间集聚特征,并引入脱钩分析探究土地利用效率与经济增长之间的响应关系。以期对提升未来长三角地区城市土地利用效率,实现可持续发展提供有益参考。

1 材料与方法

1.1 研究区概况与数据来源

1.1.1 研究区概况

长三角城市群位于中国长江的下游地区,濒临黄海与东海,包括上海市、江苏省、浙江省和安徽省共 41 个城市(图 1)。长三角城市群土地总面积 35.8 万 km²,地貌种类丰富,以丘陵、平原为主,总体地势由西南向东北倾斜,河流、湖泊众多。研究区气候差异不大,以亚热带季风气候为主。长三角地区是中国经济发展最活跃、开放程度最高、创新能力最强的区域之一,经济基础条件较好。2019 年底,全区生产总值达 23.73 万亿元,约占全国的 1/5,城镇化率达到 67.23%[31]。长三角地区在 15 年间能源消费增加了 1.9 倍,碳排放量增加了 2.7 倍[32],污染排放较高。

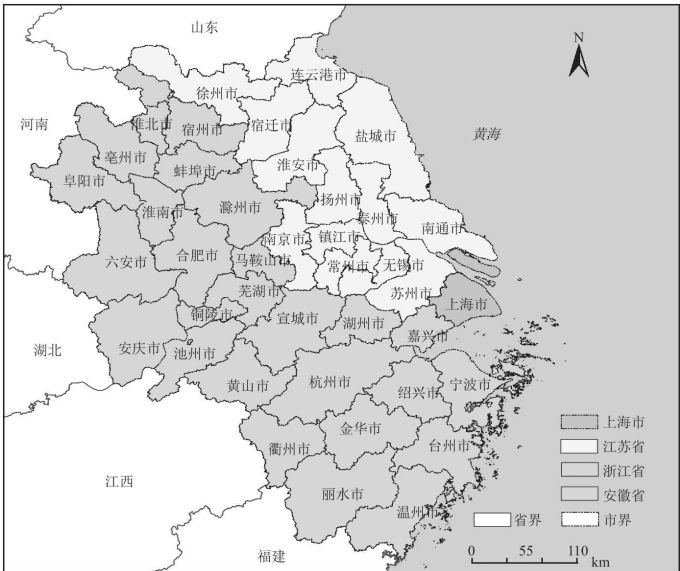


图 1 研究区概况

1.1.2 数据来源

2010~2019 年长江三角洲地区 41 个城市资本、土地、劳动力等投入及产出等社会经济指标数据来自《中国城市统计年鉴》、
市级统计年鉴及《国民经济与社会发展公报》;原煤、焦炭等能源消费指标数据来自《中国能源消费年鉴》及各市统计年鉴，部
分缺失数据使用插值法补齐。

1.2 土地利用效率的测算方法

1.2.1 构建土地利用效率评价指标体系

构建评价指标体系是评价土地利用效率的基础，本文围绕“投入”、“期望产出”和“非期望产出”3 个层面构建评价指标
体系。依据生产三要素理论，本文将资本、土地和劳动力纳入“投入”一级指标；在“期望产出”指标的选择中，主要考虑了
城市土地利用的经济、社会和生态影响；“非期望产出”指标的选择则主要考虑了土地利用过程中对环境产生的负效应，因此
引入土地利用碳排放指标和工业废弃物排放。为消除因城市规模带来的差异，本文以单位城市市辖区面积的投入和产出来进一
步选择指标[9]。最终，将 19 个表征长三角地区“投入”、“期望产出”和“非期望产出”的指标逐层划分，构建了长三角地区
城市土地利用效率评价指标体系(表 1)。

表 1 城市土地利用效率评价指标体系

一级指标	二级指标	三级指标	计算方法
投入	资本	地均固定资产投资	市辖区全社会固定资产投资/市辖区面积
		地均外商投资	市辖区外商投资额/市辖区面积
	土地	建成区面积占比	市辖区建成区面积/市辖区面积
		人均道路面积	市辖区道路面积/市辖区人口

	劳动力	地均二三产业从业人数	市辖区二三产业从业人数/市辖区面积
期望产出	经济	地均 GDP	市辖区 GDP/市辖区面积
		地均社会消费品零售总额	市辖区社会消费品零售总额/市辖区面积
		地均财政收入	市辖区财政收入/市辖区面积
	社会	在岗职工平均工资	市辖区在岗职工工资总额/在岗职工人数
		地均教育支出	市辖区教育支出/市辖区面积
		地均公共卫生机构床位数	市辖区公共卫生机构床位数/市辖区面积
	生态	人均公共绿地面积	市辖区公共绿地面积/市辖区总人口
		建成区绿化覆盖率	市辖区绿化总面积/市辖区面积
		地均环保投资	市辖区环保投资额/市辖区面积

非期望产出	工业废弃物排放	地均工业废水排放量	市辖区工业废水排放量/市辖区面积
		地均工业废气排放量	市辖区工业 SO2 排放量/市辖区面积
		地均工业烟尘排放量	市辖区工业烟尘排放量/市辖区面积
		地均工业固体废弃物总量	市辖区工业固体废弃物总量/市辖区面积
	碳排放	地均碳排放	采用能源碳排放系数计算

本文在“非期望产出”一级指标中引入碳排放指标，城市建设用地由于承载人类活动消耗能源产生碳排放，通过其利用过程中的各项能源消耗来间接计算[33,34]。参考《IPCC 国家温室气体清单指南》给出的能源碳排放转换系数[34],其碳排放量的计算公式如(1)所示：

$$C_R = \sum C_{ri} = \sum (X_{ri} \times Y_{ri}) \tag{1}$$

式中：CR 表示能源碳排放总量；Cri 表示第 i 种能源的碳排放量；Xri 表示第 i 种能源的消耗量；Yri 表示第 i 种能源的碳排放系数(表 2)。

1.2.2 超效率 SBM-Undesirable 模型

本文引入超效率 SBM-Undesirable 模型测算 ULUE。SBM 模型由 Tone 于 2001 年首次提出，并于 2003 年进一步构建了包含期望产出和非期望产出的 SBM 模型[35,36,37]。以非期望产出理论为基础所建立的非导向 SBM 模型与超效率方法相结合能够避免传统模型的局限性，使得效率测度更加精准。超效率 SBM 模型相较于传统的 DEA 模型，加入了松弛变量，有效解决传统导向型 DEA 模型带来的测量误差。能够有效避免多个决策单元效率值同时为 1 而无法排序的问题。将多个非期望产出指标纳入到土地利用效率评价指标体系中，评价结果更加精准[21,38]。将不同时期的同一个城市视作不同的生产决策单元(DMU),构建的超效率 SBM 模型如下：

表 2 能源碳排放转换系数表[34]

工业能源消耗类型	折算标准煤系数	碳排放转换系数
原煤	0.714 0 kgce • kg-1	0.755 9 t • tce-1
焦炭	0.714 0 kgce • kg-1	0.855 0 t • tce-1
天然气	1.471 4 kgce • kg-1	0.488 3 t • tce-1
汽油	1.471 4 kgce • kg-1	0.553 8 t • tce-1
煤油	1.471 4 kgce • kg-1	0.571 4 t • tce-1
柴油	1.471 4 kgce • kg-1	0.591 2 t • tce-1
燃料油	1.471 4 kgce • kg-1	0.618 5 t • tce-1
电力	0.112 9 kgce • 106J	0.733 0 t • tce-1
热力	0.034 1 kgce • kW • h	0.733 0 t • tce-1

$$\rho = \min \frac{1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{s_i^-}{x_{i0}}}{1 + \frac{1}{s_1 + s_2} \left(\sum_{r=1}^{s_1} \frac{s_r^g}{y_{r0}^g} + \sum_{r=1}^{s_2} \frac{s_r^b}{y_{r0}^b} \right)}$$

s. t.

$$\begin{aligned} x_0 &= X\lambda + s^- \\ y_0^g &= Y^g\lambda - s^g \\ y_0^b &= Y^b\lambda + s^b \\ s^- &\geq 0, s^g \geq 0, s^b \geq 0, \lambda \geq 0 \end{aligned} \quad (2)$$

式中：ρ 大于 0,表示被评价单位的效率值，值越大效率越高；X、Y^g、Y^b 分别表示投入、期望产出和非期望产出；m、s₁、s₂ 分别表示投入、期望产出和非期望产出的数量；s⁻、s^g、s^b 分别表示投入、期望产出和非期望产出的松弛变量；λ 表示权向量。

1.3 空间自相关

采用 Moran' I 指数来探究长三角地区城市土地利用效率在空间上是否存在集聚性或异质性。全局 Moran' I 指数可以反映出长三角城市群城市土地利用效率的全局空间相关性，计算公式[19]为：

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x}) (x_j - \bar{x})}{S^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}} \quad (3)$$

式中：I 为全局空间自相关系数；n 为样本数量；x_i 和 x_j 分别为区域 i 和区域 j 的地理观测属性； $\bar{x}$ 为观测平均值；S² 为样本方差；w_{ij} 为空间权重矩阵，采用基于距离的空间邻近权重矩阵。当 I>0 时，存在空间正相关；当 I=0 时，不存在空间自相关；当 I<0 时，存在空间负相关。

局部 Moran' I 指数则可以分析局部区域研究属性的空间集聚特征，用来反映长三角城市土地利用效率的局域空间相关性，计算公式为：

$$I_i = \frac{(x_i - \bar{x}) \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_j - \bar{x})}{S^2} \quad (4)$$

式中：I_i 为局部空间自相关系数；其余变量含义同公式(3)。I_i>0 时表示；I_i<0 时表示局域单元非相似值空间集聚；I_i=0 表示

局域单元值空间随机分布，具体包括四类集聚状态：(1)高高集聚(2)高低集聚(3)低高集聚(4)低低集聚。

1.4 效率演化分析

本文基于 Global Malmquist-Luenberger(GML)模型分解土地利用效率的动态变化情况。GML 指数模型是基于全局生产技术构建，能够克服以几何平均形式表示的传统 Malmquist 指数存在的不足，避免生产前沿向内偏移的现象[39],并进行跨期比较。选取超效率 SBM 模型与 GML 指数模型相结合，对 2010~2019 年长三角城市土地利用效率进行测算，弥补了超效率 SBM 模型在时间序列数据上动态效率分析的不足。具体表达式如下：

$$\begin{aligned}
 M(x^t, y^t, x^{t+1}, y^{t+1}) &= \sqrt{(M_t * M_{t+1})} \\
 &= \sqrt{\left[\frac{D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^t(x^t, y^t)} \times \frac{D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^t(x^t, y^t)} \right]} \\
 &= \frac{D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^t(x^t, y^t)} \times \\
 &\quad \sqrt{\left[\frac{D^t(x^t, y^t)}{D^{t+1}(x^t, y^t)} \times \frac{D^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \right]} \quad (5)
 \end{aligned}$$

式中：Dt(xt,yt)和 Dt(xt+1,yt+1)分别表示以 t 期为基期参考时，决策单元在 t 期和 t+1 期之间的距离函数；Dt+1(xt,yt)和 Dt+1(xt+1,yt+1)分别表示以 t+1 期为基期参考时，决策单元在 t 期和 t+1 期之间的距离函数；M(xt,yt,xt+1,yt+1)表示决策单元在 t 期到 t+1 期土地利用效率的变动程度，当 M>1 时，表示城市土地利用效率水平提高，反之下降。

GML 指数可以进一步分解为追赶效率变化(Efficiency Change, EC)和技术进步变化(Technology Change, TC),如公式(6)所示，EC 反映了现有技术水平下要素配置、管理等因素导致的效率变化，TC 则是指由技术进步带来的效率变化。当 EC>1 时，表示该决策单元的技术效率相对提高，反之则表示未能充分利用某技术；当 TC>1 时，表示该决策单元技术进步，反之技术退步。

$$GML=EC \times TC \quad (6)$$

1.5 脱钩分析

在脱钩研究方面，Tapio 模型能够有效规避依赖基期选择的局限性，提高脱钩分析的准确性与客观性。本研究参考彭佳雯等[40]的脱钩类别划分标准，构建了经济增长与城市土地利用效率(ULUE)的脱钩分析模型，探讨长江三角洲城市经济增长与土地利用水平之间的时空序列演变关系。具体计算公式如下：

$$\begin{aligned}
 E_{ULUE_{t_{i+1}}-t_i} &= \frac{\% \Delta ULUE}{\% \Delta GDP} \\
 &= \frac{(ULUE_{t_{i+1}} - ULUE_{t_i}) / ULUE_{t_i}}{(GDP_{t_{i+1}} - GDP_{t_i}) / GDP_{t_i}} \quad (7)
 \end{aligned}$$

式中：EULUE 表示土地利用效率的 GDP 弹性。

根据 Tapio 脱钩分类标准(表 3),当处于扩张性负脱钩时，城市土地利用效率与经济增长的脱钩情况处于理想状态，两者均实现增长且土地利用效率的增长快于经济增长；当处于弱脱钩状态时，两者脱钩状态处于良好状态，具体表现为城市土地利用效率与经济同时增长但经济增长速度大于土地利用效率增长速度；处于强脱钩状态时，在经济增长状态下城市土地利用效率却未实现提升，脱钩状态较差。

表 3 城市土地利用效率与经济增长脱钩状态分类

脱钩状态	脱钩内涵	判定条件	脱钩状态评价
扩张性负脱钩	城市土地利用效率提升，且速度大于经济增长速度	$\Delta GDP>0, \Delta ULUE>0, E\geq 1$	理想
弱脱钩	城市土地利用效率提升，但速度小于经济增长速度	$\Delta GDP>0, \Delta ULUE>0, 0<E<1$	良好
强脱钩	城市土地利用效率下降，经济增长	$\Delta GDP>0, \Delta ULUE>0, E\leq 0$	较差
衰退性脱钩	城市土地利用效率下降，且速度大于经济下降速度	$\Delta GDP<0, \Delta ULUE<0, E\geq 1$	/
弱负脱钩	城市土地利用效率下降，且速度小于经济下降速度	$\Delta GDP<0, \Delta ULUE<0, 0<E<1$	/
强负脱钩	城市土地利用效率提升，经济下降	$\Delta GDP<0, \Delta ULUE>0, E\leq 0$	/

2 结果分析

2.1 长三角地区城市土地利用效率时空演变特征

2.1.1 时序演化特征

通过 MAXDEA Ultra8.0 测算得到 2010~2019 年长三角城市土地利用效率值。研究期内，长三角地区 41 个城市的 ULUE 总体均值为 0.71,谷值出现在 2013 年(图 2)。按照时间序列，将 2010~2019 年长三角城市土地利用效率分为 3 个阶段。

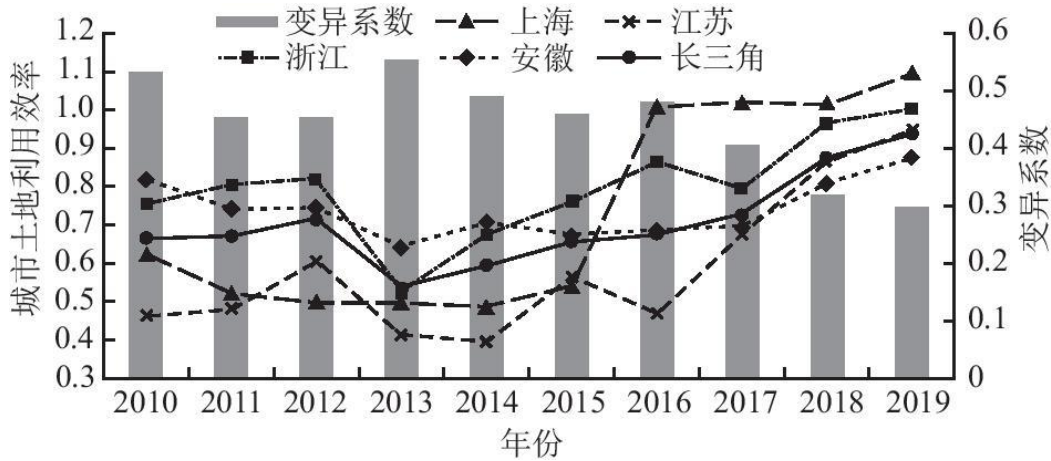


图 2 2010~2019 年长三角地区城市土地利用 效率值及变异系数

第一阶段(2010~2013 年),长三角地区城市土地利用效率均值由 2010 年的 0.66 下降到 2013 年的 0.53,下降了近 20.0%,虽然部分省市的城市土地利用效率有小幅度的上升,但总体呈现下降趋势,特别是江苏省和浙江省出现了较大幅度的下跌。变异系数由 0.53 增加到 0.55,区域差异扩大(图 2)。此阶段,城市建设用地扩张过快,生态用地减少,进而导致生态环境质量恶化,城市土地利用效率有所下降[41]。第二阶段(2013~2016 年),长三角地区的城市土地利用效率总体增长,年均增长率 7.63%,区域差异稍有减小。随着对土地资源节约集约利用等政策的实施不断推进,长三角地区城市土地利用效率逐渐提升。这一趋势也反映了中国从重视早期经济高速发展到重视经济高质量发展的更广泛转变,从而提高了城市土地利用效率[17]。其中,2015~2016 年,上海市的土地利用效率出现大幅度提升,这可能与该阶段非期望产出指标中的地均工业 SO₂ 排放量和地均工业烟尘排放量大幅减小有关,其下降幅度超 50%。第三阶段(2016~2019 年),长三角地区的城市土地利用效率仍在进一步增长,各省市增长较为同步,变异系数达到最小值(图 2),区域差异呈现收敛趋势。此阶段,长三角一体化水平不断提升,通过区域产业结构升级,部分产业向长江中上游城市和邻近城市转移。

总体来看,长三角地区土地利用效率程度不一,形成明显的区域差异。2010~2019 年长三角三省一市及整体的城市土地利用效率呈现出波动上升的动态变化过程,即“增长—下降—再增长”的演化趋势,不同省市之间的波动规律虽有所差异,仍具有一定的同步性和协调性。

2.1.2 空间演化特征

借助 ArcGIS 10.6 软件,运用自然断点法将 2010、2013、2016、2019 年长三角地区 41 个城市的土地利用效率划分为四类(图 3)。长三角地区城市土地利用效率表现出明显的空间分布差异,存在两头高-中间低、西高东低的空间格局特征。其中,浙江及上海在整个长三角地区是土地利用效率较高的区域,安徽紧随其后,形成片状分布。

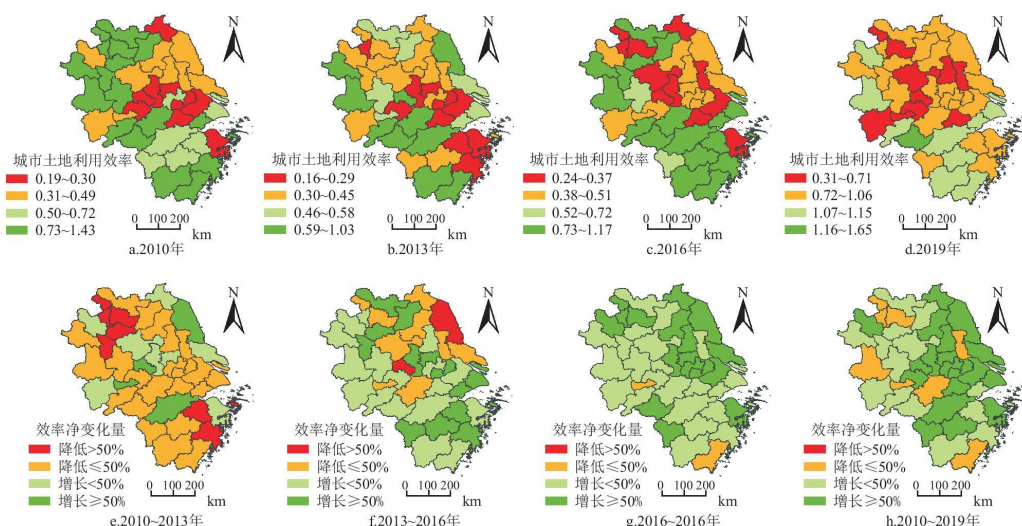


图 3 2010~2019 年长三角地区城市土地利用效率及净变化量的空间格局

从时间截面来看, 2010 和 2013 年效率较高的区域主要分布在安徽省和浙江省南部(图 3), 这些地区的经济发展相对较慢, 土地资源消耗较慢; 效率较低的城市经济发展较好, 特别是由上海和苏锡常构成的片状区域, 这些地区在经济扩张的需求下投入大量的土地, 集约利用效率低, 同时人为造成的环境污染强度大, 碳固持服务的供需关系也比较紧张[32], 导致土地利用效率降低。2016 年, 效率较高的城市数量增加, 主要集中在浙江省。上海市效率达到最高, 此阶段其城市规模已经基本形成, 不再需要依靠投入大量土地资源的粗放型经济增长, 重视土地集约利用, 相对应的期望产出要素处于较高水平, 且更加注重生态环境问题, 因此土地利用效率高。2019 年, 效率较低的城市主要集中在安徽省。江苏与安徽部分城市经济发展层次不高, 对人口、资本和技术等要素的聚集能力不足, 土地利用效率较低。值得注意的是, 滁州市、马鞍山市、芜湖市、铜陵市和安庆市的土地利用效率沿长江流向呈现出效率较高的片状集聚, 这些城市依靠长江地理优势进行产业升级和结构调整, 处于经济追赶期[42], 投入增大, 效率相对提升。

从城市土地利用效率净变化量来看, 2010~2019 年, 超 80% 的城市效率净变化量为正, 其中效率增长超 50% 的城市占比近 1/2, 多集中在江苏省和浙江省北部, 长三角地区总体的土地利用效率提升态势较好。分阶段来看, 2010~2013 年, 绝大多数城市的土地利用效率净变化量处于负增长状态, 降低幅度超 50% 的城市占比 17%, 位于安徽省东北部和浙江省东南。23 个城市的土地利用效率净变化量降低但降低幅度为超过 50%, 占比 56%。其余城市显示效率净变化量增长, 但增长幅度超过 50% 的城市只有四个, 且分布零散。2013~2016 年, 净变化量增长的城市增多, 占比超 75%, 主要表现在安徽省西部和浙江省。净变化量降低的城市主要位于江苏省, 其中盐城市的降低幅度超过了 50%, 土地利用效率出现下降趋势。2016~2019 年, 出现净变化量降低的城市只有两个, 且降低的幅度均未超过 50%。而增长率超过了 50% 的城市主要分布江苏省。

2.2 城市土地利用效率的空间聚集特征

长三角城市土地利用效率的 2010、2013、2016 和 2019 年的全局 Moran' I 指数分别为 0.164、0.122、0.199、0.082(表 4), 除 2019 年外, 均通过统计学意义上的 10% 显著性水平检验。结果表明, 除 2019 年外, 城市土地利用效率呈现空间正相关, 即长三角城市土地利用效率的空间分布并非完全随机, 形成正向空间溢出效应, 呈现出一定的空间趋同或者异质特征, 但稳定性较弱。邻近城市的土地利用效率在空间上相互关联, 一个城市的土地利用效率在受到邻近城市影响的同时, 也会影响邻近城市的土地利用效率。2010~2013 年, Moran' I 指数减小, 城市土地利用的空间集聚作用减弱; 2013~2016 年, Moran' I 指数增大, 城市土地利用的空间集聚作用增强; 虽然 2019 年的全局 Moran' I 指数未能在 10% 的水平上通过显著性检验, 但不能因此判断长三角地区土地利用效率不存在空间相关性, 由于空间相关性可能只存在于部分地区或者正负相抵, 导致在统计学上不显著[43],

需进一步测算局部 Moran' I 指数来分析局部地区的空间自相关关系。

表 4 Moran' I 指数值

年份	全局 Moran' I	z-value	p-value
2010	0.164	1.728 5	0.049
2013	0.122	1.443 0	0.079
2016	0.199	2.131 8	0.023
2019	0.082	1.096 9	0.134

长三角城市土地利用效率的局部空间关联特征如图 4 所示。2010 年，宿州市为高高集聚；亳州市为低高集聚；而呈现出低低集聚的有盐城市、扬州市、泰州市和常州市，均在江苏省内。宿州市自然条件优越，土地利用效率高。亳州市位于安徽省西北部，地理位置远离中心城市，其自身经济规模不大，不具备优势主导产业，资源管理配置能力不足，城市土地利用效率呈现出低值特征。低低集聚的城市主要位于苏中和苏北，其经济发展较苏南稍有不足，土地利用的生态效益没有得到足够重视，地区发展“南强北弱”的不均衡状态在城市土地利用水平上由此体现。2013 年，黄山市为高高集聚；低高集聚的有安庆市、芜湖市和衢州市，低低集聚的有常州市和无锡市。黄山市位于安徽省南部，建成区规模较小，碳汇高且环境污染低，在局部呈现城市土地利用效率高。2016 年，高高集聚的地区明显增加，包含黄山市、杭州市、金华市、丽水市和台州市，主要位于浙江省内；衢州市为低高集聚；而盐城市、扬州市、泰州市和无锡市呈现出低低集聚，均位于江苏省内。2019 年，主要表现为高高集聚和高低集聚，呈现高高集聚的城市为黄山市、衢州市和绍兴市，地区自然资源禀赋良好，没有高污染产业的集聚，经济发展与环境保护处于平衡状态，使城市土地利用效率较高；呈现高低集聚的城市有合肥市和南京市，该地区城市土地利用效率较高，但周边城市效率较低。作为省会城市，在城市的建设和发展中具有较高的优先地位，人口经济活动、和资源配置等相对集中，但对周边城市的带动作用不明显。

总体来看，2010 年主要为低低集聚，2013 年集聚方式较为分散，2016 年主要为低低集聚和高高集聚，2019 年主要为高高集聚和高低集聚，城市土地利用效率集聚方式呈现出“低低集聚-高高集聚”的演变特征。2010~2019 年长三角城市群有 70%以上的市域单元无显著集聚特征，说明长三角地区的城市土地利用效率集聚水平不高。

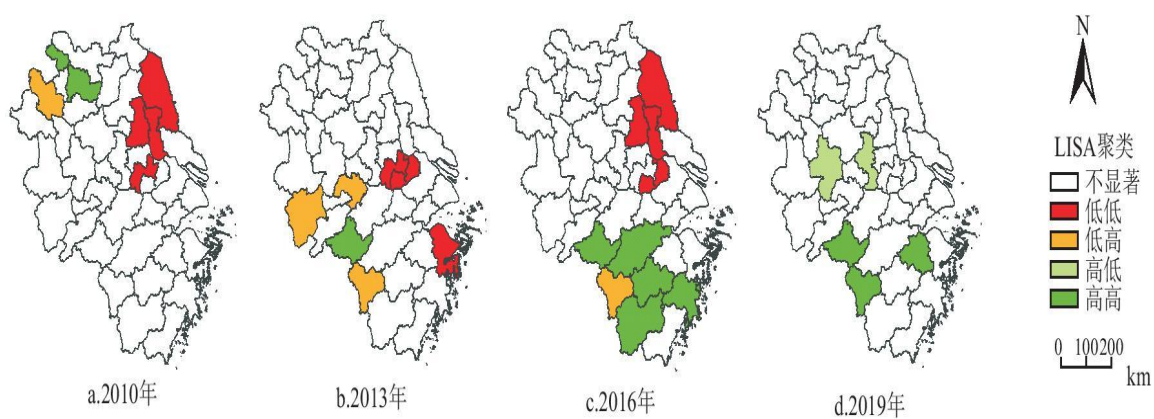


图 4 2010~2019 年长三角城市土地利用效率局部空间关联特征

2.3 城市土地利用分解效率的空间演化特征

以 2010~2019 年 Malmquist 模型的全要素生产率(GML)、追赶效率(EC)、技术进步(TC)指数的累计变化值和几何平均值[44]反映各指数的累计变化和年均变化情况(表 5)。

表 5 Malmquist 指数及其分解值

名称	累计变化值			几何平均值		
	GML	EC	TC	GML	EC	TC
上海	0.24	-0.09	0.33	1.09	1.00	1.09
江苏	0.07	0.09	-0.06	1.20	1.03	1.20
浙江	-0.02	-0.01	0.00	1.11	1.03	1.09
安徽	0.04	-0.15	0.10	1.11	1.06	1.11
	0.08	-0.04	0.09	1.13	1.03	1.12

长三角地区						
-------	--	--	--	--	--	--

2010~2019 年，整体上长三角地区全要素生产率累计增长了 8%,土地利用效率提高。具体来看，在累计变化上，上海市的增幅最大，其次分别为江苏省和安徽省，出现小幅的累计增长；浙江省累计增长存在不足，出现较小幅度的下降。各个省(市)的城市土地利用效率累计变化的差异收到经济发展、产业结构、技术水平和生态保护等多种因素的影响，因此不同的发展背景之下，各区域的城市土地利用效率变化不同。

根据计算得到 2010~2019 年的 Malmquist 模型测度结果，以三年为一个单位计算均值，绘制长三角地区城市全要素生产率、追赶效率和技术进步的时空演变图(图 5)。从全要素生产率来看，2010~2019 年长三角 41 个城市中有 40 个城市呈现效率进步，仅六安市出现了效率退步。具体来说，每一阶段效率进步的城市占比不断增加，从 46.3%增加到 85.4%再到 97.6%。从追赶效率来看，2010~2019 年长三角有 78%的城市的追赶效率呈现出较强的增长，说明其土地利用水平对规模效应仍有较大的依赖性，存在土地资源的浪费和虚耗问题。除此之外，对于追赶效率退步的城市，应当重视资源投入和规模效应的积极作用。从技术进步来看，2010~2019 年长三角城市土地利用整体上呈现技术进步，说明长三角的土地利用发展较为协调。具体来看，2010~2019 年有 97.5%的城市技术进步变化实现正增长，只有六安市处于负增长状态，其地处大别山脉，土地利用难度高，经济发展相对落后，土地利用过程中技术落后和技术管理水平低下。



图 5 2010~2019 年长三角城市 GML、EC、TC 时空分布图

综合以上,长三角城市土地利用效率在 2010~2019 年呈现增长趋势,促进各省(市)的土地利用效率提升的内在动力不同且增长幅度也不同。其中,大部分城市的土地利用效率提高是追赶效率和技术进步共同促进的结果,少部分城市仅靠技术进步来推动。追赶效率和技术进步对于提高城市土地利用效率均发挥着重要的作用,需要协调资源规模和技术进步的关系,促进土地资源的灵活配置,提高技术创新水平,共同促进长三角城市土地利用效率的提高。

2.4 脱钩关系结果分析

长江三角洲地区城市土地利用效率与经济增长之间的脱钩状态的时空演变如图 6 所示。

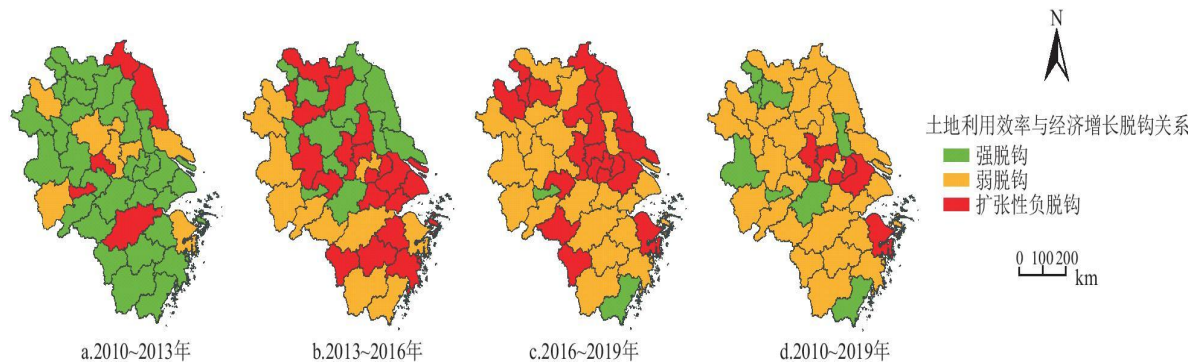


图 6 长三角城市经济增长与土地利用效率脱钩关系

从时间上来看,2010~2013 年,主要表现为强脱钩状态,集中在江苏省西部、安徽省中南部和浙江省,此时经济增长状态下土地利用效率出现下降,处于较差的发展状态。该阶段长三角城市群粗放型经济仍占有较大比重[27],在一定程度上阻碍了脱钩状态的提升。同时,南京市等 7 个城市处于弱脱钩状态,城市经济增长,城市土地利用效率提高;杭州市等 5 个城市处于扩张性负脱钩状态,其城市土地资源消耗速度小于经济增长速度,在城市发展过程中其土地利用效率在不断的提高。这些城市由于经济发展水平较高,为城市投资和资本积累提供了基础[14],进而提高城市土地利用效率。2013~2016 年,处于强脱钩状态的城市减少到 11 个,仅占比 26.8%,弱脱钩和扩张性负脱钩状态明显增加,长三角土地资源消耗与经济增长处于良好发展状态。2016~2019 年,处于扩张性负脱钩状态的城市变化不大,但处于弱脱钩状态的城市数量进一步增加,强脱钩城市仅余两个,说明区域经济在这一段时间有效增长,且城市土地资源消耗有所减缓,土地利用效率提高。这一阶段随着区域经济政策不断加强,区域协调发展促进了城市产业结构的高级化[45],从而提升了城市土地利用效率。同时,城市用地扩张速度减慢[41],脱钩效果变好。

从空间上来看,长三角城市群内各市的脱钩状态存在较大差异,大致呈现出东部优于西部的态势。2010 年~2013 年,处于扩张性负脱钩状态和弱脱钩状态的城市数量较少且分布不集中,苏北、皖北、浙南形成了脱钩状态较差的集聚区,这类外围城市经济发展层次不高,资源禀赋和区位条件较差,在区域一体化过程中集聚发展要素的能力不高[5]。2013~2016 年,处于扩张性负脱钩状态和弱脱钩的城市,以合肥、南京、杭州、上海等省会城市为中心逐渐开始集聚。总体上长三角洲南部城市的脱钩状态要优于北部城市。2016~2019 年,集聚更加明显,江苏主要以扩张性负脱钩状态为主,其他省以弱脱钩状态为主。究其原因,经济的发展为该地区环境保护提供充足的资金[27],长三角一体化水平不断提升为区域资源共享提供助力。

总体来看,2010~2019 年长三角城市经济增长与土地利用效率之间主要处于弱脱钩状态,占比为 70.7%,在空间上的分布较为集中,呈连片状。长三角地区土地利用效率与经济增长之间的脱钩关系处于良好状态,土地利用效率与经济增长同步。12.2% 城市的土地利用效率与经济增长处于扩张性负脱钩状态的理想状态,主要集中在苏南地区,经济和城市土地利用效率均出现增长且城市土地利用效率的增长速度大于经济增长的速度。部分城市处于强脱钩状态,占比 17.1%,分布非常不集中。这些城市的经济增长但土地利用效率呈现出了下降,城市土地利用仍存在不合理问题。

综上，长三角城市土地利用效率与经济增长之间主要处于良好的发展关系，但部分城市的土地利用效率出现下降趋势仍需要注意，需充分发挥长三角一体化的协调作用，实现区域整体的协调发展。

3 结论

本文基于市域尺度分析了长三角地区 41 个城市土地利用效率的时空特征，利用 GML 模型分解其效率演变并分析了其与经济发展之间的脱钩关系。得到以下几点结论：

(1)2010~2019 年，长三角地区土地利用效率总体水平较低(0.71),仍存在很大提升空间，区域差异减小。长三角地区城市土地利用效率总体呈现出“增长-下降-再增长”的演化趋势，与罗谷松等[9]对碳排放约束下省域土地利用效率演进规律相似。(2)长三角地区城市土地利用效率空间差异明显，存在两头高-中间低、西高东低的空间格局特征。安徽省和浙江省的大部分城市土地利用效率较高，而江苏省部分城市的土地利用效率不及前者。局部则呈现出“低低集聚-高高集聚”的演变特征，空间集聚态势增强，与杨清可等[46]对长三角城市土地利用空间演化特征的研究相似；总体来看，长三角城市土地利用效率集聚水平不高，与 SHI 等[6]对中国城市土地利用效率集聚情况研究一致；(3)长三角地区城市土地利用效率累计增长 8%,表现出土地利用效率良好的发展态势。多数城市的土地利用效率提高是追赶效率和技术进步共同促进的结果，只有少数城市仅靠技术进步来推动。追赶效率和技术进步对于长三角地区城市土地利用效率提升具有重要促进作用；(4)研究期内，2010~2019 年长三角城市土地利用效率与经济增长之间均主要处于弱脱钩状态，说明长三角城市发展过程中土地利用效率与经济增长之间的脱钩关系良好，经济发展逐渐摆脱以牺牲环境为代价，与陆琳忆等[27]关于长三角城市群绿色发展与经济增长的关系探究一致。

基于上述结论，针对在进一步推动长江三角洲城市区域协调发展的同时，如何提高城市土地利用效率，可以从以下几个方面入手：

(1)从城市土地利用效率分析来看，长三角三省一市中，安徽省和浙江省的城市土地利用效率表现优于江苏省及上海市。由于地区城市化发展进程不同，需要合理配置土地资源。对于土地利用效率较低且城市化进程较慢的城市，如安徽省和苏北部分城市，在开发利用时遵循土地利用总体规划、城市规划等要求，重视质量而非数量，提高城市土地利用和合理性，集约利用土地。对于城镇化率较高、城市布局基本形成的城市，如上海市和苏南部分城市，可以盘活存量土地，对粗放和低效利用的土地进行重新规划布局和整合开发，因地制宜。

(2)从空间自相关分析来看，绝大部分城市聚集效应并不明显，城市土地利用效率的集聚水平总体不高。因此，应抓住长三角一体化发展机遇，发挥城市群的集聚作用，利用中心大城市建设辐射区域内其他城市。如上海、杭州、南京等中心城市，挖掘其周边城市土地利用效率提升潜力。加强区域合作，充分利用长三角一体化发展战略优势，打破区域限制和市场限制，促进各项要素资源流动，实现跨城市、跨区域的协调与合作，最大程度利用周边城市的空间溢出效益来促进土地利用效率提升。

(3)从城市土地利用效率的分解来看，可以从追赶效率和技术进步的角度出发提升长三角城市土地利用效率。扬州、常州、无锡、宣城等城市在追赶效率方面进步不足，需要优化土地资源分配，改善管理水平，提升土地利用效率；徐州、金华、芜湖等城市则需要和技术进步上做出改进，推动技术水平提升，充分合理利用土地资源；六安市的追赶效率和技术进步均增长不足，需要在资源配置、管理水平和投入等方面促进土地利用效率；其他由追赶效率和技术进步共同促进土地利用效率提升的城市，应注重资源、管理和技术之间的平衡与协调，以期实现城市土地利用效率的不断提升。

(4)从城市土地利用效率与经济增长的脱钩分析来看，尽管脱钩状态不断改善，但仍有部分城市的土地利用效率滞后于经济增长。因此，长三角地区想要全面实现经济发展与环境的协调发展，达到较好的脱钩状态，首先需要转变经济增长方式，持续优化经济结构，实现产业转移，推动经济结构从“高能耗、高排放、高污染”向“低能耗、低排放、低污染”转化，促进长三角城市群土地利用与经济发展良性协调发展。

需要指出的是, 本文还存在一定的局限性。文章分析了长三角城市土地利用效率的时空演变过程及其与经济增长之间的脱钩关系, 但对影响城市土地利用效率的具体因素并未深入研究, 城市土地利用效率受到经济发展水平、对外开放程度、产业结构水平、政府政策管制和非期望产出等多种因素的影响, 在碳排放影响下的土地利用效率主要受到哪些因素的影响还需作进一步研究。其次是时间尺度的选择, 基于数据的可获取性选择 2010~2019 年为研究期, 而效率是动态变化的发展过程, 需要长时间段数据分析说明, 因此长时序的长三角城市土地利用效率格局空间演化和影响机制的研究将是进一步深化的方向。最后是评价指标的选取, 由于对土地利用效率的评价没有一个统一的标准, 虽借鉴了相关文献但仍存在一定的主观性, 如何选择更加科学的评价指标也是未来研究需要解决的问题。

参考文献:

[1] 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.

[2] 胡 毅, 乔伟峰, 万 懿, 等. 江苏省县域土地利用效益综合评价及其分异特征[J]. 经济地理, 2020 , 40(11) : 186-195.

HU Y , QIAO W F , WAN Y , et al. C omprehensive evaluation and spatial distinction of land use efficiency in C ounty area of Jiangsu Province [J]. Economic Geography , 2020 , 40 (11) : 186- 195.

[3] 赵丹丹, 金声甜, 鲍丙飞, 等. 基于地理探测器的中国中部城市土地绿色利用效率时空演变及影响因素研究[J]. 地球信息科学学报, 2020 , 22(12) : 2358-2370.

ZHAO D D , JIN S T , BAO B F , et al. Analysis of spatial- temporal evolution and influencing factors of green land use efficiency in central China based on geographic detector[J]. Jour-

[4] 姜 海, 陈 磊. 县域国土空间主体功能区土地资源空间配置效率及管制策略— 以江苏赣榆为例[J]. 自然资源学报, 2021 , 36(9) : 2424-2436.

JIANG H , CHEN L. Spatial allocation efficiency and control strategy of County land resources based on main functional areas of territorial space: A case study of Ganyu , Jiangsu Province [J]. Journal of Natural Resources , 2021 , 36 (9) : 2424 -2436.

[5] 杨清可, 段学军, 王 磊, 等. 长三角区域一体化与城市土地利用效率的协同测度及交互响应[J]. 资源科学, 2021 , 43(10) : 2093-2104.

YANG Q K , DUAN X J , WANG L , et al. C ollaborative meas- urement and interactive response between regional integration and urban land use efficiency in the Yangtze River Delta [J]. Resources Science , 2021 , 43(10) : 2093-2104.

[6] SHI J Y , HE Y. Evolution characteristics of urban land use efficiency under environmental constraints in China [J]. Journal of Resources and Ecology , 2021 , 12(2) : 143- 154.

-
- [7] 盖 美, 胡杭爱, 柯丽娜. 长江三角洲地区资源环境与经济增长脱钩分析[J]. 自然资源学报, 2013 , 28(2) : 185 -198.
- GAI M , HU H A , KE L N. Decoupling analysis between economic development and resources and environmental of the Yangtze River Delta [J]. Journal of Natural Resources , 2013 , 28(2) : 185- 198.
- [8] 张智博, 段艳平, 涂耀仁, 等. 长三角一体化示范区青浦区水体表层沉积物有机质分布特征、来源解析及污染评价[J]. 环境科学, 2022 , 43(6) : 3066-3076.
- ZHANG Z B , DUAN Y P , TU Y R , et al. Distribution characteristics , source analysis , and pollution evaluation of organic matter in surface sediments of Qingpu district , Yangtze River Delta integration demonstration area [J]. Environmental Science , 2022 , 43(6) : 1 - 16
- [9] 罗谷松, 李 涛. 碳排放影响下的中国省域土地利用效率差异动态变化与影响因素[J]. 生态学报, 2019 , 39 (13) : 4751 -4760.
- LUO G S , LI T. Dynamic change and driving factors of land use efficiency differences affected by carbon emissions at the provincial level in China[J]. Acta Ecologica Sinica , 2019 , 39(13) : 4751 -4760.
- [10] BRAIMOH A K , ONISHI T. Spatial determinants of urban land use change in Lagos , Nigeria[J]. Land Use Policy , 2007 , 24 (2) : 502-515.
- [11] VERBURG P H , VAN BERKEL D B , VAN DOORN A M , et al. Trajectories of land use change in Europe: A model-based exploration of rural futures [J]. Landscape Ecology , 2010 , 25 (2) : 217-232.
- [12] PENAZZI S , ACCORSI R , MANZINI R. Planning low carbon urban-rural ecosystems: An integrated transport land-use model
- [13] DU J , THILL J C , PEISER R B. Land pricing and its impact on land use efficiency in post-land-reform China: A case study
- [14] 张英浩, 陈江龙, 高金龙, 等. 经济转型视角下长三角城市土地利用效率影响机制[J]. 自然资源学报, 2019 , 34(6) : 1157- 1170.
- ZHANG Y H , CHEN J L , GAO J L , et al. The impact mechanism of urban land use efficiency in the Yangtze River Delta from the perspective of economic transition [J]. Journal of Natural Resources , 2019 , 34(6) : 1157- 1170
- [15] 姬志恒, 张 鹏. 环境约束下中国城市土地利用效率空间差异及驱动机制—基于 285 个地级及以上城市的研究[J]. 中国土地科学, 2020 , 34(8) : 72-79.
- JI Z H , ZHANG P. Spatial difference and driving mechanism of urban land use efficiency under the environmental constraints: Based on 285 cities in China [J]. China Land Science , 2020 , 34(8) : 72-79.
- [16] 赵继宾. 基于三阶段超效率 DEA 的河南省城市土地利用效率研究[D]. 开封: 河南大学, 2018.

ZHAO J B. Study on Urban Land Use Efficiency in Henan Province Based on three - state super - efficient DEA [D] . Kaifeng:Henan University , 2018.

[17] 胡碧霞, 李 菁, 匡 兵. 绿色发展理念下城市土地利用效率差异的演进特征及影响因素[J] . 经济地理, 2018 , 38(12) : 183- 189.

HU B X , LI J , KUANG B. Evolution characteristics and influencing factors of urban land use efficiency difference under the concept of green development[J] . Economic Geography , 2018 , 38(12) : 183- 189.

[18] 李国煜, 王嘉怡, 曹 宇, 等. 碳排放约束下的福建省城镇建设土地利用效率动态变化与影响因素[J] . 中国土地科学, 2020 , 34(4) : 69-77.

LI G Y , WANG J Y , CAO Y , et al. Dynamic changes and influencing factors of urban construction land use efficiency under carbon emission constraint in Fujian province [J] . China Land Science , 2020 , 34(4) : 69-77.

[19] 匡 兵, 卢新海, 韩 璟, 等. 考虑碳排放的粮食主产区耕地利用效率区域差异与变化[J] . 农业工程学报, 2018 , 34(11) : 1 - 8.

KUANG B , LU X H , HAN J , et al. Regional differences and dynamic evolution of cultivated land use efficiency in major grain producing areas in low carbon perspective [J] . Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering , 2018 , 34(11) : p1 - 8.

[20] 张雅杰, 金 海. 长江中游地区城市建设土地利用效率及驱动机理研究[J] . 资源科学, 2015 , 37(7) : 1384- 1393.

ZHANG Y J , JIN H. Research on efficiency of urban construction land and the drive mechanism in the Mid- Yangtze River [J] . Resources Science , 2015 , 37(7) : 1384- 1393.

[21] 张诗嘉, 刘晓英, 杜书云. 中原城市群城市土地利用效率时空差异及影响因素研究 [J] . 长江流域资源与环境, 2021 , 30(10) : 2417-2429.

ZHANG S J , LIU X Y , DU S Y. Spatial- temporal differences and influencing factors of urban land use efficiency in central Plains urban agglomeration [J] . Resources and Environment in the Yangtze Basin , 2021 , 30(10) : 2417-2429.

[22] 高重阳, 廖亚辉. 基于脱钩视角城市土地利用效率变化研究— 以云南省为例 [J] . 国土与自然资源研究 , 2021(6) : 1 -6.

GAO C Y , LIAO Y H. Research on the change of urban land use efficiency from the perspective of decoupling: A case study of Yunnan Province [J] . Territory & Natural Resources Study , 2021(6) : 1 -6.

[23] 江 晨 , 鲁成树 , 房 静. 安徽省城市土地利用效率及其时空演进分析[J] . 国土资源情报, 2021(12) : 49-57.

JIANG C , LU C S , FANG J. Analysis of urban land use efficiency and its temporal and spatial evolution in Anhui Province [J] . Land and Resources Information , 2021(12) : 49-57.

[24] 宋家鹏,陈松林. 经济集聚对中国三大城市群土地利用生态效率的影响[J] . 自然资源学报, 2021 , 36(11) : 2865 -2877.

SONG J P , CHEN S L. Impact of economic agglomeration on land use eco - efficiency of three major urban agglomerations in China[J] . Journal of Natural Resources , 2021 , 36 (11) : 2865-2877.

[25] LU Y. A comparative study on the land use efficiency of three urban agglomerations: Based on the three - stage DEA model [J] . Management Studies , 2021 , 9(3) : 190-202.

[26] 朱红波, 宁思银. 成渝城市群城市土地利用效率及其影响因素—基于环境约束的视角[J] . 调研世界, 2021 (8) :43-50.

ZHU H B , NING S Y. Urban land use efficiency and its influencing factors in Chengdu: Chongqing urban agglomeration: From the perspective of environmental constraints [J] . The World of Survey and Research , 2021(8) : 43-50.

[27] 陆琳忆,胡森林,何金廖,等. 长三角城市群绿色发展与经济增长的关系—基于脱钩指数的分析. 经济地理, 2020 ,40(7) : 40-48.

LU L Y , HU S L , HE J L , et al. Relationship between green development and economic growth of Yangtze River Delta urban agglomeration: Based on the decoupling index analysis [J] . Economic Geography , 2020 , 40(7) : 40-48.

[28] 王翔宇, 高培超, 宋长青, 等. 不同尺度下城市用地扩张与经济增长的脱钩关系—以山东省为例 [J] . 经济地理, 2021 ,41(3) : 97- 104.

GAO X Y , GAO P C , SONG C Q , et al. Decoupling analysis between urban land expansion and economic growth at the different scale: A case study of Shandong Province in China [J] . Economic Geography , 2021 , 41(3) : 97- 104.

[29] 王宏玉, 胡守庚, 卢静. 中国建设用地扩张与经济增长脱钩关系及管控策略[J] . 中国土地科学, 2019 , 33 (3) :68-76.

WANG H Y , HU S G , LU J. Decoupling relationship between China’ s construction land expansion and economic growth and its control strategies[J] . China Land Science , 2021 , 41(03) : 97- 104.

[30] 赵晓东, 王静, 郭柏枢, 等. 滨海地区建设用地扩张、利用效率及脱钩关系—以江苏省大丰区为例[J] . 水土保持研究, 2020 , 27(5) : 340-348.

ZHAO X D , WANG J , GUO B S , et al. Expansion , utilization efficiency and decoupling relationship of construction land in coastal areas: A case study of Dafeng district, Jiangsu Province [J] . Research of Soil and Water Conservation , 2020 , 27 (5) : 340—348.

[31] 孔雪松, 陈俊励, 王静, 等. 耦合土地利用格局与过程变化的生态干扰评价—以长三角地区为例 [J] . 地理科学, 2021 , 41 (11) : 2031—2041.

KONG X S , CHEN J L , WANG J , et al. Evaluation of ecological d

isturbance coupling land use pattern and process change: Taking the Yangtze River Delta as an example [J]. Scientia Geographica Sinica, 2021, 41 (11): 2031—2041.

[32] 郭 杰,丁冠乔,刘晓曼,等.城镇景观格局对区域碳排放影响及其差别化管控研究[J].中国人口·资源与环境,2018,28 (10): 55—61.

GUO J, DING G Q, LIU X M, et al. Effect of urban landscape pattern on regional carbon emissions and its differential regulation [J]. China Population Resources and Environment, 2018, 28 (10): 55—61.

[33] 马 远,刘真真.黄河流域土地利用碳排放的时空演变及影响因素研究 [J].生态经济,2021,37 (7): 35—43.

MA Y, LIU Z Z. Spatial-temporal evolution and influencing factors of carbon emissions from land use in the Yellow River Basin [J]. Ecological Economy, 2021, 37 (7): 35—43.

[34] 秦 岩,於 冉,於忠祥,等.2000—2018 年长三角中心区土地利用碳排放强度的时空特征 [J].河南农业大学学报,2021,55 (1): 132—140.

QIN Y, YU R, YU Z X, et al. Spatial and temporal characteristics of land use carbon emission intensity in the central area of Yangtze River Delta from 2000 to 2018 [J]. Journal of Henan Agricultural University, 2021, 55 (1): 132—140.

[35] TONE K. A slacks - based measure of efficiency in data envelopment analysis [J]. European Journal of Operational Research, 2001, 130 (3): 498—509.

[36] TONE K. A slacks - based measure of super-efficiency in data envelopment analysis [J]. European Journal of Operational Research,

[37] TONE K. Dealing with undesirable outputs in DEA: A slacks - based measure (SBM) approach [J]. Grips Research Report, 2003.

[38] 刘蒙罢,张安录,文高辉.长江中下游粮食主产区耕地利用生态效率区域差异与空间收敛[J].自然资源学报,2022,37 (2): 477—493.

LIU M B, ZHANG A L, WEN G H. Regional differences and spatia

l convergence in the ecological efficiency of cultivated land use in the main grain producing areas in the Yangtze Region [J]. Journal of Natural Resources, 2022, 37 (2): 477-493.

[39] 梁建飞, 陈松林. 环境约束下的福建省城市建设用地利用效率及驱动因素 [J]. 自然资源学报, 2020, 35 (12): 2862-2874.

LIANG J F, CHEN S L. Research on the land - use efficiency and driving factors of urban construction in Fujian Province under environmental constraints [J]. Journal of Natural Resources, 2020, 35 (12): 2862-2874.

[40] 彭佳雯, 黄贤金, 钟太洋, 等. 中国经济增长与能源碳排放的脱钩研究 [J]. 资源科学, 2011, 33 (4): 626-633.

PENG J W, HUANG X J, ZHONG T Y, et al. Decoupling analysis of economic growth and energy carbon emissions in Chi-

[41] 乔文怡, 黄贤金. 长三角城市群城镇用地扩展时空格局及驱动力解析 [J]. 经济地理, 2021, 41 (9): 162-173.

QIAO W Y, HUANG X J. Patterns of urban land expansion and its driving forces in Yangtze River Delta urban agglomeration [J]. Economic Geography, 2021, 41 (9): 162-173.

[42] 刘培林, 贾 珅, 张 勋. 后发经济体的“追赶周期 [J]. 管理世界, 2015 (5): 6-17.

LIU P L, JIA K, ZHANG X. “ catch up cycle ” of late- 17.

[43] 石 慧, 吴方卫. 中国农业生产率地区差异的影响因素研究—基于空间计量的分析 [J]. 世界经济文汇, 2011 (3): 59-73.

SHI H, WU F W. Industrialization, urbanization and the productivity progress of agriculture [J]. World Economic Papers, 2011 (3): 59-73.

[44] 关 伟, 王超男, 许淑婷. 能源生态效率评价及其与经济增长脱钩分析—以黄河流域 9 省区为例 [J]. 资源开发与市场, 2022, 38 (1): 23-30.

GUAN W, WANG C N, XU S T. Evaluation of energy eco- efficiency and its decoupling from economic growth: Taking 9 provinces and regions in the Yellow River Basin as an example [J]. Resource Development & Market, 2022, 38 (1): 23-30.

[45] 郭家堂, 刘 亮. 区域协调发展、产业结构优化与全要素生产率—以长三角为例[J]. 统计与决策, 2022, 38(24): 97—102.

GUO J T, LIU L. Regional coordinated development, industrial structure optimization and total factor productivity: Taking the Yangtze River Delta as an example [J]. Statistics and Decision, 2022, 38(24): 97—102.

[46] 杨清可, 谷 娇, 王 磊, 等. 长三角区域一体化对城市土地利用效率动态演化的影响因素分析. 长江流域资源与环境, 2022, 31(7): 1455—1466.

YANG Q K, GU J, WANG L, et al. Analysis on influence factors of regional integration of Yangtze River Delta on urban land use efficiency pattern evolution [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2022, 31(7): 1455—1466.