

区域一体化背景下城市土地绿色 利用效率空间收敛分析 ——以长江经济带为例

葛堃^{1a, 1b} 邹珊^{1a, 1b} 卢新海^{2, 3} 陈丹玲⁴ 匡兵³¹

(1. 江西师范大学 a. 城市建设学院; b. 不动产研究所, 江西 南昌 330022;

2. 华中科技大学 公共管理学院, 湖北 武汉 430074;

3. 华中师范大学 公共管理学院, 湖北 武汉 430079;

4. 华中农业大学 公共管理学院, 湖北 武汉 430070)

【摘要】: 文章在构建城市土地绿色利用效率 (ULGUE) “规模+效益+可持续”测度指标体系的基础上, 运用随机森林算法、探索性空间分析及动态空间收敛模型研究区域一体化背景下长江经济带 ULGUE 的空间格局及收敛形态。研究发现: 2003—2017 年长江经济带 ULGUE 整体上表现出波动上升态势, 呈现上中下游梯度递增的空间格局; 各省域间 ULGUE 存在逐渐强化的空间关联, 且 HH 集聚和 LL 集聚是其主要的空间集聚模式; 长江经济带整体及其下游地区存在 ULGUE 绝对 β 收敛趋势, 长江经济带全域范围内存在 ULGUE 的条件 β 收敛。

【关键词】: 城市土地 绿色利用效率 空间收敛 区域一体化

【中图分类号】: F127; F293.2 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1007-5097 (2021) 03-0031-11

一、引言

区域一体化是不同国家或区域通过一系列制度设计和政策安排来实现高层次城市化的过程, 也是提高经济增长质量和推进

作者简介: 葛堃 (1986-), 男, 江西奉新人, 讲师, 博士, 研究方向: 区域发展与土地利用;

邹珊 (1996-), 女, 江西丰城人, 硕士研究生, 研究方向: 区域发展与土地利用;

卢新海 (1965-), 男, 湖北洪湖人, 教授, 博士, 研究方向: 土地资源管理, 粮食安全;

陈丹玲 (1993-), 女, 江苏徐州人, 讲师, 博士, 研究方向: 土地利用与管理, 粮食安全;

匡兵 (1990-), 男, 湖北咸宁人, 讲师, 博士, 研究方向: 土地利用与管理, 粮食安全。

基金项目: 国家自然科学基金青年项目“新旧动能转换背景下城市土地绿色低碳利用的动力机制及路径选择研究”(41901256); 江西省社会科学“十三五”基金项目“耕地休耕对乡村振兴战略的影响研究: 机制剖析、效应评估与政策优化”(20GL37); 江西省教育厅科学技术研究项目“农业‘走出去’战略下中国海外耕地投资响应与适应机制研究”(GJJ191710)

区域绿色发展的重要途径和关键环节^[1-2]。城市土地作为一切社会经济要素交流互动的物质基础，也是城市绿色发展的空间载体，实现城市土地利用与绿色发展的协调统一已经成为区域一体化发展背景下高效利用城市土地资源的必然选择^[3]。然而随着区域一体化的加速推进，城市土地持续过度扩张，城市土地利用效率水平整体较低，同时还伴随着日益加剧的城市土地利用高能耗、高碳排、高污染等问题^[4]，社会经济的可持续发展面临严峻考验。在资源约束趋紧、环境污染严重、生态系统退化等现实背景下，将与自然和谐相处、永续发展的绿色发展理念贯彻到城市土地利用过程中，推行城市土地绿色利用，加快提升城市土地绿色利用效率以及改善区域生态环境绩效，对于实现中国经济可持续发展、环境持续改善以及区域协调发展等多重目标至关重要，同时这也是管理学、区域经济学及土地科学等学科研究的前沿主题。

事实上，学者们已对城市土地效率的评价指标体系构建^[5-6]、测度方法创新^[5,7]、区域差异分析^[8]、影响因素识别^[9]及土地资源优化配置^[10]等方面进行了系统研究。但是直接有关区域一体化背景下城市土地绿色利用效率（UrbanL and Green Use Efficiency, ULGUE）的研究较少。在传统只考虑期望产出的城市土地利用效率评价的基础上，伴随着社会经济发展理念的转变，很多学者开始注意到区域一体化的外在表现形式——城市群的城市土地利用对绿色发展所产生的影响^[8,11-13]，间接对 ULGUE 进行研究。他们通常将城市土地利用所产生的“三废排放”作为非期望产出，并将这类指标纳入城市土地利用效率测度体系，以此探究特定城市群内城市土地绿色利用的效率水平和路径策略。李长健等^[11]将单位土地面积城市人口、工业二氧化硫排放量纳入城市群土地利用效率测算中，以揭示长江中游城市群土地利用效率的现实机理与时空分异特征，并探索区域协调、绿色发展和资源共享意义下的城市土地利用思路。郭斌等^[12]在将 PM10 年均浓度、SO₂ 平均浓度和污水化学需氧量排放量作为非期望产出的情况下，发现非期望产出对关中城市群城市土地利用效率存在负向影响。王德起等^[13]将工业废水排放、工业废气排放和工业固体废弃物排放纳入“投入+期望产出+非期望”模型中，分析环境要素对不同城市群内城市土地利用过程和效率的影响。随着对环境问题的关注，部分学者基于发展低碳经济的思想，构建了低碳理念下城市土地利用效率评价指标体系。如陈丹玲等^[8]、Huang 等^[14]将城市能源二氧化碳排放量作为生态负效应指标，分别考察长江中游城市群和长江经济带城市土地利用效率的时空演变特征。除此之外，部分学者还从环境友好^[15]、可持续发展^[16]等角度间接对区域一体化背景下 ULGUE 评价体系进行了研究。基于这些效率测算指标体系，学者们多运用“SBM 模型+GIS 可视化分析+传统收敛模型”^[17]的研究框架对城市群内城市土地利用效率的空间差异及其收敛情况进行定量刻画。

但应该看到，区域一体化背景下土地绿色利用是在区域空间关联条件、特定时期、低能源损耗、低污染物排放和低碳排放多目标约束条件下实现最优水平的土地利用方式，现有研究忽视了一体化对土地利用能源节约的影响，对环境效益具体指标如何纳入评价体系仍然缺乏统一认识，所考虑的非期望产出指标难以全面描述一体化背景下城市土地绿色利用效率的发展水平。研究方法上，已有研究表明区域一体化背景下城市土地利用效率会受到地方政府竞争的影响存在空间互动^[5,8]，而传统收敛模型将各研究区域当作完全独立的截面个体，没有考虑地理空间效应在区域间城市土地利用绿色效率收敛变化过程中的作用，导致结果有所偏误。

本文以长江经济带 2003—2017 年数据为研究样本，构建 ULGUE 测度指标体系，分别引入随机森林算法、探索性空间数据分析法和空间收敛模型对区域一体化背景下的 ULGUE 进行综合测算，对其空间格局及空间敛散形态进行探讨和分析，以期对区域一体化背景下城市土地利用结构和方式的联合优化提供理论和实践借鉴。

二、理论框架

（一）ULGUE 概念界定

在绿色发展的客观现实下，ULGUE 不仅强调“经济—社会—生态环境”三大子系统的耦合，而且要求城市土地利用过程和方式兼顾能源节约、低污染排放、低碳排放等多元目标。ULGUE 与城市土地利用经济效率、城市土地利用环境效率及城市土地利用效率既彼此关联又相互区分。城市土地利用经济效率偏重于经济方面的产出，并将经济效益作为唯一期望产出指标^[18]；城市土地利用环境效益侧重于实现经济收益最大化和环境污染最小化，并将经济效益和污染物排放相关指标分别作为期望和非期望产

出指标^[14]；城市土地绿色利用效率则侧重于在要素规模投入，特别是能源投入约束下，实现经济收益和社会产出最大化及环境治理最优化。城市土地利用效率是在继承城市土地经济效率的基础上加入“环境因素”的约束，而城市土地利用绿色效率则是在两者的基础上加入“社会产出”因素和“低碳治理”因素，这是土地利用社会需求持续增长和绿色生态发展的必然结果。综上，ULGUE 是在能源要素投入、污染物排放及碳排放三重约束下城市土地利用系统的社会、经济及生态产出能力及水平。

（二）区域一体化背景下 ULGUE 空间收敛的理论机理

从经济理论上，随着城市土地扩张，ULGUE 高值区具有更强的经济基础、技术水平和绿色创新能力，能够吸引更多有利于 ULGUE 增长的高质量发展要素，从而进一步扩大各区域因初始效率水平、技术条件和要素结构不同而产生的 ULGUE 空间差异，导致效率增长的区域发散^[19-20]。然而，在区域一体化背景下，不同空间范围内城市经济增长策略逐渐由相互竞争转换为横向合作，这一转变带来的政府政策支持、产业结构选择、资源要素集聚和生产技术创新等都会从宏观、中观和微观层面直接或间接影响城市土地利用效率的空间收敛，如图 1 所示。

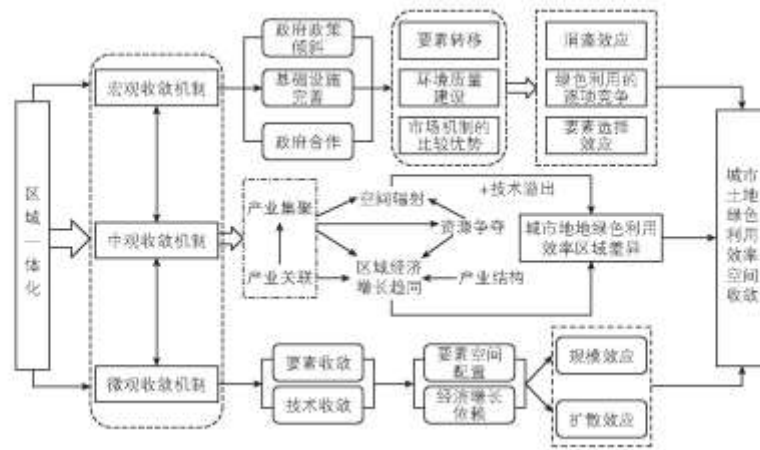


图 1 区域一体化背景下 ULGUE 的空间收敛机理

宏观层面的收敛机制主要是政府收敛机制。区域一体化战略是以政府合作为基础而启动的，其最终意图是实现特定区域内不同层级城市间经济生产的地区均衡^[2,5]。在区域一体化推进过程中，更多“均衡性”和“充分性”的城市发展政策和技术扶持政策会进一步鼓励知识、技术、创新等高质量要素向相对落后的区域集聚^[1]，产生的“涓滴效应”能够强化落后区域 ULGUE 的内生发展能力，促使区域内 ULGUE 收敛增长。更关键的是，为了保持经济高质量增长的优势，一体化背景下城市基础设施特别是城市边缘地区交通基础设施的完善会更多地考虑城市土地利用过程中环境质量的建设，进而引发区域间绿色化土地利用方式的“逐地竞争”^[3,5,21]。另一方面，区域一体化背景下政府合作模式的改变和区域间政府行政权的协调与融合，使得市场机制得以有效发挥，在强化生产资源和要素优胜劣汰的同时弱化中心城市发展的“极化效应”，进而减小 ULGUE 的区域差异^[5,11]。

中观层面的收敛机制是结构收敛机制。随着区域经济联系的日益密切，区域内中心和边缘城市间各产业主体在规模、分工和与空间布局等方面进行广泛联动并结合为一个“整体”^[18,22]，这一过程中 ULGUE 将会发生显著改变。中心城市的替代性或互补性产业（尤其是高新技术低碳产业）为了争夺高质量的生产资源并减少环境成本在某一地理空间的集聚而形成的产业共同体，会对相邻边缘区域产生空间辐射效应，加之产业自身技术知识的空间溢出，两种效应的交叉重叠和相互融合都会在一定程度上弱化 ULGUE 的区域差异。在这些效应的作用下，区域一体化能够更好地发挥出产业结构变化、产业集聚等与区域经济发展收敛性间的相互作用。随着各地区经济发展结构逐渐趋同，不同城市间产业结构的关联和协同效应逐年凸显，最终实现 ULGUE 的空间趋同^[19,21]。

微观层面的收敛机制包括要素收敛机制和技术收敛机制。区域一体化进程中，综合化、多元化、高层次的产品生产需求会加快清洁型生产要素的跨区域流动，拓宽生产要素的配置范围并提高其空间配置效率^[5, 23]。在这一过程中，发达地区的绿色化资本和要素流入欠发达地区的初级产业，进一步刺激后者土地不断扩张以提高土地绿色利用的规模效应，ULGUE 的区域差异趋于减小。同时，一体化背景下各区域间经济增长依赖性的增强导致技术扩散效应受空间距离和经济禀赋的影响逐渐减弱^[24]。在技术通过生产要素流动从中心城市扩散至边缘城市的过程中，毗邻空间单元间的 ULGUE 增长出现收敛现象。

三、研究设计

（一）研究区概况

长江经济带以长江上、中、下流域为纽带，是包含上海、江苏、浙江、安徽、江西、湖北、湖南、重庆、四川、贵州、云南 9 省 2 直辖市的区域一体化共同体，也是我国绿色发展及生态安全格局维护的核心区域（图 2）。长江经济带作为我国发展潜力最大、战略支撑作用最强的经济协作带和生态文明建设带，伴随“一带一路”倡议和国家绿色发展战略的深入推进，该区域积极响应国家政策号召，大力推动其区域一体化进程并取得了实质性进展。然而，巨大区域建设成就及经济快速发展的背后，资源环境的胁迫效应对该区域城市土地利用的约束日益凸显，高消耗、高污染、高碳排、偏重数量扩张的土地利用模式越发难以为继^[17]。同时，长江经济带区域间经济条件、资源禀赋、产业结构及政策支持等存在显著差异，也为土地绿色利用效益的协同提升带来了严峻挑战。在这一现实背景下，实现绿色发展与土地利用的协调融合已成为实现本区域社会经济可持续、高质量发展的必然选择。

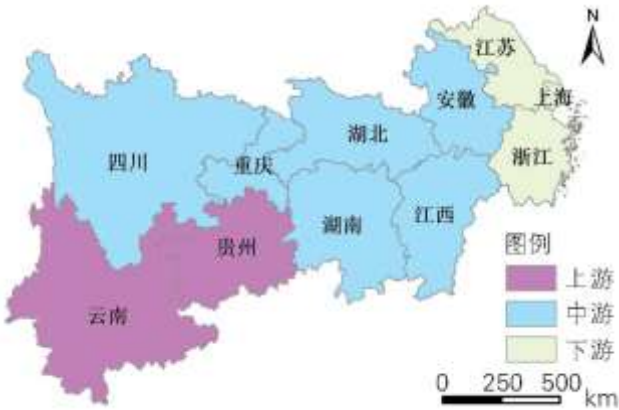


图 2 长江经济带空间范围

（二）指标体系构建

结合前文分析，并参考既有文献^[13, 19, 25]，将能源投入、污染物排放和碳排放同时纳入测度框架中，构建区域一体化背景下长江经济带 ULGUE “规模+效益+可持续”综合测度体系。具体指标选取和计算方法见表 1 所列。其中规模维度指标包括土地、劳动力、资本及能源等具有生产功能的实体要素的投入。效益维度指标包括城市土地利用产生的经济、社会及生态的绿色发展，社会绿色发展指数参考梁流涛等^[21]的研究，运用熵权法从人口控制指标、人口素质、医疗资源三方面选取人口增长率、大专以上文化程度人口占总人口的比重、每万人拥有的病床数三个指标计算所得。可持续性层面的指标主要考虑电力消耗、污染物排放和城市土地利用碳排放的三重约束，其中污染物排放用复合污染指数表示，运用熵权法计算所得，城市土地利用碳排放主要考虑能源消耗碳排放，包括原煤、焦炭、汽油、煤油、柴油、燃料油、液化石油气、天然气、洗精煤、其他洗煤和焦炉煤气消耗所产生的碳排放。

表 1 ULGUE 测度指标体系

子目标	准则层	指标层	单位
规模 维度	土地规模	建成区面积	km ²
	人力规模	地均第三产业从业人员	10 ⁴ 人/km ²
	资本规模	地均固定资产投资	10 ⁴ 元/km ²
效益 效度	绿色经济增长	地均高新技术产业产值	10 ⁴ 元/km ²
	绿色社会发展	社会绿色发展指数 ^[21]	—
	绿色生态	建成区绿化面积覆盖率	%
可持续 维度	节能	单位 GDP 耗电量	kw/10 ⁴ 元
	减排	污染物排放综合指数	—
	低碳	城市土地利用能源碳排放量	10 ⁴ t

注：污染物排放综合指数 $P=w_1p_1+w_2p_2+w_3p_3$, w_j 和 p_j 分别为工业废气、工业废水和固体废弃物的污染程度得分和权重；能源消费碳排放量核算公式为 $CE_{\text{Energy}}=\sum (CO_2)_i=\sum E_i\times CEF_i$, i 为能源类别, E_i 表示能源 i 的终端消费量（按标准煤计，单位万吨）， CEF_i 为能源 i 的碳排放系数。

（三）研究方法

1. ULGUE 测度的随机森林算法

随机森林算法（Random Forest, RF）是一种典型的机器学习方法，它是由多棵分类树组合形成的一种非线性建模的无约束限制学习机制^[26]。该方法不仅能够有效弥补 SBM 模型中评价结果易受极值影响、生产函数确定主观及指标选取受限等缺陷，而且可以相应地运算出指标的最佳线性分解算法以构建指标的最佳权重赋权机制来统一多元指标，能够成为测度 ULGUE 综合指数的理想工具。ULGUE 的测度步骤如下：

第一步，分类树构造。将 ULGUE 测度的原始训练样本集记为 $T=\{(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_m, y_m)\}$ 。采用 Bootstrap 抽样法从中原始样本集中抽取 2/3 的样本形成一个随机向量序列 T_1 ，重复 k 次形成 k 个独立同分布的训练集 $\{T_k, t=1, 2, \dots, k\}$ 。在此基础上，计算每个指标变量蕴含的 Gini 指数并生成包含 k 棵数的决策“森林”。

第二步，随机森林权重计算。假设第 i 棵分类树原分割基尼指数为 $Gini_{e_i}$ ，对袋外数据第 j 个指标分解变量的属性值 X 进行随机序列变化，重新计算新的基尼指数 $Gini_{e_i}^j$ ，则属性 X 在相应单棵分类树的权重表示为 $Gini_{e_i}-Gini_{e_i}^j$ ，第 j 个分解指标的动态权重为森林中所有分类树 Gini 的均值。第三步，加权组合。输出各分解变量的随机森林权重，并将待测样本集输入各训练完毕的 RF 分类树中，各棵分类树叶子节点上 ULGUE 水平的平均值即为所求的 ULGUE 综合测度值。

2. 探索性空间数据分析

基于 RF 模型的测度结果，本文进一步采用探索性空间数据分析（Exploratory Spatial Data Analysis, ESDA）探讨 ULGUE 指数的空间特征。ESDA 的基本思想是利用空间相关性分析来分析特定区域内某一经济活动或地理现象的空间格局和分布特征，主要包括全局空间相关性分析和局域空间相关性分析^[21, 27]。全局空间相关主要用于分析 ULGUE 在区域整体的空间关联程度及差异特征，常用 Moran. sI 统计量表示，其计算公式如下：

$$\text{Moran's } I_{\text{全局}} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j \neq i}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sigma^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j \neq i}^n w_{ij}} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j \neq i}^n w_{ij} (x_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i)(x_j - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i)}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i)^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j \neq i}^n w_{ij}}$$

其中： x_i 、 x_j 分别表示空间地域单元 i 和 j 的 ULGUE 观测值，且 $i \neq j$ ； w_{ij} 表示地理相邻空间权重矩阵，若 i 和 j 彼此相邻，则 $w_{ij}=1$ ，否则 $w_{ij}=0$ ； $\bar{x}$ 表示 ULGUE 的平均值； σ 表示 ULGUE 的方差； n 表示空间单元总数。

但是，全局空间相关性无法识别出某一区域本身与相邻地区间 ULGUE 局部空间非平稳和异质性特征。因此，本文计算 Local Moran. SI 统计量，并绘制 Moran 散点图或 LISA 聚集图来解释 ULGUE 的聚集或分散现象，其计算公式如下：

$$\text{Moran's } I_{\text{局部}} = \frac{n(x_i - \bar{x}) \sum_{j \neq i}^n w_{ij} (x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

3. 动态空间收敛模型

考虑区域间 ULGUE 的空间关联性，为了更准确地考察区域一体化背景下长江经济带 ULGUE 的空间演变趋势，本文构建纳入空间权重矩阵并适用于截面数据的空间 β 收敛模型，主要包括 β 收敛模型的空间误差模型（SEM）和空间滞后模型（SLM），公式分别如下：

$$\ln \frac{y_{i,T+t}}{y_{i,t}} = \alpha + \beta \ln(y_{i,t}) + \rho W \ln \frac{y_{i,T+t}}{y_{i,t}} + \varepsilon_{i,t}$$

$$\ln \frac{y_{i,T+t}}{y_{i,t}} = \alpha + \beta \ln(y_{i,t}) + \lambda W \varepsilon_{i,t} + \mu_{i,t}$$

其中： $\ln(y_{i,T+t}/y_{i,t})$ 为第 t 到 $T+t$ 年间区域 i 的 ULGUE 年均变化速率的自然对数值； $\ln y_{i,t}$ 为区域 i 在 t 年 ULGUE 的自然对数值； $\varepsilon_{i,t}$ 为随机误差。若 β 大于 0，则区域间存在 β 收敛，否则发散。

（四）数据来源

基础数据主要包括地理要素数据和社会经济数据，地理要素数据来源于国家基础地理数据库，信息社会经济数据主要来源于 2004—2018 年《中国统计年鉴》及各省统计年鉴。同时为了消除价格因素的影响，本文以 2003 年为基期价格，并用 GDP 平减指数和固定资产价格指数对相应经济指标进行换算。

四、结果分析

（一）典型化事实描述

基于上述评价指标体系,运用 Matlab2015a 工具箱测算得到 2003—2017 年长江经济带 ULGUE 指数。长江经济带整体的 ULGUE 指数从 2003 年的 0.3971 增至 2017 年的 0.6563,年均增速为 4.66%,ULGUE 稳步提升态势明显。增势一方面受益于国家绿色发展战略的有利推进及土地绿色发展战略体系的不断完善,如《长江经济带生态环境保护规划》《长江经济带绿色发展十大战略性举措》;另一方面也得益于各级政府充分意识到绿色发展在土地利用过程中的重要地位,优化国土空间规划统筹“三生”用地,充分挖掘节地新模式、新技术,积极盘活一批低品位、共伴生、难利用资源,推进自然生态空间用途管制。比如湖北省通过土地整治谋划布局科学合理的土地绿色生产空间、生活空间和生态空间,健全土地利用生态环境保护责任追究制度和环境损害赔偿制度,使全省共享土地绿色利用的红利。

基于 Arcgis10.2 的 Jenks 最佳自然断裂功能对其进行空间可视化,如图 3 所示。从每一具体年份的分类结果可以直观看出,长江经济带 ULGUE 呈上、中、下游地区梯度递增格局,土地利用绿色发展重心持续向中、下游地区转移,上、中、下游 ULGUE 的年均增长率分别为 6.32%、5.01%和 2.66%。此外,各省份的 ULGUE 指数也表现出不同幅度的增长趋势。其中,ULGUE 绝对增长量最高的前三省份依次是江苏、上海和安徽,效率值分别增长了 0.4211、0.3867 和 0.3066,ULGUE 增长率最高的前三省份依次是湖南、江苏和贵州,分别为 9.56%、8.21%和 7.63%。

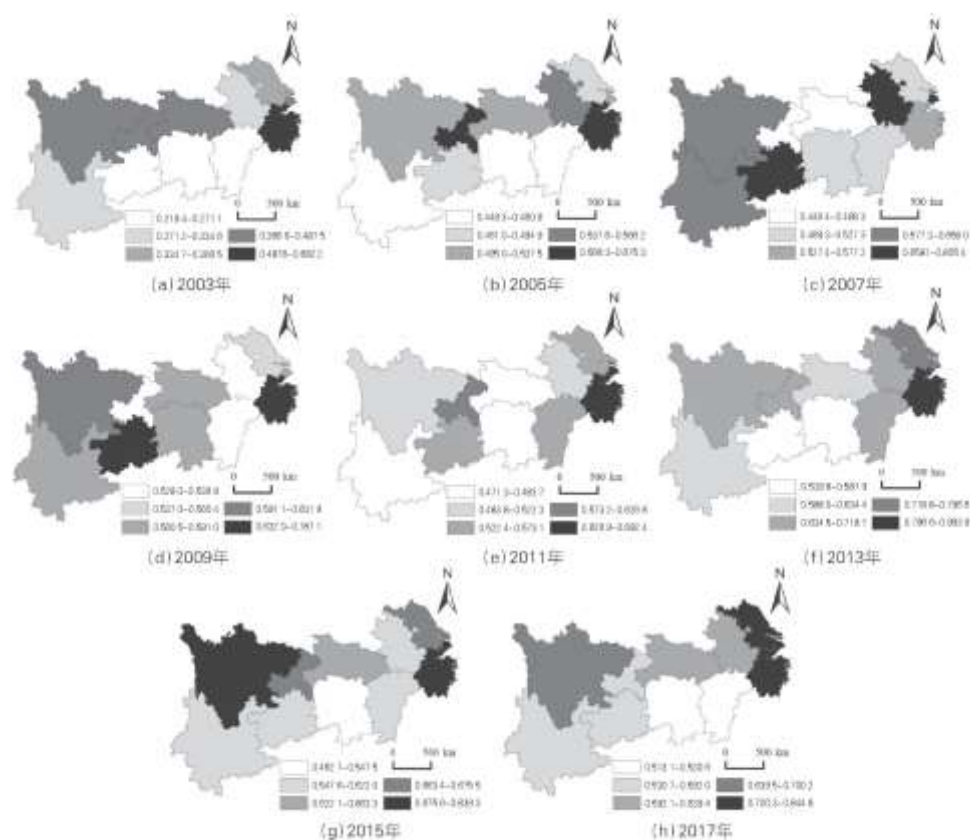


图 3 2003—2017 年长江经济带 ULGUE 的空间分布

（二）空间关联格局

根据 ULGUE 的测算结果,从区域层面来看,各区域 ULGUE 整体水平呈现上游地区→中游地区→下游地区逐渐上升,并且在各区域之间呈边缘化,区域内部呈趋同现象,这说明长江经济带 ULGUE 存在集聚态势;从省级层面来看,9 省 2 市 ULGUE 标准差从 2003 年的 0.1339 降低至 2017 年的 0.1281,说明各省份 ULGUE 间存在显著的空间差异,但这一差异趋于减小,这也可以说明长江经济带 ULGUE 存在集聚态势。在通过测算结果初步推断出长江经济带 ULGUE 存在集聚态势的基础上,为了能够定量、清晰地反映长江经济带 ULGUE 的动态集聚特征和空间关联效应,需要借助 Moran. sI 指数的测算结果做进一步分析。

1. 全局空间自相关

为进一步分析长江经济带 ULGUE 的空间差异,本文运用 GeoDa 软件测算长江经济带 2003—2017 年 ULGUE 的全局 Moran. sI 指数。

图 4 显示,研究期内长江经济带整体的 Moran. sI 指数均为正,表明长江经济带各省份的 ULGUE 指数并非随机分布,而是存在较强的空间相关性。同时, Moran. sI 呈现波动上升趋势,说明 ULGUE 间同时存在空间依赖性和空间异质性。

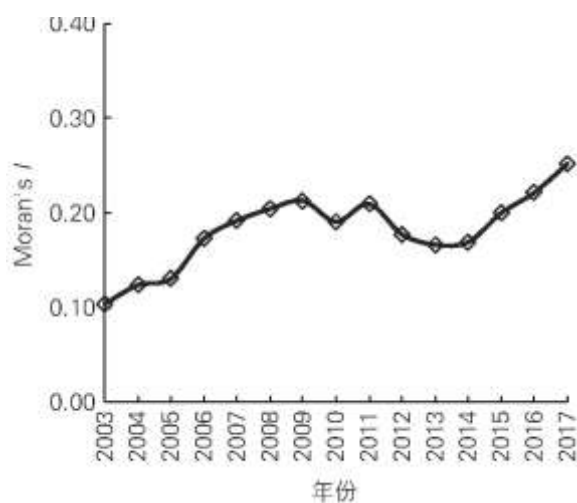


图 4 2003—2017 年长江经济带 ULGUE 全局 Moran. sI 指数

分阶段来看,2003—2009 年, Moran. sI 指数由 0.1038 上升至 0.2128,由随机成分引起的 ULGUE 空间相关性不断增强,空间差异逐渐减小, ULGUE 相对较高(较低)的区域倾向于与其他具有较低(较高)效率值的区域相邻近。2010—2014 年, Moran. sI 指数由 0.1908 减少至 0.1692,表明长江经济带 ULGUE 空间的集聚呈现出向分散转变的趋势。2014 年后, Moran. sI 表现出平稳增加的态势,长江经济带 ULGUE 间的空间相关性不断增强,空间异质性特征逐渐弱化,其可能的原因在于 2014 年后,长江经济带区域一体化建设上升至国家层面,提高区域协同、实现绿色发展、节约集约用地等正式在区域发展文件中给予规定和细化。

2. 局域空间自相关

为进一步识别不同局域空间 ULGUE 的差异类型、集聚模式和位置,弥补全局 Moran. sI 同质性假定带来的局限性,本文整理出 2003 年、2007 年、2011 年和 2017 年的 Moran 散点图(图 5)和 LISA 集聚图(图 6),对 2003—2017 年长江中游城市群 ULGUE 的局部空间差异特征进行更为深入的分析。

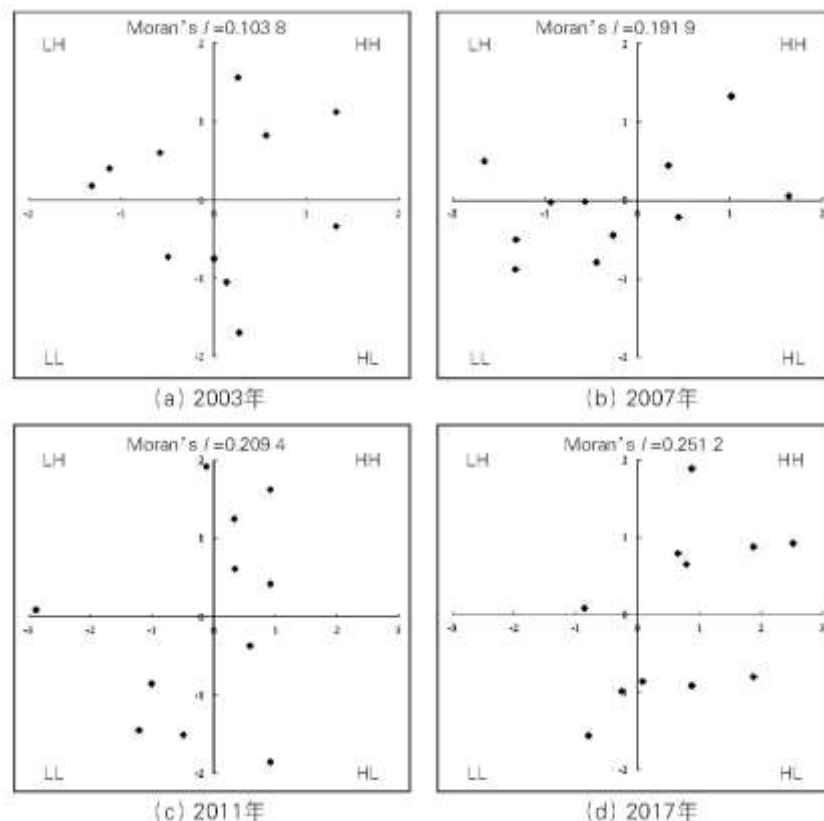


图 5 长江经济带 ULGUE 局部 Moran 散点图

图 5 显示，研究期内，位于第一象限（HH）的省份数量从 3 个增加至 6 个，位于第二象限（LH）的省份数量略有减少，这表明随着时间推移，ULGUE 地理空间上的集聚趋势正逐步加强。相比之下，第三象限（LL）的省份则保持不变，第四象限（HL）省份数量不断增加，ULGUE 间的空间差异进一步增强。

由 LISA 集聚图可知，HH 集聚和 LL 集聚是长江经济带 ULGUE 的主要空间集聚模式。HH 集聚模式主要分布在长江经济带下游地区，另外重庆市（中游地区）由于经济发展水平和社会综合能力突出，加之完善的环境质量管制政策，其 ULGUE 在 2011 年也由不显著转变为 HH 集聚型。这些省份共同形成了 ULGUE 的“高值俱乐部”，且其空间范围呈现扩张趋势。LL 集聚模式主要分布在长江经济带中游地区，近年来，该区域范围基本保持稳定。属于 LH 集聚的有安徽省和江西省，这两个省份 ULGUE 水平相对较低，且容易受周边区域的负向影响。处于 HL 集聚的云南省和湖北省则具有有利的“被扩散”区位优势，需要加强与周边 ULGUE 水平较低省份的经济联系，发挥城市土地绿色利用的空间溢出效应。

整体来看，研究期间长江经济带 ULGUE 的空间分布随着时空演变不断发生变化，但大部分省份 ULGUE 的空间结构变化具有一定的路径依赖特征。具体而言，安徽省 ULGUE 的空间跃迁从 HL 集聚型向 LH 集聚型转变，从而使 LL 集聚区的空间范围扩大。上海市由于自身经济发展条件主动从 ULGUE 不显著转变为 HH 集聚型，且江苏省和浙江省空间溢出的存在使得该区域的 ULGUE 保持稳定。云南省 ULGUE 的空间分布在 2011—2017 年从不显著转变为 HL 集聚，这主要与该省的经济增长速度放缓有关。而湖北省由于受江西省和安徽省的影响，被更多 ULGUE 水平较低的地区所包围，被动转变为 HL 集聚。

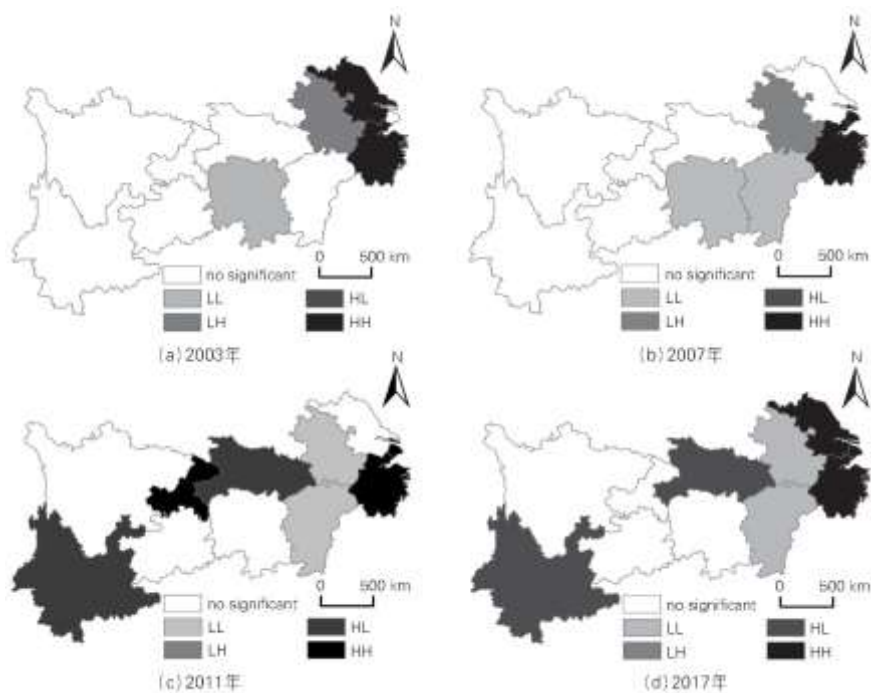


图 6 长江经济带 ULGUE 的 LISA 集聚

(三) ULGUE 的空间敛散性分析

从空间关联分析中可以看出，在长江经济带 ULGUE 研究中不能忽视客观存在的地理空间分布因素。空间相关性对 ULGUE 趋于收敛的影响因素和作用机理是什么？这是本部分的研究重点。

首先，在考虑 ULGUE 空间效应的基础上，对空间误差模型和空间滞后模型进行选择。表 2 显示，在绝对收敛和条件收敛分析中，LM(lag)、LM(err) 和 RobustLM(lag) 分别通过 1% 和 5% 的显著性水平检验，且 LM(lag) 的 t 统计量大于 LM(err) 的 t 统计量，说明在进行 ULGUE 收敛分析时宜采用空间滞后模型。此外，Hausman 检验结果表明，本研究的绝对 β 收敛分析和条件 β 收敛分析均基于固定效应模型。

表 2 ULGUE 空间相关性检验

Test	绝对 β 收敛		条件 β 收敛	
	t-Statistic	Prob.	t-Statistic	Prob.
空间误差模型 hausman 检验	7.4509	0.0153	2.7229	0.0273
空间滞后模型 hausman 检验	3.6618	0.3617	6.9205	0.5302
LM(lag)	10.7824	0.0008	12.0445	0.0014
Robust LM(lag)	5.3819	0.0433	4.2818	0.0249
LM(error)	7.3814	0.0044	11.7314	0.0004
Robust LM(error)	2.4831	0.0711	4.2788	0.1411

整体来看, SLM 模型中回归系数 β 小于 0, 但并未通过显著性检验, 这表明研究期内长江经济带 ULGUE 存在全域性的“假性收敛”现象。分区域来看, 下游地区 ULGUE 的区域差异收敛速度为 0.0315, 达到 1/2 收敛程度的时间周期为 22 年, 稳态值为 0.9233。上游地区和中游地区的区域差异均不存在收敛趋势。

绝对收敛趋势不显著或者不存在是否意味着 ULGUE 发散呢? 综合 ULGUE 的影响因素相关研究^[8-9, 11-13], 在引入经济发展水平 G (人均 GDP 增长率)、产业结构 IS (第三产业产值与第二产业产值之比)、城镇化水平 UR (城市人口占地区总人口的比重)、政府支持 FP (地区环保投入占 GDP 的比重) 和技术投入 TI (科技支出占 GDP 的比重) 5 个变量的基础上, 进一步探讨 ULGUE 空间差异的条件 β 收敛。

空间条件收敛分析结果表明, 地理和空间因素在长江经济带 ULGUE 增长中发挥着重要作用。虽然传统 β 收敛模型未能检验出长江经济带全域范围内的条件 β 收敛, 但将不同省份间的空间关联效应和控制变量纳入模型后发现, 长江经济带的确存在整个省份间的条件收敛趋势, 只不过收敛的速度较慢。空间误差模型测得的条件收敛速度只有 0.0102, 半生命周期为 67.9 年。

长江经济带不同地区间的经济发展差异较大、经济发展情况较为复杂等诸多原因, 使得其 ULGUE 条件 β 收敛趋势表现得较为微弱。从区域角度来看, 虽然上、中、下游地区 ULGUE 区域差异均存在条件 β 收敛, 且至少在 10% 的统计水平下显著, 但达到 1/2 收敛程度的周期存在明显差异, 分别为 88.7 年、60.7 年和 42.7 年。同时, 三个地区内各省份也分别收敛于不同的 ULGUE 稳态水平。

从各控制变量的估计结果来看, 长江经济带上、中、下游地区的人均 GDP 增长率均至少通过 10% 的显著性水平检验, 说明经济发展水平的协同提升有利于减小 ULGUE 的空间差异。除上游地区外, 政府管理和产业结构在各地均未通过显著性检验, 说明它们在区域间的空间溢出作用尚未展现。就城镇化而言, 长江中游城市群整体及其上游和下游地区城镇化水平对 ULGUE 差异收敛的影响系数为正, 这说明进一步提高城镇化水平是实现土地绿色利用的重要路径。就技术投入而言, 长江经济带上游地区技术投入对 ULGUE 空间收敛的影响显著为正, 其余地区显著为负, 这一结果表明虽然技术投入对 ULGUE 的协同提升具有促进效应, 但目前技术水平偏低和土地粗放利用仍是该区域可持续发展过程中亟须解决的重大难题。

五、研究结论与政策启示

本文从区域一体化背景下 ULGUE 空间收敛的内在机理出发, 采用随机森林算法、探索性空间分析和动态空间收敛模型, 对 2003—2017 年长江经济带 ULGUE 的空间格局及其收敛形态进行分析。在政府政策支持、产业结构选择、资源要素集聚和生产技术创新等宏观、中观及微观机制的共同作用下, 区域一体化背景下 ULGUE 的区域差异趋于收敛。研究期内长江经济带 ULGUE 整体上表现出波动上升态势, 呈现出上、中、下游梯度递增的空间格局。同时, 长江经济带各省份间 ULGUE 存在逐渐强化的空间关联, 且 HH 集聚和 LL 集聚是长江经济带 ULGUE 的主要空间集聚模式。进一步地, 在考虑空间效应的前提下, 仅长江经济带整体及其下游地区存在 ULGUE 绝对 β 收敛趋势, 而在加入经济发展水平、产业结构、城镇化水平、政府支持及技术投入等控制变量的影响后, 长江经济带全域及其上、中、下游地区内 ULGUE 均存在显著的条件 β 收敛, 且它们分别收敛于不同的 ULGUE 稳态水平。此外, 经济发展、产业结构及城镇化水平是提升长江经济带 ULGUE 的主要直接驱动力, 政府管理和技术投入对长江经济带 ULGUE 的促进作用尚未凸显。

上述研究结论蕴含着如下政策启示:

第一, 积极推进长江经济带一体化建设。一方面, 打破行政隔阂, 建立区域协同发展机制, 加强生态优先政策引导, 设立由国家主管部门主导、沿江各省加入的长江经济带发展委员会, 同时将“区域合作”纳入党政领导干部考核体系, 通过考核“指挥棒”作用, 推动区域一体化发展, 进而最大化其对城市土地绿色化利用的促进作用; 另一方面, 重点构建区域协同发展机制, 发挥一体化发展的空间溢出效应, 重点优化要素空间流通渠道, 提高跨区域资源配置和要素空间整合能力, 通过产业空间重配

效应来降低区域污染排放规模,实现土地利用方式的绿色化转型。

第二,根据 ULGUE 的空间格局因地制宜制定区域发展战略。HH 集聚的东部地区应优先培育绿色高新产业共同体,以产业绿色发展加速土地绿色集约化效应的形成。HL 和 LH 集聚应强化强者带动、协同增长。作为 ULGUE 空间效应实现的过渡板块,这些地区应充分依托地理邻近及东部地区经济辐射效用,打通 ULGUE 传递的空间廊道,实现城市土地绿色利用水平的协同共进。相比之下,LL 集聚区应重点构建区域内部共享和外部联动机制,积极推动 ULGUE 高值区和低值区的开放互动格局进程。

第三,各省份应根据不同的驱动因素,制定差异化的土地绿色利用规划和政策。经济发展是加速 ULGUE 区域差异空间收敛的重要驱动,加快转变城镇化方式,通过调整产业结构、推广先进技术、加强政府管理等手段进一步减少土地利用的资源环境成本,才是应有之义。

参考文献:

- [1]王珏,陈雯.全球化视角的区域主义与区域一体化理论阐释[J].地理科学进展,2013,32(7):1082-1091.
- [2]陈航航,贺灿飞,毛熙彦.区域一体化研究综述:尺度、联系与边界[J].热带地理,2018,38(1):1-12.
- [3]卢新海,陈丹玲,匡兵.区域一体化对城市土地利用效率的影响——以武汉城市群为例[J].城市问题,2018(3):19-26.
- [4]卢新海,陈丹玲,匡兵.区域一体化背景下城市土地利用效率指标体系设计及区域差异——以长江中游城市群为例[J].中国人口·资源与环境,2018,28(7):102-110.
- [5]胡雪萍,钟成林.区域生产要素一体化对城市建设利用效率的影响研究——以长江中游城市群为例[J].暨南学报(哲学社会科学版),2017,39(6):14-21,129.
- [6]杨奎,文琦,钟太洋.长江经济带城市土地利用效率评价[J].资源科学,2018,40(10):2048-2059.
- [7]杨君,贺际康,陈丹玲.长中城市群区域一体化与土地利用效率耦合关系演变[J].城市问题,2019(1):63-69.
- [8]陈丹玲,卢新海,匡兵.长江中游城市群城市土地利用效率的动态演进及空间收敛[J].中国人口·资源与环境,2018,28(12):106-114.
- [9]吴贤良,刘雨婧,熊鹰,等.湖南省城市土地利用全要素生产率时空演变及影响因素[J].经济地理,2017,37(9):95-101.
- [10]张苗,甘臣林,陈银蓉.基于 SBM 模型的土地集约利用碳排放效率分析与低碳优化[J].中国土地科学,2016,30(3):37-45.
- [11]李长健,苗苗.长江中游城市群土地利用效率测算:现实机理与时空分异[J].中国人口·资源与环境,2017,27(12):157-164.
- [12]郭斌,雒激.纳入非期望产出的关中城市群土地利用效率评价及分异特征[J].国土资源科技管理,2015,32(6):95-102.
- [13]王德起,庞晓庆.京津冀城市群绿色土地利用效率研究[J].中国人口·资源与环境,2019,29(4):68-76.

-
- [14]HUANG Y, LI L, YU Y. Do Urban Agglomerations Outperform Non-agglomerations? A New Perspective on Exploring the Eco-Efficiency of Yangtze River Economic Belt in China[J]. Journal of Cleaner Production, 2018, 202:1056-1067.
- [15]朱志远, 苗建军. 成渝城市群土地利用与生态经济发展协调度测度[J]. 城市问题, 2017(5):58-66.
- [16]于开芹, 边微, 常明, 等. 城市土地可持续利用评价指标体系的构建原理与方法研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2004(3):59-64.
- [17]陈恩, 董捷, 徐磊. 长江经济带城市土地利用效率时空差异与收敛性分析[J]. 资源开发与市场, 2018, 34(3):316-321.
- [18]吴振华, 唐芹, 蒋红. 基于三阶段 DEA 模型的城市土地利用经济效率分析——以江浙沪地区为例[J]. 现代城市研究, 2016(3):106-112.
- [19]安虎森, 李瑞林. 区域经济一体化效应和实现途径[J]. 湖南社会科学, 2007(5):95-102.
- [20]闫卫阳, 王发曾, 秦耀辰. 城市空间相互作用理论模型的演进与机理[J]. 地理科学进展, 2009, 28(4):511-518.
- [21]梁流涛, 雍雅君, 袁晨光. 城市土地绿色利用效率测度及其空间分异特征——基于 284 个地级以上城市的实证研究[J]. 中国土地科学, 2019, 33(6):80-87.
- [22]卢新海, 陈丹玲, 匡兵. 产业一体化与城市土地利用效率的时空耦合效应——以长江中游城市群为例[J]. 中国土地科学, 2018, 32(9):66-73.
- [23]张治栋, 吴迪, 周姝豆. 生产要素流动、区域协调一体化与经济增长[J]. 工业技术经济, 2018, 37(11):58-66.
- [24]岐洁, 韩伯棠, 曹爱红. 区域绿色技术溢出与技术创新门槛效应研究——以京津冀及长三角地区为例[J]. 科学学与科学技术管理, 2015, 36(5):24-31.
- [25]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.
- [26]陈丹玲, 卢新海, 匡兵. 基于随机森林的耕地利用效率测度模型构建及其应用[J]. 自然资源学报, 2019, 34(6):1331-1344.
- [27]陈丹玲, 李菁, 胡碧霞. 长江中游城市群城市土地利用效率的空间关联特征[J]. 城市问题, 2018(9):55-64.