

# 新型城镇化与绿色低碳发展效率的耦合协调研究

——以长江经济带城市为例

詹成 冯银 陈嘉浩 成鹏弘 成金华\*

**摘要:**为探究新型城镇化和绿色低碳发展效率耦合协调关系,基于长江经济带108个地级以上城市2012—2021年的面板数据,构建新型城镇化指标体系计算各城市新型城镇化水平,采用EBM模型测算各城市绿色低碳发展效率,并利用耦合协调度模型、全局Moran's I指数和Dagum基尼系数等方法分析和刻画新型城镇化和绿色低碳发展效率耦合协调度的时空演化和空间差异特征。结果表明:长江经济带新型城镇化水平总体是上升趋势,绿色低碳发展效率波动较大;二者耦合协调度持续提高,空间上呈现“东高西低”和“中心外围”分布特征,有显著的空间正相关性,长三角城市群是热点地区;耦合协调度的区域异质性特征明显,呈现从上游到下游递减的格局,超变密度是差异的主要来源。基于上述结论,从促进新型城镇化均衡发展、提升绿色低碳发展效率和打造协同发展格局等方面提出了相应的对策建议,以期助力长江经济带新型城镇化和绿色发展的良性互动。

**关键词:**新型城镇化;绿色低碳发展;耦合协调度;长江经济带;EBM模型

## 一、引言

改革开放以来,我国城市面积扩大了两三倍,人口城镇化率从不到18%提升到2022年的65.22%<sup>①</sup>,实现了经济社会的稳步发展和生活水平的持续提升,但同样引发了一系列严峻的矛

---

\*詹成,中国地质大学(武汉)经济管理学院,邮政编码:430074,电子邮件:zhan\_cheng@cug.edu.cn;冯银(通讯作者),湖北经济学院低碳经济学院,邮政编码:430205,电子邮件:fytddy@163.com;陈嘉浩,中国地质大学(武汉)经济管理学院,邮政编码:430074,电子邮件:chenjiahao\_elevate@cug.edu.cn;成鹏弘,中国地质大学(武汉)经济管理学院,邮政编码:430074,电子邮件:cph158273499082023@163.com;成金华,湖北经济学院碳排放权交易省部共建协同创新中心,中国地质大学(武汉)经济管理学院,邮政编码:430074,电子邮件:chengjinhua100@126.com。

本文系国家社科基金项目“城市群强化多种空气污染物协同控制和区域协同治理的体系与政策研究”(21BJY118)的阶段性成果。感谢匿名审稿人提出的宝贵意见。文责自负。

①资料来源:国家统计局,《中华人民共和国2022年国民经济和社会发展统计公报》。

盾和问题,空气污染、水资源短缺、生物多样性丧失、生态系统被破坏、生态空间受到侵占等现象突出,严重影响着城市的可持续发展。随着党的十八大提出“新型城镇化战略”概念,我国逐渐摒弃传统的“高投入、高消耗、高排放、低效率、唯GDP”的粗放发展模式,从注重“量”的增加,转向关注“质”的提升。2021年中共中央办公厅、国务院办公厅印发的《关于推动城乡建设绿色发展的意见》进一步明确了要促进区域和城市群绿色发展,建立健全绿色发展协调机制。由此可见,绿色发展已经成为新型城镇化的重要环节,绿色发展理念逐渐融入我国经济社会发展方方面面。长江经济带是新时期我国经济发展的一个重要战略节点。《长江经济带发展规划纲要》指出应依托长江经济带黄金水道的独特作用和上中下游城市的比较优势,围绕“创新、协调、绿色、开放、共享”的新发展理念加快推进供给侧结构性改革,着力推动长江上中下游区域协调发展,充分发挥其在全国经济社会发展中的示范引领和战略支撑作用。2020年11月,习近平总书记在全面推动长江经济带发展座谈会上强调使长江经济带成为我国生态优先绿色发展主战场、畅通国内国际双循环主动脉、引领经济高质量发展主力军,进一步明确了长江经济带坚持生态优先和绿色发展的战略定位。党的二十届三中全会提出通过培育和引进新技术、新产业,推动传统产业升级和新兴产业发展等方式,因地制宜发展新质生产力,从而优化长江经济带生态保护和高质量发展机制。因此,探究当前长江经济带新型城镇化与绿色低碳发展效率耦合协调的时空演变规律,对助力长江经济带绿色转型,实现可持续发展具有重要意义。

新型城镇化的丰富内涵为学者进行相关研究提供了多元视角。在理论与实践路径方面,李刘艳和邓金钱(2024)经过梳理,指出我国城镇化政策的发展经历了多个阶段,从最初的乡村城镇化、小城镇战略,到后来的大中小城市协调发展,再到强调兼顾效率和公平的城镇化,最终转向注重以人为本的新型城镇化;钱志权和韩佳银(2023)认为新型城镇化有城镇化与产业发展相匹配、经济与生态相协调和大中小城市均衡发展等特征;邵佳和冷婧(2022)认为,新型城镇化的关键是有序推进农业人口市民化,推动大中小城市协调发展;尹君锋等(2023)认为,新型城镇化具有人民普惠性、共富共享性、协同协调性、共生可持续性、互利共赢性等特征。在指标体系构建方面,“人口、经济、空间、社会、生态”是采用最为广泛的五个维度(李咏华等,2022;宁启蒙等,2022;杨阳、唐晓岚,2022),在此基础上,宋金昭等(2022)和欧进锋等(2023)将城乡融合发展纳入评价体系中,加入“城乡统筹”“城乡一体化”维度;徐乐怡等(2018)强调产业基础、产业生态、产业创新、产业效率等对新型城镇化发展的作用;郑洲(2023)将文化因素加入评价体系中,强调满足居民日益增长的精神文化需求是新型城镇化的应有之义;李琛等(2023)基于“创新、协调、绿色、开放、共享”的新发展理念构建新型城镇化评价体系。在评价方法方面,现有文献通常采用熵权法(谢寿琼、刘凯迪,2023)、主成分分析法(王彦霞、王培安,2019)、层次分析法等。

绿色低碳发展效率的相关研究已经取得了较为丰富的成果(刘华军等,2021;刘自敏等,

2020; 王兵等, 2010)。从研究方法来看, 由于数据包络分析法(DEA)能够较好地拟合资源环境对生产过程的约束, 实现对多投入与多产出的同时估算, 从而受到学术界的广泛关注和应用(关忠诚等, 2024)。具体到效率测度模型的选择方面, 传统的DEA模型都以径向、角度为基准, 这种测度方法要求所有投入或产出同比例变动以及基于投入或产出不变的假设, 因而难以保证测度结果的准确性。因此效率测度需要从径向、角度的DEA方法转向非径向、非角度的DEA方法, 而Tone(2001)提出的基于松弛测度的非期望产出SBM模型能够克服传统DEA方法的缺陷, 测度结果也更为科学和准确, 然而该方法损失了投入或产出目标值与实际值之间的比例关系。为此, Tone和Tsutsui(2010)在2010年又提出了一种兼具径向与非径向特点的混合距离模型(Epsilon-based Measure, EBM), 从而更加真实、客观地评价绩效水平。从研究对象来看, 既有对农业(郭海红、刘新民, 2020)、工业(李芳芝、李玉林, 2023)、制造业(田泽等, 2023)和服务业(时朋飞等, 2022)的测度, 也有基于省级区域层面和微观企业层面的研究, 部分学者则以综合经济区和城市群为研究对象来解构分解绿色经济发展绩效。

关于城镇化与绿色发展的研究目前处于起步阶段。赵杨等(2023)采用中介效应模型, 从非线性角度考察我国省域新型城镇化与绿色发展之间的关系; 徐维祥等(2023)以2005—2019年长江经济带城市为样本, 采用耦合协调模型、探索性空间数据分析法、空间杜宾模型, 探究了城镇化与绿色化耦合协调度及其演化趋势和驱动因素; 翁异静等(2021)运用协调度模型、空间计量经济学方法和受限因变量面板Tobit模型, 研究了新型城镇化与绿色经济效率的耦合协调度及其影响因素。从新型城镇化对绿色发展的影响来看, 杜建国等(2020)认为城镇化对绿色低碳发展效率具有显著的正向影响, 徐倩和陈红敏(2022)的研究则表明其影响是先抑制后促进的非线性关系。

综上所述, 学界关于新型城镇化和绿色发展的独立研究已有丰富成果, 但对二者之间关系的研究尚有不足。从尺度上看, 多以全国和省域为研究对象, 区域及市级层面研究较少, 无法展现更微观的格局演变。从方法上看, 多讨论城镇化与绿色发展的线性关系, 忽略了空间因素的影响。鉴于此, 本文以2012—2021年长江经济带108个城市为研究样本, 建立新型城镇化与绿色低碳发展效率耦合协调的机理框架以及综合评价体系, 运用EBM模型对绿色低碳发展效率进行科学测度, 运用耦合协调模型测度两者的耦合协调度, 运用空间自相关模型、Dagum基尼系数等方法深入探究其结果的空间异质性, 以期共促长江经济带新型城镇化与绿色发展提供借鉴。

## 二、耦合作用机理分析

新型城镇化与绿色低碳发展效率彼此影响、相互作用(图1)。一方面, 新型城镇化是绿色低碳发展的实践载体(邓宗兵等, 2019)。首先, 人口聚集是城镇化的突出特征之一, 主要表现为农村人口向城市迁移, 不仅为城市带来了劳动力的增加, 也带来了消费需求的增长, 为绿色

低碳产业的发展提供了更广阔的市场空间(张耀等, 2024)。其次,新型城镇化发展的重点是提升经济质量(刘润等, 2023),意味着要不断优化产业结构、增加居民收入、刺激消费需求和促进GDP增长,从而为培育绿色低碳产业提供充足的资金支持。再次,新型城镇化以提升人民群众的生活品质和幸福感为目标,强调完善市政基础设施、提高社会服务水平、增强社会保障全面性、缩小城乡居民生活差距,为绿色经济的发展提供了良好的社会环境。最后,生态文明是新型城镇化战略的重要原则之一,为此需要改变传统城市建设理念,重视人与生态环境的协调,在城市建设和规划中要着重关注生态环境,通过节能减排、资源循环利用、提高城区绿化率、倡导发展绿色节能建筑、使用环保材料建设城市等措施(马彦瑞、刘强, 2024),推动城市环境的可持续发展,促进城市绿色低碳发展效率的提升(邹亚锋等, 2023)。

另一方面,绿色低碳发展效率是新型城镇化的内在动力。首先,绿色低碳发展效率的提高有助于优化资源配置效率(田云、卢奕亨, 2023),实现资源的节约集约利用,减少对自然资源的过度依赖和消耗,降低环境成本和资源压力,为新型城镇化提供更加持续健康的动力。其次,绿色低碳发展效率的提升有助于促进传统产业的绿色改造和转型升级(生延超等, 2023),形成绿色低碳循环发展的经济体系,推动新型城镇化高质量发展。最后,绿色低碳发展效率的提高有助于提升城市的环境品质和生活质量,推广绿色生活方式和绿色消费理念,可以引导居民养成节约资源、保护环境的生活习惯,提升城市居民的生活品质和幸福感,促进新型城镇化的可持续发展。

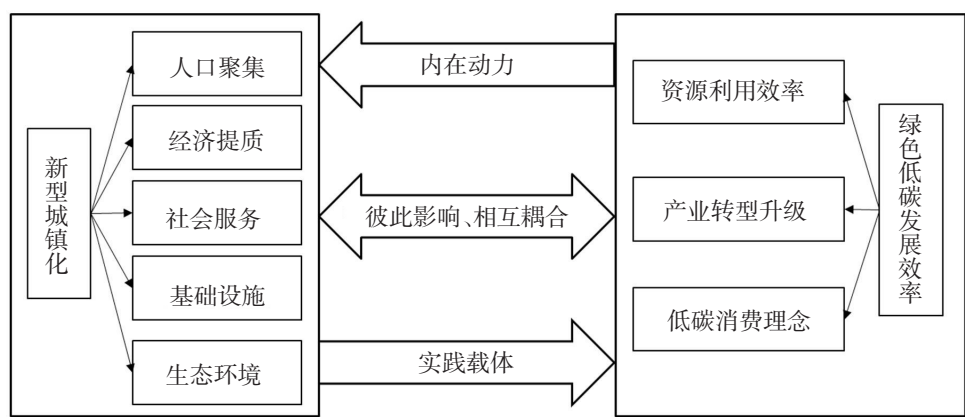


图1 新型城镇化与绿色低碳发展效率耦合交互关系

三、研究设计

(一)研究区域和数据来源

“长江经济带”概念源于1980年代提出的“长江产业密集带”,其现在的空间范围涵盖九



个省、两个直辖市,占我国国土面积的五分之一以上,人口总量和GDP贡献率均达到全国总量的四成以上,是我国经济发展的重要引擎。2016年9月国务院发布的《长江经济带发展规划纲要》赋予了长江经济带协调东中西部,联通沿海沿江沿边,促进共同富裕的重要作用。本文经济社会数据来源于《中国城市统计年鉴》《中国城市建设统计年鉴》及各省统计年鉴,碳排放相关数据来源于中国碳核算数据库(CEADs)(Shan et al., 2022),毕节市和铜仁市因数据缺失较多故不纳入研究,最终选取长江经济带108个地级以上城市作为研究对象。

(二)指标选取

不同于传统的城镇化,新型城镇化更加注重以人为本,发展水平主要与人口、经济、社会服务和生态环境等内容相关。参考有关学者的研究成果,结合《国家新型城镇化规划(2014—2020年)》和《“十四五”新型城镇化实施方案》的战略规划,本文分别从人口、经济、社会服务、基础设施和生态城镇化5个维度构建综合指标评价体系(表1):(1)人口城镇化反映城市系统的承载能力,选取城镇人口比率、非农从业人员占比、城区人口密度3个指标进行表征。(2)经济城镇化反映城市的经济实力和结构,选取人均GDP,第二、三产业占GDP比例,人均社会消费品零售额3个指标进行表征。(3)社会服务城镇化是居民福祉的直观反映,选取每万人在校大学生数、每万人医疗机构床位数、教师学校比例3个指标进行表征。(4)基础设施城镇化是城市发展的物质基础,选取人均道路面积、建成区面积、万人公共汽车数量3个指标进行表征。(5)生态城镇化是城市人居环境质量的重要参数,选取建成区绿化覆盖率、空气优良率、生活垃圾无害化处理率3个指标进行表征。

表1 新型城镇化综合评价指标体系

目标	维度	指标	单位	性质	权重
新 型 城 镇 化	人口城镇化	城镇人口比率	%	+	0.0341
		非农从业人员占比	%	+	0.0332
		城区人口密度	人/平方公里	+	0.0963
	经济城镇化	人均GDP	万元	+	0.0866
		第二、三产业占GDP比例	%	+	0.0109
		人均社会消费品零售额	万元	+	0.0859
	社会服务城镇化	每万人在校大学生数	人	+	0.1650
		每万人医疗机构床位数	张	+	0.0435
		教师学校比例	人/校	+	0.0340
	基础设施城镇化	人均道路面积	平方米	+	0.0590
		建成区面积	平方公里	+	0.2020
		万人公共汽车数量	辆	+	0.0932
	生态城镇化	建成区绿化覆盖率	%	+	0.0172
		空气优良率	%	+	0.0229
		生活垃圾无害化处理率	%	+	0.0163

参考相关研究(李春梅等,2023;张杰、范雨婷,2023)构建测算绿色低碳发展效率评价体系,投入指标、期望产出和非期望产出见表2。其中,固定资本存量采用永续盘存法进行估算,具体计算公式为 $K_{i,t}=(1-\delta_{i,t})K_{i,t+1}+I_{i,t}$ ,其中 $K_{i,t+1}$ 为前一年的资本存量水平, $\delta$ 为折旧率, $I_{i,t}$ 为固定资产投资额(将其用固定资产投资价格指数以2003年为基期进行平减处理)。

表2 绿色低碳发展效率测算指标

一级指标	二级指标	指标说明	单位
投入指标	劳动力投入	城镇单位就业人数和城镇私营以及个体从业人员的总数	万人
	资本投入	资本存量	亿元
	能源投入	全社会总用电量	亿千瓦时
	土地投入	建成区面积	平方千米
期望产出	地区生产总值	地区生产总值	亿元
非期望产出	污染物排放量	工业废水排放量	万吨
		工业SO <sub>2</sub> 排放量	万吨
		工业烟(粉)尘排放量	万吨
		CO <sub>2</sub> 排放量	万吨

(三)研究方法

1.新型城镇化指数测算

采用变异系数法进行赋权,该方法利用统计学中衡量数据离散程度的变异系数对指标进行赋权,相较于其他客观赋权方法计算更为简便(Zhan et al., 2022),同时可以有效反映指标间的差异,主要步骤如下:

$$V_i = \frac{\sigma_i}{\bar{x}_i}, i = 1, 2, 3, \dots, n \tag{1}$$

$$W_i = \frac{V_i}{\sum_i^n V_i} \tag{2}$$

其中, $\sigma_i$ 为*i*指标的标准差, $\bar{x}_i$ 为平均值, $V_i$ 为变异系数; $W_i$ 为第*i*个指标的权重。利用极差标准化法对原始数据进行标准化处理,再将标准化值与各项指标权重相乘,可得到新型城镇化得分。

2.绿色低碳发展效率测算

Tone(2001)首先运用EBM模型测算生态效率,该模型结合了径向与SBM非径向两类距离函数,有效提高了结果的准确性和科学性,已被广泛应用于各类效率评价(王凯等,2022)。假设建立有*k*个决策单元,每个决策单元有*i*种投入,*m*种期望产出和*j*种非期望产出,则

EBM模型可表示为:

$$\delta^* = \min_{\theta, \lambda, S^-} \theta - \varepsilon_x \frac{1}{\sum_{i=1}^m \omega_i^-} \sum_{i=1}^m \frac{\omega_i^- S_i^-}{x_{i0}} \quad (3)$$

$$\text{s.t.} \begin{cases} \sum_{k=1}^K \lambda_k x_{ik} + S_i^- = \theta x_{i0} \\ \sum_{k=1}^K \lambda_k y_{mk} \geq y_{m0} \\ \sum_{k=1}^K \lambda_k b_{jk} = b_{j0} \\ \lambda \geq 0, S_i^-, \theta \leq 1 \end{cases}$$

其中,  $\delta^*$  是考虑非期望产出的最佳效率值,  $\delta^*$  的数值越大, 表示生产过程中减少投入要素的空间越小, 最佳效率值也就越高。  $\lambda$  是权重变量,  $\theta$  是径向模型计算的效率值,  $b_{jk}$  是决策单元  $k$  的第  $j$  类非期望产出,  $S_i^-$  是第  $i$  种要素投入的非径向松弛向量。  $\omega_i^-$  是第  $i$  种要素投入的权重,  $\omega_i^- = (\omega_i^-, \dots, \omega_m^-)$ , 并且满足  $\sum_{j=1}^m \omega_j^- = 1$  ( $\omega_i^- \geq 0, \forall i$ ),  $\varepsilon_x$  包含了径向变动比例和非径向的松弛向量, 且  $\omega_i^-$  和  $\varepsilon_x$  需要事先确定。  $S_i^-/x_{i0}$  单位不变, 所以  $\omega_i^-$  应被视为单位不变数值, 其反映了投入资源  $i$  的相对重要性。

### 3. 耦合协调度模型

$$C = \left\{ \frac{G \times U}{[(G+U)/2]^2} \right\}^{1/2} \quad (4)$$

$$D = \sqrt{C \times T}, \quad T = \alpha G + \beta U \quad (5)$$

其中,  $C$  为耦合度,  $D$  为耦合协调度,  $T$  为两个子系统的协调指数,  $\alpha$  和  $\beta$  为待定系数, 表示各系统的重要程度, 本文认为新型城镇化与绿色低碳发展效率相互作用、地位相当, 对实现长江经济带的可持续发展同等重要, 因此取值为  $\alpha = \beta = 0.5$ 。耦合协调度等级划分参考方传棣等(2019)的研究。

### 4. 空间相关性

全局 Moran's I 指数可用于分析研究区域内临近单元的某一变量的空间相关性。计算公式为:

$$I = \frac{n}{S_0} \times \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})} \quad (6)$$

$$S_0 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} \quad (7)$$

其中,  $n$  为观测值总数,  $x_i$  和  $x_j$  分别为  $i$ 、 $j$  地区的观测值,  $\bar{x}$  为平均值,  $W_{ij}$  为空间权重矩阵。

### 5. Dagum 基尼系数

Dagum 基尼系数及其分解法被广泛应用于衡量地区间和地区内空间差距情况。本文借助 Dagum 基尼系数, 测算长江经济带新型城镇化和绿色低碳发展效率耦合协调度的地区差异。

$$G = \frac{\sum_{j=1}^k \sum_{h=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} \sum_{r=1}^{n_h} |y_{ji} - y_{hr}|}{2n^2 \bar{y}} \quad (8)$$

其中,  $k$  为地区数,  $n$  为城市数,  $y_{ji}$  ( $y_{hr}$ ) 表示  $j$  ( $h$ ) 地区内城市  $i$  ( $r$ ) 的新型城镇化和绿色低碳发展效率的耦合协调度,  $\bar{y}$  表示所有地级市耦合协调度的平均值,  $G$  数值越大表示耦合协调度的空间差异越大。

$$G_{jj} = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} \sum_{r=1}^{n_j} |y_{ji} - y_{jr}|}{2n_j^2 \bar{y}_j} \quad (9)$$

$$G_{jh} = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} \sum_{r=1}^{n_h} |y_{ji} - y_{hr}|}{n_j n_h (\bar{y}_j + \bar{y}_h)} \quad (10)$$

$$p_j = \frac{n_j}{n}, \quad s_j = \frac{n_j \bar{y}_j}{n \bar{y}} \quad (11)$$

$$d_{jh} = \int_0^\infty dF_j(y) \int_0^y (y-x) dF_h(x) \quad (12)$$

$$p_{jh} = \int_0^\infty dF_h(y) \int_0^y (y-x) dF_j(x) \quad (13)$$

$$D_{jh} = (d_{jh} - p_{jh}) / (d_{jh} + p_{jh}) \quad (14)$$

$$G_w = \sum_{j=1}^k G_{jj} p_j s_j \quad (15)$$

$$G_{nb} = \sum_{j=2}^k \sum_{h=1}^{j-1} G_{jh} D_{jh} (p_j s_h + p_h s_j) \quad (16)$$

$$G_t = \sum_{j=2}^k \sum_{h=1}^{j-1} G_{jh} (1 - D_{jh}) (p_j s_h + p_h s_j) \quad (17)$$

上式中  $G_{jj}$  为  $j$  地区的基尼系数,  $G_{jh}$  为两个地区间的基尼系数,  $D_{jh}$  表示两个地区之间的相对影响,  $G_w$  为地区内差异,  $G_{nb}$  为地区间差异,  $G_t$  为超变密度,  $d_{jh}$  为地区之间的效率差值,  $p_{jh}$  表示超变一阶矩。

## 四、新型城镇化与绿色低碳发展效率测度

长江经济带各城市所属区域的不同导致了其在经济发展和环境保护策略方面的差异。因此, 本文根据自然流域特征与地理区位差异, 将长江经济带划分为上、中、下游三大地区



区<sup>①</sup>,对新型城镇化与绿色低碳发展效率的区域差异进行研究。

根据图2可知:长江经济带城市新型城镇化指数总体呈上升趋势。具体而言,新型城镇化指数2012—2017年间增长趋势较为平缓,而2017—2021年增速明显提升。整体来看,区域内新型城镇化指数平均值从2012年的0.231上升到2021年的0.315,新型城镇化建设成果显著。

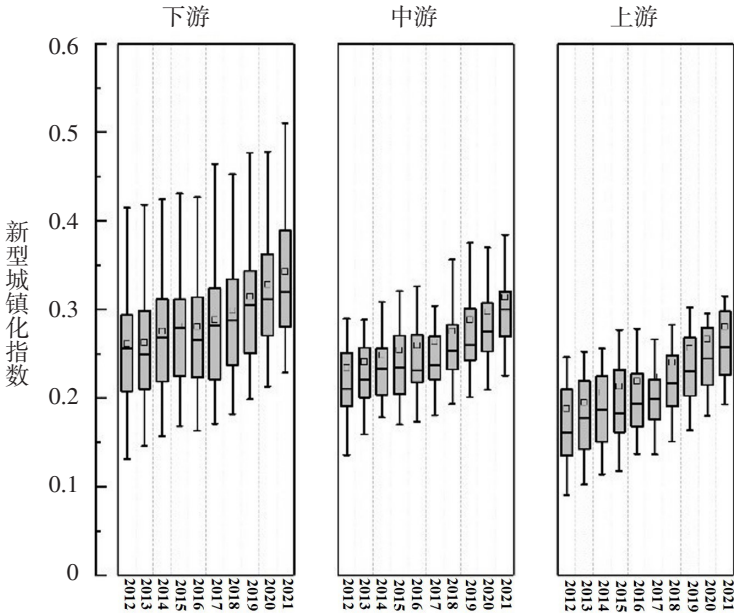


图2 长江经济带新型城镇化指数

根据图3可知:经济城镇化和社会服务城镇化是长江经济带城市新型城镇化水平提升的主要因素。同时,可以注意到,与经济城镇化表现不同,上游城市虽然社会服务城镇化的起点更低,但增速却要高于中、下游城市,这是由于上游城市的城镇化进程要落后于中、下游城市,基础相对薄弱,可以用较少的资金投入获得较大的边际收益。与之类似的是基础设施城镇化方面,上游城市的起点相比中、下游城市要低,但增速更快。在人口城镇化方面,上游城市表现较差,由于经济发展相对落后,人口吸引力不足,人口流失较为严重,因此不同于中、下游城市的人口城镇化指数保持小幅但持续的增长趋势,上游城市的人口城镇化指数呈现出“W”型的波动趋势。生态城镇化是上游城市唯一有优势的地方,这得益于其良好的生态环境资源禀赋。但由于中、下游城市经济实力更加雄厚,可以在环境治理方面投入更多资金,能一定程度上缩小差距,因此各地区间的生态城镇化指数相差不大。

<sup>①</sup>上游地区包括云南、贵州、四川、重庆4省(市),中游地区包括湖北、湖南、江西3省,下游地区包括安徽、江苏、浙江、上海4省(市)。

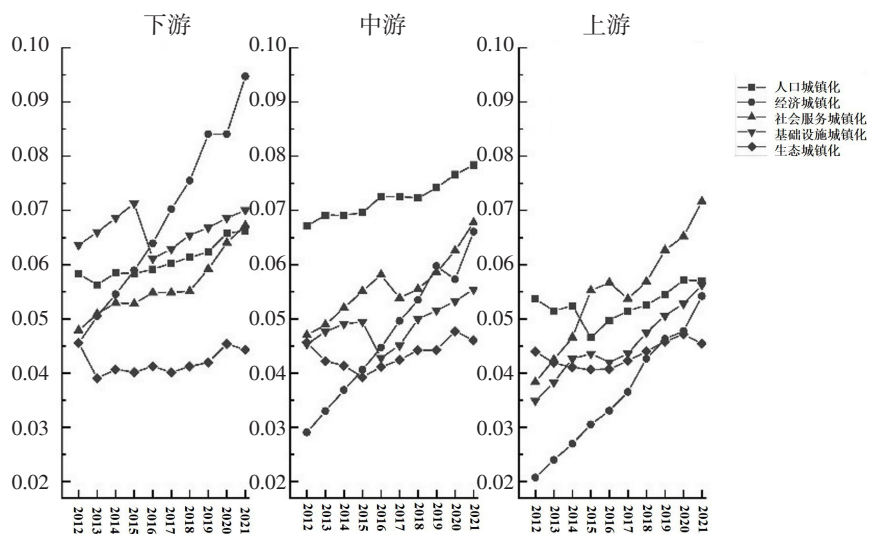


图3 长江经济带新型城镇化子系统指数变化趋势

根据图4可知:长江经济带绿色低碳发展效率出现了显著的波动,平均值为1.0354,处于较高水平。具体而言,中、下游城市的绿色低碳发展效率在2012—2015年呈现持续下降趋势,而上游城市的绿色低碳发展效率呈现“W”型波动,并在2016年出现大幅提升,此后变化情况则逐渐缓和。出现该现象的原因可能是2016年《长江经济带发展规划纲要》正式出台,明确了生态保护在地区发展中的重要地位,使得地区产业结构转型升级速度加快,传统“三高”产业加速淘汰,新发展体系逐步形成。

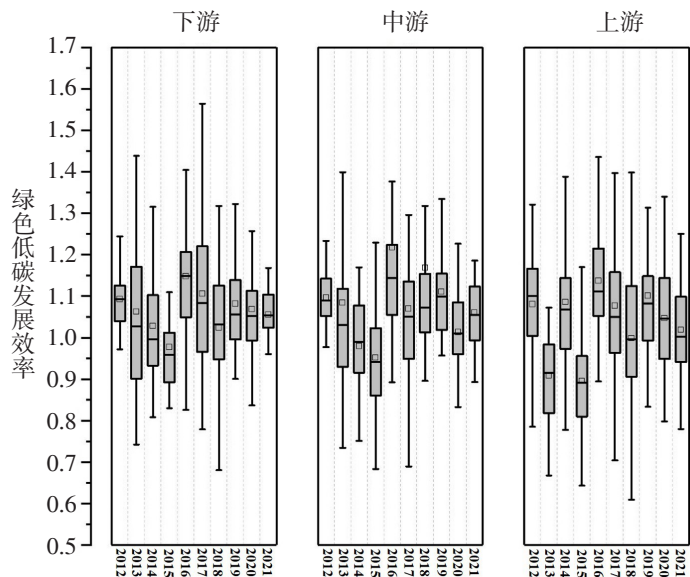


图4 长江经济带绿色低碳发展效率变化趋势

## 五、耦合协调度的时空演变

### (一)耦合协调度的时序变化特征

由图5可知,长江经济带整体和上、中、下游各地区城市的新型城镇化与绿色低碳发展效率的耦合协调度在研究期内有小幅波动,但总体呈现上升趋势,平均值分别从2012年的整体、上、中、下,所以是4个数字,呈现下游>中游>上游的格局。

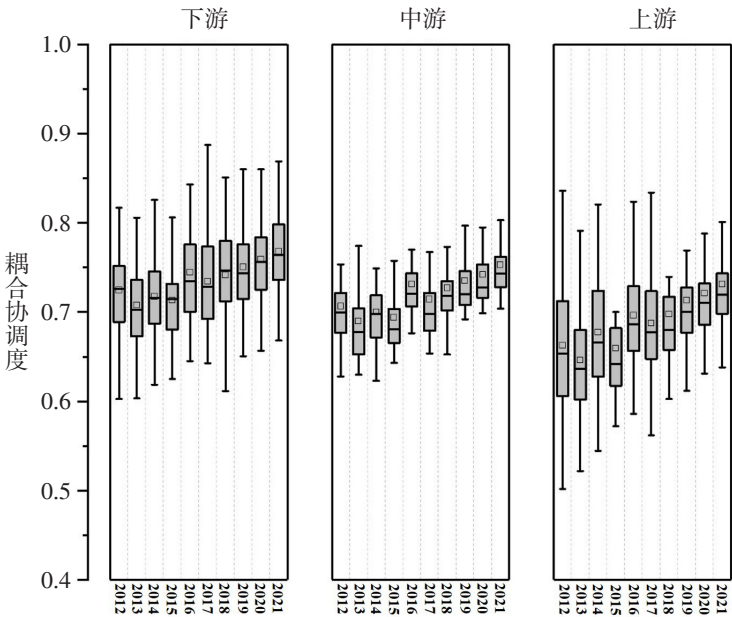
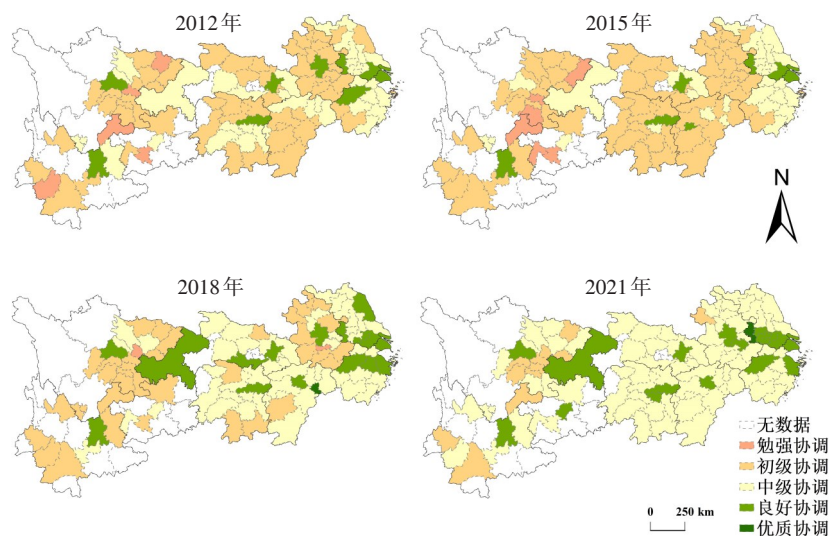


图5 新型城镇化和绿色低碳发展效率耦合协调度时序变化

### (二)耦合协调度的空间分布特征

运用 ArcGIS 软件对长江经济带 2012、2015、2018 和 2021 年的新型城镇化和绿色低碳发展效率耦合协调度进行可视化表达(图6),以便更清晰地展示二者协调发展的空间分布特征。

由图6可知,耦合协调度的空间差异显著。下游地区的峰值出现在以上海为核心的长三角城市群,中、上游地区的峰值主要出现在省会城市。2012年长江经济带大部分城市处于勉强协调和初级协调的低水平协调状态,良好协调的城市包括上海、南京、苏州、杭州、合肥、武汉、长沙、成都和昆明,除苏州外均为直辖市或省会城市。2015年长江经济带整体的耦合协调度有小幅回落,湖北西部、湖南南部和四川中部部分城市的耦合协调水平从初级协调降为勉强协调,杭州则由良好协调降为中级协调。2018年长江经济带整体的耦合协调度有较大幅度的提升,中、下游地区一半以上城市的耦合协调水平已经达到中级协调,达到良好协调水平的城市数量有所增加,并且主要出现在长三角地区。2021年,中、下游地区绝大部分城市的耦合



注：本文地图根据审图号为GS(2016)1605号的标准地图制作，底图无修改。

图6 新型城镇化和绿色低碳发展效率耦合协调度空间格局

协调水平达到中级协调及以上,下游地区良好协调水平的城市逐渐连接,形成“带状”聚集,其中南京市的耦合协调水平提升至优质协调,上游地区处于中级协调的城市也超过了一半,直辖市和省会城市的耦合协调水平都达到了良好协调及以上。总体而言,新型城镇化和绿色低碳发展效率的耦合协调度的变化趋势是从下游地区向中上游地区、从直辖市和省会城市向周边城市梯次、渐进式增长,呈现较为显著的“中心-外围”结构。分析其原因,一方面,下游长三角地区具有先发优势,较早地开始了城镇化进程,目前新型城镇化水平已经达到了相当高的程度,而中、上游省份由于发展条件相对欠缺,往往采取“一省一城”的发展路径,最大化地凝聚力量来“强省会”,因此省会城市往往是省内经济社会发展水平和新型城镇化水平最高的城市。这些城市作为地区核心城市,通过集聚效应吸引周边地区的生产要素,形成规模经济和竞争优势,同时由于技术溢出效应、产业关联效应和经济带动效应等,对周边城市的经济社会发展起到了一定的促进作用,但经济相互作用力由于距离的远近存在异质性,距离中心城市越远辐射效果越弱,形成“中心-外围”的发展结构。另一方面,这些新型城镇化建设水平高的城市,在资金、技术与设备方面具备优势,它们的产业结构趋向高级化和集约化,可以在减少污染物排放量和治理环境污染方面投入更多资金和先进技术,使它们在保持更高城镇化率的同时,绿色低碳发展效率也可以保持在较高水平,因此二者的耦合协调度也较高。

(三)耦合协调度的空间相关性分析

本文首先运用全局Moran’s I指数对长江经济带绿色低碳发展效率的空间相关性进行测度检验,空间权重矩阵选择地理距离矩阵。从表3的结果可以看出,2012—2021年的Moran’s I指数全部为正,且都通过了显著性检验,表明长江经济带绿色低碳发展效率存在显著的正向



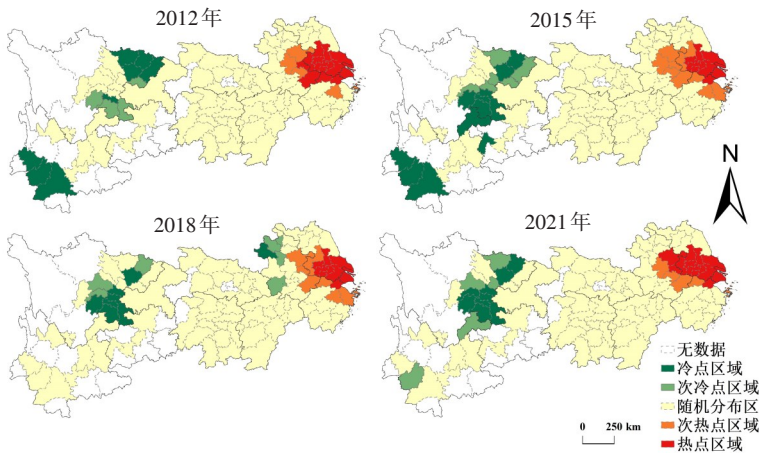
空间关联性和全局空间集聚效应,但这种空间集聚不稳定,有波动变化趋势。

表3 新型城镇化和绿色低碳发展效率耦合协调度的Moran's I指数

年份	Moran's I	SD(I)	Z值	P值
2012	0.063	0.025	3.010	0.001
2013	0.064	0.025	2.987	0.001
2014	0.041	0.024	2.030	0.021
2015	0.040	0.024	2.025	0.020
2016	0.053	0.024	2.620	0.004
2017	0.066	0.024	3.076	0.001
2018	0.063	0.024	3.025	0.001
2019	0.061	0.024	2.917	0.002
2020	0.062	0.024	2.956	0.001
2021	0.063	0.024	2.965	0.001

全局Moran's I指数只能解释研究区域要素的平均相似程度,利用ArcGIS软件的热点分析(Getis-Ord Gi\*指数)功能可以进一步测度要素高值或低值在空间的集聚情况,刻画长江经济带新型城镇化和绿色低碳发展效率耦合协调度的热点和冷点区域的空间分布(图7)。

如图7所示,2012—2021年长江经济带新型城镇化和绿色低碳发展效率耦合协调度呈现热点区域单一、冷点地区多变的特征。热点区域集中在长三角城市群,经历了先收缩后扩张的过程;冷点区域主要集中在上游的云贵川交界处,总体呈现扩张趋势,由分散的点状分布逐渐连成一片,最终形成“东热西冷”的空间格局。这一情况进一步说明了长江经济带发展不平衡、不协调的现状,东部长三角地区经济发展较好,城镇化进程快,资源利用效率较高,科技创新能力更强,向“环境友好型”产业转型的成果显著,因此形成耦合协调度的高值聚集区;而西部地区城镇化水平相对较低,产业结构较为单一,转型升级进度较慢,生态环境受到的压力更大,因此形成耦合协调度的低值聚集区。



注:本文地图根据审图号为GS(2016)1605号的标准地图制作,底图无修改。

图7 新型城镇化和绿色低碳发展效率耦合协调度空间冷热点分布



(四)新型城镇化和绿色低碳发展效率耦合协调度的空间差异

为了进一步刻画长江经济带新型城镇化和绿色低碳发展效率耦合协调度的空间差异及差异来源,本文运用Dagum基尼系数及其分解方法对二者耦合协调度的区域内基尼系数、区域间基尼系数和贡献率进行测度分解(结果见表4)。

1.总体区域差异

2012—2021年长江经济带新型城镇化和绿色低碳发展效率耦合协调度的基尼系数均值为0.051,总体基尼系数从2012年的0.048上升到2021年的0.065,表明二者耦合协调度的地区差异在逐渐增大。

表4 新型城镇化和绿色低碳发展效率耦合协调度的基尼系数及其分解结果

年份	总体基尼系数	区域内基尼系数			区域间基尼系数			贡献率(%)		
		上游	中游	下游	上-中	上-下	中-下	区域内	区域间	超变密度
2012	0.048	0.082	0.037	0.035	0.049	0.053	0.036	34.01	22.14	43.85
2013	0.049	0.049	0.054	0.033	0.041	0.053	0.048	37.63	12.65	49.72
2014	0.041	0.052	0.031	0.029	0.041	0.043	0.034	33.48	27.11	39.41
2015	0.029	0.022	0.036	0.018	0.019	0.031	0.022	39.22	12.25	48.53
2016	0.042	0.071	0.035	0.021	0.048	0.052	0.031	34.17	25.16	40.67
2017	0.054	0.065	0.058	0.024	0.048	0.059	0.048	35.83	30.54	33.63
2018	0.055	0.088	0.038	0.032	0.055	0.055	0.039	32.59	31.04	36.37
2019	0.064	0.113	0.046	0.026	0.061	0.064	0.042	34.25	25.04	40.71
2020	0.062	0.054	0.057	0.073	0.059	0.069	0.056	33.83	28.82	37.35
2021	0.065	0.069	0.063	0.054	0.067	0.068	0.060	35.32	24.95	39.73
均值	0.051	0.067	0.046	0.035	0.049	0.055	0.042	35.03	23.97	41.00

2.区域内和区域间差异

研究期内,长江经济带新型城镇化和绿色低碳发展效率耦合协调度的区域内基尼系数基本呈现“上游—中游—下游”依次递减的格局,其均值分别为0.067、0.046和0.035。上游地区耦合协调度的区域内基尼系数最高,说明上游地区新型城镇化和绿色低碳发展效率协调发展的不平衡程度最高。以2021年为例,中心城市重庆、成都、贵阳、昆明耦合协调度较高,均达到良好协调水平,而其他城市中有近一半处于初级协调水平,区域中心城市对周边城市的带动作用仍有待加强。中、下游地区区域内基尼系数较低,表明区域内各城市新型城镇化和绿色低碳发展效率协调发展的不平衡程度较低。同样以2021年为例,中、下游地区的中心城市如武汉、长沙、南昌、合肥、杭州、南京、上海等城市的耦合协调度较高,均达到良好协调及以上水平,其他城市的耦合协调度也不低,均处于中级协调及以上水平,因此区域内差异较小。另外,各区域基尼系数都呈波动上升趋势,其中中游地区上升幅度最大,这也反映了长江经济带在区域协同发展方面尚未取得显著成效。

区域间差异表现为,上游与下游耦合协调度的差异程度最大,基尼系数的均值为0.055,上游与中游、中游与下游的区域间差异程度依次降低,基尼系数的均值分别为0.049和0.042。这一情况可以与耦合协调度的空间冷热点分布相对应,上游地区存在低值聚集区而下游地区存在高值聚集区,因此上、下游区域间的差异最大。上游与中游的区域间差异大于中游与下游的区域间差异,说明上游地区在新型城镇化与绿色低碳发展两方面均处于落后位置,要实现长江经济带协调发展,缩小区域间发展差距仍是未来一段时间的重点任务。从演变趋势看,各区域间的差异总体呈现加大的趋势,上游和中游、上游与下游、中游与下游的基尼系数分别从2012年的0.049、0.053和0.036增长到2021年的0.067、0.068和0.060。由此可见,长江经济带新型城镇化和绿色低碳发展效率耦合协调度的地区间差异持续扩大,还未形成协调发展的空间格局。

### 3.差异来源及贡献

研究期内,长江经济带新型城镇化和绿色低碳发展效率耦合协调度的空间差异首先来源于超变密度,贡献率均值为41.00%;其次是区域内差异,贡献率均值为35.03%,最后是区域间差异,贡献率均值为23.97%。从变化趋势看,超变密度的贡献率呈波动下降趋势,而区域间和区域内差异的贡献率均波动上升。超变密度代表的是区域间交叉重叠导致的区域间差异,反映的是一种区域“多极化”现象(张瀚禹、吴振磊,2023)。结合图7可知,在高值的下游区域,安徽省和浙江省部分城市的耦合协调度并不高,与中、上游大部分城市处于同一水平;而在低值的中、上游区域,省会和直辖市及其周边部分城市的耦合协调度较高,可排在高值区前列,共同导致了较大范围的交叉重叠现象,并在区域内形成了多个“中心”。超变密度的贡献率降低,说明了这种极化现象有所减弱。

## 六、结论与建议

本文借助ArcGIS软件,基于2012—2021年面板数据,采用变异系数法、EBM模型、全局Moran's I指数和Dagum基尼系数等方法,探索长江经济带新型城镇化和绿色低碳发展效率的耦合协调状态和空间差异,主要结论如下:

第一,考察期内,研究区新型城镇化指数保持总体上升趋势,空间分布呈现“下游>中游>上游”的特征。经济城镇化和社会服务城镇化是新型城镇化水平提升的主要驱动因素。绿色低碳发展效率呈现先降后增,再逐渐平缓的变化特征。

第二,研究区新型城镇化和绿色低碳发展效率耦合协调度呈现总体上升趋势,呈现“东高西低”的空间分布格局。空间相关性测度结果显示,耦合协调度有显著的正向空间关联性,热点区域集中在长江三角城市群。不同级别城市的耦合协调度差异明显,直辖市和省会城市是区域峰值城市,2021年全部都达到良好协调水平,其余大部分城市处于中级协调水平,呈现

“中心-外围”的城市不平衡现象。

第三,Dagum基尼系数及其分解显示,超变密度对区域总体差异的贡献率显著高于区域间差异及区域内差异的贡献率,反映出长江经济带存在较强的极化现象。其中,上游地区与下游地区的区域间差异最大,上游地区的区域内差异最大。

基于上述研究结论,本文就推进新型城镇化和绿色低碳发展效率协调发展提出如下建议:

第一,加强规划和引导,制定科学的发展战略和政策措施,促进新型城镇化均衡发展。对于中、上游地区:一是要依托自身资源优势和产业基础,发展特色产业,增强经济实力,提高新型城镇化质量。二是加强教育、医疗、文化等公共服务体系建设,提高基础设施建设水平,鼓励居民就地就业和创业,减少人口外流。三是加强与下游城市的合作与交流,通过产业协同、资源共享等方式,实现优势互补和共同发展。对于下游地区:一方面要加强科技创新、技术革新以推动地区产业升级;另一方面要充分发挥辐射带动作用,科学有序地进行产业转移。

第二,从减少污染物的排放量和提高生产要素的利用效率两方面采取措施提升绿色低碳发展效率。一是加快能源结构调整,控制化石能源消费,大力发展可再生能源,减少工业、交通、农业等行业的污染物和碳排放。二是稳步推进产业结构优化升级,减少高耗能、高污染产业占比,积极培育发展现代服务、金融服务、电子信息等环境友好型支柱产业。三是加大环境执法力度,提升环境执法效率,严格依法查处各类环境违法行为。四是通过政策引导和市场机制,推动企业采用先进的生产工艺和节能技术,改善工业过程,降低单位产出的能耗水平。五是构建循环经济产业链,实现废弃物的资源化利用。

第三,打造新型城镇化与绿色低碳发展效率区域协同发展格局。一是加强中心城市引领作用。新型城镇化与绿色低碳发展效率之间的耦合协调度具有显著的空间正相关性,高水平地区更容易影响邻近地区促使其水平提升。因此,长三角及其他区域中心城市应继续保持良好态势,形成示范效应,通过技术外援、项目合作等手段带动相邻地区发展。二是建立跨区的协同发展机制。成立跨区协同发展领导小组,负责统筹区域协同发展战略规划、政策的制定和实施工作,实现规划衔接、政策统一,确保各地区形成合力,避免重复建设和恶性竞争。三是注重区域内外交通基础设施建设、互联网等信息化平台建设,打破时空壁垒,促进信息畅通、要素流通及市场联系,进而缩小区域间差距。

## 参考文献:

- [1] 邓宗兵,宗树伟,苏聪文,等.长江经济带生态文明建设与新型城镇化耦合协调发展及动力因素研究[J].经济地理,2019,39(10):78-86.
- [2] 杜建国,王玥,赵爱武.智慧城市建设对城市绿色发展的影响及作用机制研究[J].软科学,2020,34(09):59-64.

- [3] 方传棣,成金华,赵鹏大.大保护战略下长江经济带矿产-经济-环境耦合协调度时空演化研究[J].中国人口·资源与环境,2019,29(6):65-73.
- [4] 关忠诚,陈晓雷,姜渊雨,等.目标一致型两阶段网络SBM效率评价方法[J].系统工程理论与实践,2024,44(5):1-16.
- [5] 郭海红,刘新民.中国农业绿色全要素生产率时空演变[J].中国管理科学,2020,28(9):66-75.
- [6] 李琛,吴映梅,高彬嫔,等.新发展理念视域下云南省新型城镇化质量时空演变研究[J].资源开发与市场,2023,39(8):1012-1021.
- [7] 李刘艳,邓金钱.我国城镇化发展的阶段特征、逻辑主线与未来进路[J].经济学家,2024(3):87-97.
- [8] 李芳芝,李玉林.“双碳”目标下长江经济带沿线省份工业用水效率及其地区差距研究[J].长江流域资源与环境,2023,32(11):2360-2370.
- [9] 李春梅,沈文科,苏颖磊.黄河流域限制开发区的绿色发展效率及其影响因素[J].中国人口·资源与环境,2023,33(8):157-165.
- [10] 李咏华,高欣芸,姚松,等.长三角城市群核心地区碳平衡压力与新型城镇化脱钩关系[J].经济地理,2022,42(12):72-81.
- [11] 刘华军,郭立祥,乔列成,等.中国物流业效率的时空格局及动态演进[J].数量经济技术经济研究,2021,38(05):57-74.
- [12] 刘自敏,邓明艳,杨丹,等.降低企业用能成本可以提高能源效率与社会福利吗——基于交叉补贴视角的分析[J].中国工业经济,2020(3):100-118.
- [13] 刘润,张杰,蔡思怡,等.长江中游城市群新型城镇化与城市居民生活质量耦合协调关系研究[J].长江流域资源与环境,2023,32(7):1349-1364.
- [14] 马彦瑞,刘强.新型城镇化建设的减污降碳效应[J].中国人口·资源与环境,2024,34(01):33-45.
- [15] 宁启蒙,胡广云,汤放华,等.科技创新与新型城镇化相关性的实证分析——以长株潭城市群为例[J].经济地理,2022,42(8):81-86.
- [16] 欧进锋,许抄军,陈东.广东省新型城镇化高质量发展水平演变及其影响因素[J].经济地理,2023,43(3):78-87.
- [17] 钱志权,韩佳银.长三角城市群新型城镇化与低碳发展耦合过程与机理[J].长江流域资源与环境,2023,32(11):2285-2297.
- [18] 邵佳,冷婧.湖南武陵山片区新型城镇化与生态环境耦合协调发展[J].经济地理,2022,42(9):87-95.
- [19] 时朋飞,耿飏,李星明,等.长江经济带旅游业环境生产率测度、空间分异及驱动机制研究[J].中国软科学,2022(3):78-87.
- [20] 生延超,徐珊,李倩,等.环境规制赋能黄河流域产业结构升级:供给优化抑或需求牵引[J].地理科学进展,2023,42(6):1039-1054.
- [21] 宋金昭,胡湘湘,王晓平,等.黄河流域新型城镇化、产业结构升级与绿色经济效率的时空耦合研究[J].软科学,2022,36(10):101-108.
- [22] 田泽,方琪,鞠云,等.中国三大流域制造业绿色转型效率评价及影响因素研究[J].长江流域资源与环境,2023,32(10):2072-2084.
- [23] 田云,卢奕亨.中国省域新型城镇化与农业碳排放效率的耦合协调关系[J].华中农业大学学报(社会科学版),2023(4):33-46.
- [24] 王凯,邹楠,甘畅.旅游技术效率、旅游绿色生产率收敛性及其影响因素[J].经济地理,2022,42(6):215-224.
- [25] 王彦霞,王培安.新型城镇化视角下县域城镇化时空格局及聚集特征——以浙江省为例[J].干旱区地理,2019,42(2):423-432.



- [26] 王兵,吴延瑞,颜鹏飞. 中国区域环境效率与环境全要素生产率增长[J]. 经济研究, 2010, 45(5): 95-109.
- [27] 翁异静,汪夏彤,杜磊,等. 浙江省新型城镇化和绿色经济效率协调度研究——基于“两山理论”视角[J]. 华东经济管理, 2021, 35(6): 100-108.
- [28] 谢寿琼,刘凯迪. “以人为核心”的新型城镇化水平测度与空间差异研究[J]. 统计与决策, 2023, 39(21): 75-79.
- [29] 徐乐怡,曹信生,刘程军. 产业视角的中国城镇化质量分级与演化研究[J]. 经济地理, 2018, 38(12): 68-75.
- [30] 徐维祥,王敏吉,郑金辉,等. 长江经济带城镇化与绿色化耦合协调的时空演化特征及驱动因素[J]. 长江流域资源与环境, 2023, 32(8): 1561-1572.
- [31] 陈倩,陈红敏. 城镇化对绿色发展效率的影响[J]. 科技管理研究, 2022, 42(16): 190-196.
- [32] 杨阳,唐晓岚. 长江流域新型城镇化耦合协调度时空分异与空间集聚[J]. 长江流域资源与环境, 2022, 31(03): 503-514.
- [33] 尹君锋,宋长青,石培基. 乡村振兴与新型城镇化良性耦合——中国式城乡现代化发展科学内涵与时代选择[J]. 经济地理, 2023, 43(11): 154-164.
- [34] 张瀚禹,吴振磊. 共同富裕的内涵特征与测度研究[J]. 统计与信息论坛, 2023, 38(10): 59-75.
- [35] 张耀,朱英明,杜家祺. 长江经济带和黄河流域数字经济与新型城镇化耦合协调的比较研究[J]. 经济地理, 2024, 44(2): 61-70.
- [36] 张杰,范雨婷. 创新型城市绿色发展:效率测算、外部性与提升路径[J]. 中国人口·资源与环境, 2023, 33(2): 102-112.
- [37] 赵杨,王京,潘为华. 中国省域新型城镇化水平与绿色发展水平的区域特征及其影响机制[J]. 经济地理, 2023, 43(9): 1-9.
- [38] 郑洲. 基于系统耦合视角的西藏新型城镇化与乡村振兴协调发展实证研究[J]. 西南民族大学学报(人文社会科学版), 2023, 44(7): 105-114.
- [39] 邹亚锋,王淇,张倩,等. 西部省会城市新型城镇化与生态文明协调发展状况研究[J]. 世界地理研究, 2023, 32(12): 89-103.
- [40] Tone, K. A Slacks-Based Measure of Efficiency in Data Envelopment Analysis[J]. European Journal of Operational Research, 2001, 130(3): 498-509.
- [41] Tone, K., M. Tsutsui. An Epsilon-Based Measure of Efficiency in DEA: A Third Pole of Technical Efficiency[J]. European Journal of Operational Research, 2010, 207(3): 1554-1563.
- [42] Shan, Y., Y. Guan, Y. Hang, et al. City-level Emission Peak and Drivers in China[J]. Science Bulletin, 2022, 67(18): 1910-1920.
- [43] Zhan, C., M. Guo, J. Cheng, et al. Evaluation of Resources and Environment Carrying Capacity Based on Support Pressure Coupling Mechanism: A Case Study of the Yangtze River Economic Belt[J]. IJERPH, 2022, 20(1): 240.



# The Coupling and Coordination of New Urbanization and Green Development Efficiency in the Yangtze River Economic Belt

Zhan Cheng<sup>a</sup>, Feng Yin<sup>b</sup>, Chen Jiahao<sup>a</sup>, Cheng Penghong<sup>a</sup>, Cheng Jinhua<sup>a,c</sup>

(a: School of Economics and Management, China University of Geosciences (Wuhan);

b: College of Low Carbon Economics, Hubei University of Economics;

c: Collaborative Innovation Center for Emissions Trading System Co-constructed by the Province and Ministry)

**Abstract:** To explore the coupling and coordination relationship between new urbanization and green development efficiency, based on panel data from 108 prefecture level and above cities in the Yangtze River Economic Belt from 2012 to 2021, a new urbanization indicator system was constructed to calculate the level of new urbanization in each city. The EBM model was used to calculate the green development efficiency of each city, and the coupling coordination degree model, global Moran's I index, and Dagum Gini coefficient were used to analyze and characterize the spatiotemporal evolution and spatial differences of the coupling coordination degree between new urbanization and green development efficiency. The results show that the level of new urbanization in the Yangtze River Economic Belt is generally on the rise, and the efficiency of green development fluctuates greatly. The degree of coupling and coordination between the two continues to improve, showing spatial distribution characteristics of "high in the east and low in the west" and "central periphery", with a significant positive spatial correlation. The Yangtze River Delta urban agglomeration is a hot spot area. The regional differences in coupling coordination degree are significant, and the main source of the differences is the super variable density. Based on the above conclusions, policy recommendations are proposed from the perspective of adapting to local conditions and overall coordination, in order to help promote the positive interaction between new urbanization and green development in the Yangtze River Economic Belt.

**Keywords:** New Urbanization; Green Development; Coupled Co-scheduling; Yangtze River Economic Belt; EBM

**JEL Classification:**P20, Q50

(责任编辑:卢 玲)