

DOI:10.13869/j.cnki.rswc.2023.05.014.

范贤贤, 周云蕾. 长江经济带土地利用与经济—社会—环境耦合协调研究[J]. 水土保持研究, 2023, 30(5): 370-378.

FAN Xianxian, ZHOU Yunlei. Coupling Coordination of Land Use and Economic-Social-Environmental in the Yangtze River Economic Belt[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2023, 30(5): 370-378.

# 长江经济带土地利用与经济—社会—环境耦合协调研究

范贤贤<sup>1</sup>, 周云蕾<sup>2</sup>

(1. 湖南大学 经济与贸易学院, 长沙 410079; 2. 安徽财经大学 财政与公共管理学院, 安徽 蚌埠 233030)

**摘要:** [目的] 测算长江经济带城市土地利用与经济—社会—环境系统的耦合协调度, 并考察其时空分异特征及驱动因素, 进而为长江经济带土地可持续利用和区域高质量协调发展提供决策参考。[方法] 基于 2006—2019 年长江经济带 108 个地级市的面板数据, 构建了土地利用与经济—社会—环境系统的指标体系, 采用熵权法、耦合协调度模型测算耦合协调度, 并借助 Dagum 基尼系数、莫兰指数和地理加权回归模型进行时空分异特征及驱动因素分析。[结果] 2006—2019 年长江经济带土地利用与经济—社会—环境耦合协调度由 0.309 上升至 0.477, 从轻度失调转入勉强协调。不同区域间的耦合协调度由下游区域向上游区域逐步递减, 呈现“东高西低”的空间分布格局。耦合协调度的总体、区域内和区域间差异呈现下降趋势。区域间差异是总体差异的主要原因, 其贡献率由 43.67% 上升至 46.88%。耦合协调度的 Moran's  $I$  值由 0.095 上升至 0.134, 具有显著的空间正自相关性, “H—H”集聚区主要分布在下游区域, “L—L”集聚区主要分布在中上游区域。地形起伏和坡度呈现负向驱动, 城镇化水平和外商直接投资呈现正向驱动, 人口密度呈现两级化驱动特征。[结论] 长江经济带土地利用与经济—社会—环境的耦合协调度存在时空异质性, 应充分考虑区域特征制定差异化的土地利用政策。

**关键词:** 耦合协调度; 土地利用; 经济—社会—环境; 时空演变; 区域差异; 长江经济带

中图分类号: F172

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2023)05-0370-09

## Coupling Coordination of Land Use and Economic-Social-Environmental in the Yangtze River Economic Belt

FAN Xianxian<sup>1</sup>, ZHOU Yunlei<sup>2</sup>

(1. School of Economics and Trade, Hunan University, Changsha 410079, China; 2. School of Finance and Public Administration, Anhui University of Finance and Economics, Bengbu, Anhui 233030, China)

**Abstract:** [Objective] The purpose of this paper is to measure the coupling coordination of urban land use and the economic-social-environmental system in the Yangtze River Economic Belt, and investigate its spatial and temporal differentiation characteristics and driving factors, and then to provide decision-making for promoting sustainable land use and high-quality coordinated development in the Yangtze River Economic Belt. [Methods] Based on the panel data of 108 prefecture-level cities in the Yangtze River Economic Belt from 2006 to 2019, this study constructed an indicator system of land use and economic-social-environment system, measured the coupled coordination degree using the entropy weight method and coupled coordination degree model, and examined its spatial and temporal divergence characteristics and driving factors with the methods of Dagum Gini coefficient, Moran index and geographically weighted regression model. [Results] The coupling coordination degree of land use and economic-social-environment in the Yangtze River Economic Belt increased from 0.309 to 0.477 during 2006—2019, transferring from mild disorder to barely coordinated.

收稿日期: 2022-08-08

修回日期: 2022-09-13

资助项目: 国家自然科学基金青年项目(71904087); 安徽省高校人文社会科学重点项目(SK2021A0229); 安徽生态与经济发展研究中心一般项目(AHST2019016)

第一作者: 范贤贤(1995—), 女, 安徽宿州人, 博士研究生, 研究方向为土地利用与绿色低碳发展, 城市经济。E-mail: fanxianxian95@163.com

通信作者: 周云蕾(1991—), 女, 山东菏泽人, 博士, 讲师, 主要研究方向为财政与税收, 生态经济与政策。E-mail: aufezy1991@163.com

<http://stbcj.paperonice.org>

The coupling coordination degree decreased from downstream to upstream regions, showing a spatial distribution characteristics of the high level in the east and low level in the west. The overall, intra-regional, and inter-regional differences in coupling coordination showed a decreasing trend. The inter-regional variance was the main explanation for the overall variance, and its contribution increased from 43.67% to 46.88%. The Moran's  $I$  of coupling coordination increased from 0.095 to 0.134, with significant positive spatial autocorrelation, and the 'High-High' agglomeration area mainly distributed in the lower reaches, while the 'Low-Low' agglomeration areas mainly distributed in the middle and upper reaches. Topographic relief and slope showed a negative driving force, urbanization level and foreign direct investment showed a positive driving force, and population density showed a two-level driving force. [Conclusion] The coupled coordination of land use and economic-social-environment in the Yangtze River Economic Belt has spatial and temporal heterogeneity, and differentiated land use policies should be formulated with full consideration of regional characteristics.

**Keywords:** coupling coordination; land use; economic-social-environment; spatial and temporal evolution; regional differences; Yangtze River Economic Belt

土地是城市发展的基础,也是经济和社会活动、生态系统建设的重要载体。土地利用方式不仅与经济社会发展效益、质量密切相关,也影响着区域生态环境及人类生存空间。可见,土地利用与经济—社会—环境系统之间存在天然的耦合关系。然而,随着我国快速的城市化发展,土地利用发生巨大变化,造成城市建设用地无序扩张,土地利用效率低下,人地矛盾,生态质量下降等问题日益严峻,增加了经济、社会和生态环境系统的潜在风险<sup>[1-3]</sup>,严重阻碍了城市高质量发展。因此,在新型城镇化和高质量发展背景下,如何优化土地利用模式,促进与经济、社会和环境系统的耦合协调发展成为亟待解决的现实问题。

关于土地利用与经济—社会—环境耦合协调发展的文献,学术界主要从以下几个方面进行了研究。较多学者围绕土地利用评价进行了大量研究,包括土地利用变化或转型<sup>[4-6]</sup>,土地利用经济效益<sup>[7]</sup>、生态效益<sup>[8-9]</sup>或经济、社会和环境综合效益的时空分异特征<sup>[10-11]</sup>、耦合协调度<sup>[12]</sup>和驱动力<sup>[13]</sup>评价,土地利用效率评价<sup>[14-16]</sup>,土地利用多功能评价,如生产—生活—生态功能<sup>[17-19]</sup>、经济—社会—生态功能<sup>[20]</sup>、文化—经济—社会—生态功能<sup>[21]</sup>。系统间耦合协调关系方面,学者们主要针对土地利用与经济社会发展<sup>[22-24]</sup>或生态环境<sup>[25-26]</sup>的耦合协调关系进行了研究,研究区域集中在单一省份<sup>[27]</sup>、城市群<sup>[28]</sup>或城市<sup>[29]</sup>。另外,部分学者还关注了城镇化与土地利用<sup>[30-31]</sup>、土地利用效益<sup>[32-34]</sup>的耦合关系。通过以上文献梳理可知,当前将土地利用与经济—社会—环境纳入同一框架研究其耦合协调关系的文献较为匮乏,对典型区域土地利用与经济—社会—环境耦合协调时空分异及驱动机制的探讨也较为薄弱,且研究尺度有待拓展。

长江经济带是我国经济社会发展和生态文明建设

的重心,同时也存在较为突出的人地矛盾、生态功能退化、水土流失以及土地不合理开发等问题。2016年,习近平总书记提出,长江经济带发展应以不搞大开发,共抓大保护为导向。因此,明确长江经济带土地利用与经济—社会—环境的耦合协调关系,对优化土地利用开发,促进高质量发展具有重要的现实意义。鉴于此,本文以2006—2019年长江经济带108个地级市为研究对象,构建土地利用与经济—社会—环境系统的指标体系,测算土地利用与经济—社会—环境耦合协调度,并运用多种方法分析其时空分异特征以及驱动因素,以期为促进土地可持续利用,推动新型城镇化建设,实现区域高质量发展提供决策参考。

## 1 研究区概况

长江经济带是我国重大国家战略发展区域,连接了我国东、中、西三大地带,占据了全国21%的国土面积,承载了全国40%以上的人口和经济总量,并支撑了全国41.1%的造林面积。长江经济带作为我国生态文明建设先行示范带、协调发展带以及国土空间开发最重要的东西轴线,不仅具有较强的经济和人口优势,也拥有丰富的生态资源和突出的生态地位,发展潜力巨大。从区域分布来看,长江经济带包括9省2市,按地理位置可以分为下游、中游和上游三大区域。其中,下游区域为上海市、江苏、浙江和安徽省内城市,中游区域为江西、湖北和湖南省内的城市,上游区域为重庆市、四川、贵州和云南省内的城市。图1展示了长江经济带各区域分布情况。

## 2 研究方法 with 数据来源

### 2.1 数据来源

基于指标数据可得性,本文选取2006—2019年

长江经济带 108 个地级市作为样本,其中,下游地区城市 41 个,中游地区城市 36 个,上游地区城市 31 个。其他城市由于数据缺失严重无法参与测算,因此在分析过程中未包含在内。数据主要来源于 2007—2020 年《中国城市统计年鉴》《中国城市建设统计年鉴》及各省市统计公报,部分缺失数据采用插值法进行补充。

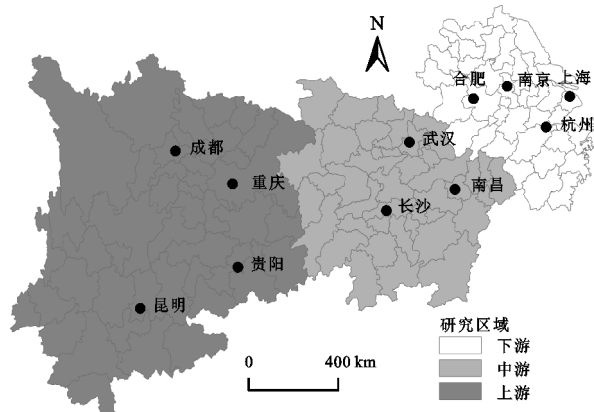


图1 长江经济带区域分布

## 2.2 研究方法

**2.2.1 指标构建** 我国已进入高质量发展阶段,新时代下高质量发展不仅体现在经济增长总量上,还必须提升发展质量,保障土地、经济、社会 and 环境的可持续发展。因此,土地利用系统主要依据合理配置土地利用结构,以最小的土地投入,获得最大的经济、社会效益和最小的环境损失为指导构建指标体系。经济、社会和环境系统则侧重考虑能够反映质量的指标,引入增长效率、创新、产业结构升级、社会公平、节能减排等,淡化了总量增长型指标,符合高质量发展的宗旨。基于以上分析,本文研究建立了 8 个一级指标,29 个二级指标,具体见表 1。

**2.2.2 熵权法** 本文选择熵权法测算长江经济带土地利用、经济、社会和环境系统的综合得分。首先,对原始数据进行标准化处理。然后,确定指标熵值,计算公式如下:

$$E_j = -\frac{1}{\ln n} \sum_{i=1}^n (p_{ij} \ln p_{ij}) \quad p_{ij} = X_{ij} / \sum_{i=1}^n X_{ij} \quad (1)$$

其次,生成权重:

$$W_j = \frac{1 - E_j}{k - \sum_{j=1}^k E_j} \quad (2)$$

最后,合成指标:

$$U_{ij} = \sum_{j=1}^k W_j X_{ij} \quad (3)$$

式中:  $E_j$  为第  $j$  项指标的熵值;  $X_{ij}$  为  $i$  地级城市  $j$  指标的数值;  $W_j$  为  $j$  指标的权重;  $k$  为指标个数;  $n$  为样本个数;  $U_{ij}$  为加权得到的土地利用、经济、社会和环境系统的综合得分。

**2.2.3 耦合协调度模型** 本文利用耦合协调度模型判断长江经济带土地利用与经济—社会—环境的耦合协调关系,具体公式如下:

$$C = \left[ \frac{U_1 \times U_2 \times U_3 \times U_4}{(U_1 + U_2 + U_3 + U_4)^4} \right]^4 \quad (4)$$

$$D = \sqrt{C \times T}, T = \alpha U_1 + \beta U_2 + \gamma U_3 + \lambda U_4 \quad (5)$$

式中:  $C$  表示耦合度;  $U$  表示各系统得分;  $D$  为耦合协调度,取值介于  $(0; 1)$ ;  $T$  为系统的综合协调指数;  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  和  $\lambda$  分别表示系统各自的权重,一般认为系统同等重要,因此,  $\alpha = \beta = \gamma = \lambda = 1/4$ 。

根据现有研究,本文将耦合协调度分为 5 个等级,具体见表 2。

**2.2.4 Dagum 基尼系数** 本文选用 Dagum 基尼系数及其分解作为探索长江经济带土地利用与经济—社会—环境耦合协调发展区域差异的核心工具。Dagum 基尼系数及其分解包括总的基尼系数  $G$ , 区域内差异贡献  $G_w$ , 区域间差异贡献  $G_{nb}$  及超变密贡献  $G_t$ , 且满足  $G = G_w + G_{nb} + G_t$ , 能够反映出变量在区域内部、区域间的差异及差异贡献度。限于篇幅,具体测算公式可参照何刚等<sup>[35]</sup>的做法。

**2.2.5 空间自相关** 空间自相关主要用来判断考察变量是否具有空间依赖性。度量空间自相关的常用方法为莫兰指数 (Moran's  $I$ )。全局莫兰指数反映了考察变量在整个空间的空间集聚情况。局部莫兰指数反映了考察变量在某个区域附近的集聚情况。

**2.2.6 地理加权回归模型** 地理加权回归模型是探索空间异质性的常用方法。与普通的 OLS 回归相比,地理加权回归模型能够展现出数据的空间异质性,较好地估计出驱动因素对不同区域土地利用与经济—社会—环境耦合协调度的影响程度。地理加权回归模型的公式如下:

$$Y_i = \alpha_0(u_i, v_i) + \sum_{j=1}^p \beta_j(u_i, v_i) X_{ij} + \epsilon_i \quad (6)$$

式中:  $Y$  为土地利用与经济—社会—环境耦合协调度;  $X$  为驱动因素;  $(u_i, v_i)$  为样本  $i$  的地理坐标;  $\alpha_0(u_i, v_i)$  是  $i$  点的回归常数;  $\beta_j(u_i, v_i)$  为回归系数;  $p$  为驱动因素的个数;  $\epsilon_i$  为随机扰动项。

## 3 结果与分析

### 3.1 土地利用与经济—社会—环境耦合协调度时序分析

根据所测出的土地利用与经济—社会—环境 3 个系统的耦合协调度,本文绘制了长江经济带土地利用与经济—社会—环境耦合协调度的时间变化趋势(图 2)。

表 1 土地利用与经济—社会—环境指标体系

系统	准则层	指标层	指标含义或计算方法	权重
土地利用	土地利用结构	建设用地占区域总面积的比例(%)	反映建设用地利用水平	0.199
		绿色面积占区域总面积的比例(%)	反映绿色用地利用水平	0.337
		人均建设用地面积(m <sup>2</sup> /人)	建设用地面积/总人口	0.102
		人均道路面积(m <sup>2</sup> /人)	反映城市基础设施水平	0.033
	土地利用投入	地均二三产业从业人员数(万人/km <sup>2</sup> )	二三产业从业人员数/土地面积	0.067
		地均固定资产投资(万元/km <sup>2</sup> )	固定资产投资/土地面积	0.065
		地均财政支出(万元/km <sup>2</sup> )	财政支出/土地面积	0.068
		地均二三产业产值(万元/km <sup>2</sup> )	反映土地利用经济效益	0.057
	土地利用产出	地均财政收入(万元/km <sup>2</sup> )	反映土地利用社会效益	0.070
		建设用地碳排放(万 t)	反映土地利用碳排放水平	0.003
经济系统	经济效率	全要素生产率	反映劳动资本投入产出水平	0.006
		二产劳动生产率(万元/人)	GDP/二产就业人员数	0.079
		三产劳动生产率(万元/人)	GDP/三产就业人员数	0.109
		二产产值占 GDP 比例(%)	反映工业化发展水平	0.025
	经济结构	三产产值占 GDP 比例(%)	反映服务业发展水平	0.052
		产业结构高度指数	反映产业结构升级程度	0.045
	创新驱动	科技投入占财政支出比重(%)	反映创新投入水平	0.175
		人均科研支出(元/人)	财政科技支出/总人口	0.400
		科研、技术服务从业人员占比(%)	反映创新能力水平	0.109
		人均 GDP(元)	反映居民生活水平	0.148
社会系统	社会福利	人均教育支出(元/人)	反映教育投入水平	0.140
		万人拥有医生数(人)	反映人口素质水平	0.078
		人均医疗卫生机构床位数(张/万人)	反映医疗卫生水平	0.070
		城镇职工平均工资(元)	反映社会效益水平	0.097
	绿色生活	城镇农村收入比	反映城乡发展差异	0.007
		人均生活用电量(kW·h/人)	生活用电量/总人口	0.008
		人均碳排放(t/人)	碳排放/总人口	0.006
		每万人公共汽(电)车车辆数(辆)	反映绿色交通水平	0.223
		人均年乘公共汽(电)车次数(次)	反映居民绿色出行水平	0.223
		万元 GDP 能源消耗(t/万元)	能源消耗/GDP	0.002
环境系统	节能减排	万元 GDP 碳排放(t/万元)	碳排放/GDP	0.001
		万元 GDP 工业废水排放量(t/万元)	工业废水排放量/GDP	0.008
		万元 GDP 工业 SO <sub>2</sub> 排放量(t/万元)	工业 SO <sub>2</sub> 排放量/GDP	0.004
		万元 GDP 工业粉尘排放量(t/万元)	工业粉尘排放量/GDP	0.002
	环境治理	工业固体废物利用率(%)	反映再生资源利用水平	0.032
		城镇生活污水处理率(%)	反映生活污染治理能力	0.047
	城市绿化	生活垃圾无害化处理率(%)	反映生活污染治理能力	0.038
		人均绿地面积(m <sup>2</sup> /人)	绿地面积/总人口	0.519
		人均公园绿地面积(m <sup>2</sup> /人)	公园绿地面积/总人口	0.325
		建成区绿化覆盖率(%)	反映城市绿化建设保育程度	0.022

表 2 耦合协调度等级划分

D 值区间	(0~0.2)	[0.2~0.4)	[0.4~0.6)	[0.6~0.8)	[0.8~1.0)
耦合协调程度	严重失调	轻度失调	勉强协调	中度协调	良好协调

整体上,2006—2019 年长江经济带土地利用与经济—社会—环境耦合协调度逐年上升,得分从 2006 年的 0.309 增加到 2019 年的 0.477,实现从轻度失调到勉强协调的转变。其中,2006—2012 年土地利用与经济—社会—环境耦合协调度处于轻度失调

阶段,2013—2019 年跨越到勉强协调阶段,到中度协调阶段仍有较长距离。这主要是因为 2006—2012 长江经济带土地利用方式虽然仍以土地开发为主,但地方政府也实施了大规模的生态保护修复工程,极大地增加了森林、灌丛与草地为主的生态用地面积,高质



量生态用地得到保护与修复,生态环境显著好转,促进了土地利用与经济—社会—环境的耦合协调发展。2012年之后,长江经济带逐步实施大保护战略,高质量植被覆盖面积持续稳步增加。但随着城市化进程的深入推进,长江经济带土地利用出现由森林、耕地和林草地等向城市建设用地转变的现象,城市建设用地面积急剧扩增,带来严重的城市生态环境问题,加剧了土地利用与环境系统间的矛盾,导致土地利用与经济—社会—环境耦合协调度提升缓慢,未能跨越到中度协调阶段。分区域来看,三大区域耦合协调度均从轻度失调跨越到勉强协调阶段。下游区域耦合协调度得分一直处于领先地位,2006—2019年耦合协调度由0.348增长至0.528,2009年开始进入勉强协调阶段。中游和上游区域耦合协调度得分由2006年的0.294、0.276增长至2019年的0.455、0.434,并分别在2015年、2017年进入勉强协调阶段。长江经济带中上游区域与下游区域差距较大,下游区域城镇化发展迅速,土地利用主要以城市建设用地开发为主,造成碳排放水平显著增加,但这也为下游区域带来了巨大的经济贡献。同时,随着长江经济带绿色发展理念的深入推进,下游区域土地资源紧张,环境污染问题得到重视,城市土地利用结构得到极大的优化,生态用地也逐渐增加,显著提高了土地承载力,使得土地利用结构、投入、效益与经济—社会—环境之间形成较高的耦合协调。中游区域产业结构偏向重工业,对土地资源承载产生了极大的负向压力,也严重降低了中游区域的生态环境质量,导致中游区域土地利用结构、效益与社会发展、资源环境之间存在突出矛盾。长江上游区域生态用地分布最广,提供了极高的CO<sub>2</sub>吸收能力和生态服务价值。但由于上游区域城镇化进程缓慢,城市化水平较低,对土地的开发利用仍不足。且随着西部大开发战略的实施,上游区域经济发展速度提升,土地利用带来的碳排放和环境污染也逐渐增加,阻碍了土地利用与经济—社会—环境耦合协调发展<sup>[36-37]</sup>。

### 3.2 土地利用与经济—社会—环境耦合协调度的空间分布特征

基于2006年、2010年、2015年和2019年长江经济带土地利用与经济—社会—环境耦合协调度,本文使用ArcGIS自然断裂法将耦合协调度分为5个等级,结果见图3。2006年,城市耦合协调度可分为3个等级:南京耦合协调度最高,处于中度协调状态;上海、无锡、杭州、武汉、合肥、成都、贵阳、昆明和长沙等14个城市处于勉强协调,其余城市的耦合协调度较低,均表现为轻度失调。与2006年相比,2010年,

上海进入中度协调,南昌在内的10个城市进入勉强协调,其他城市耦合协调度等级未发生变化。2015年,上海、南京、杭州、苏州、舟山、武汉和无锡等7个城市的耦合协调度大于0.6,处于中度协调状态。下游区域绝大多数城市进入勉强协调,而中上游区域仅少数城市进入勉强协调,其余城市仍处于轻度失调。2019年,耦合协调度等级可分为4类:(1)良好协调,具体城市为上海;(2)中度协调,具体城市为南京、杭州、武汉、舟山、苏州、无锡、宁波、合肥、常州、贵阳、成都。(3)勉强协调,具体为下游和中游区域绝大多数城市,以及上游区域少数城市在内的80个城市。(4)轻度失调,亳州、宿州、阜阳等16个城市仍处于轻度失调状态。

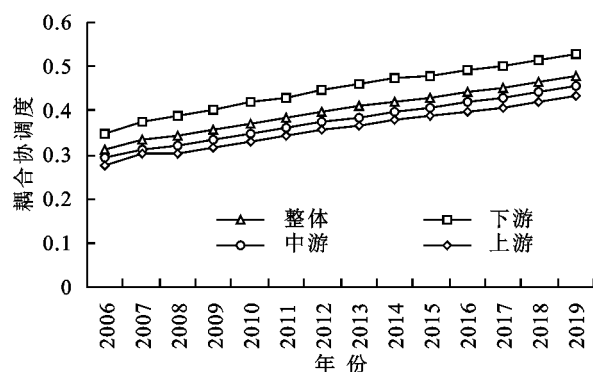


图2 土地利用与经济—社会—环境耦合协调度时间变化趋势

### 3.3 土地利用与经济—社会—环境耦合协调度的空间差异及来源

为进一步探索长江经济带土地利用与经济—社会—环境耦合协调度的区域差异水平及差异来源,本文借助Dagum基尼系数及分解法进行测算,测算结果见表3。

3.3.1 总体及区域内差异 从总体差异来看,样本考察期内,长江经济带土地利用与经济—社会—环境耦合协调度总的基尼系数除了个别年份出现微小的上升,整体呈现波动下降的态势,从2006年的0.122下降到2019年的0.096,下降率为21.08%。说明长江经济带土地利用与经济—社会—环境耦合协调度的总体差异在逐渐缩小,在今后的发展中,长江经济带土地利用与经济—社会—环境更加趋于均衡协调发展。

从区域内差异来看,下游地区耦合协调度的基尼系数最大,并且超过了总体基尼系数。这主要是由于随着长三角一体化战略的实施与推进,加入长三角一体化的城市间逐步实现协同发展,但亳州、宿州、阜阳等地未划入长三角一体化范围,且地理位置处于省份边界,导致亳州、宿州、阜阳与上海等发达城市的差距过大。从时间维度来看,下游地区的基尼系数呈现下

降趋势,从 2006 年的 0.129 下降到 2019 年的 0.106,下降率为 18.08%。中游地区耦合协调度的基尼系数最小,并呈现波动下降趋势,从 2006 年的 0.083 下降到 2019 年的 0.065,下降率为 22.48%。上游地区耦合协调度的基尼系数大致呈现倒“N”型趋势,从 2006

年的 0.097 下降到 2019 年的 0.070,下降率为 28.20%,下降幅度较大。上述数据表明下游区域内耦合协调度的差异最大,上游次之,中游最小,且不同区域内部耦合协调度的差异在逐渐缩小,下降幅度呈现“上游>中游>下游”的顺序。

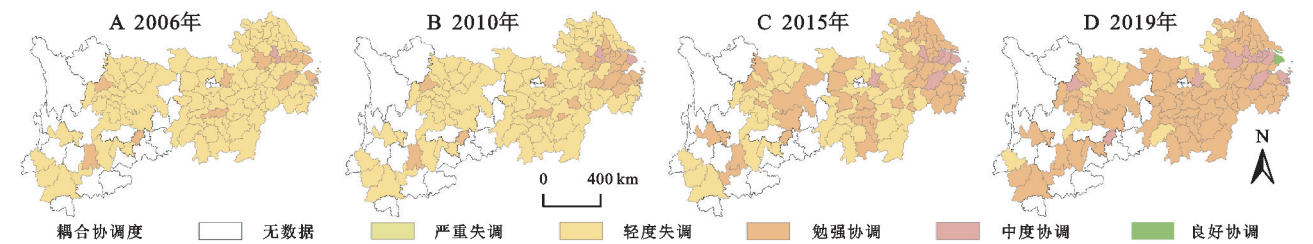


图 3 土地利用与经济—社会—环境耦合协调度空间分布图

3.3.2 区域间差异 从区域间基尼系数值的横向对比来看,下游—上游、下游—中游和中游—上游的基尼系数均值分别为 0.141, 0.122 和 0.083,说明下游与上游、中游区域间,特别是与上游的差异较为突出,而中游和上游区域间差异较小。从演变趋势来看,区域间的基尼系数均存在下降态势,但下降幅度有所差异,存在“中上>下上>下中”的顺序特征。具体表现为,下游—中游、下游—上游和中游—上游的区域间基尼系数分别从 2006 年的 0.130,0.154,0.098 下降到 2019 年的 0.106,0.122,0.071,下降幅度分别为 17.90%,20.83%和 26.97%。说明不同区域间的差异在逐渐缩小,特别是中游和上游区域间差异缩小速度最快。

3.3.3 差异分解及贡献 通过总体基尼系数的分解项及贡献率结果可以看出,2006—2019 年区域间差异的贡献率最高,平均贡献率为 46.33%,其次为区域

内差异的贡献,平均贡献率为 29.84%,最后为超变密度差异的贡献,平均贡献率为 23.83%。说明长江经济带土地利用与经济—社会—环境耦合协调度的区域间差异是造成总体差异的主要原因。从不同差异来源贡献率的时间变化趋势来看,区域内差异在 2006—2019 年的走势平缓,未发生明显波动,整体表现为微弱的下降趋势,下降幅度为 0.46%。区域间差异在 2006—2008 年表现为先下降后上升,2008—2019 年一直维持在上升后的水平。相较于 2006 年 43.67%的贡献率,2019 年贡献率上升至 46.88%,上升幅度达 7.35%,超变密度贡献率整体呈现下降趋势,并从 2006 年的 26.14%下降到 2019 年的 23.07%,下降幅度为 11.74%。说明总体差异中来自于区域间差异的贡献越来越大,而由于不同区域间交叉重叠造成的差异在逐渐减弱。

表 3 土地利用与经济—社会—环境耦合协调度空间差异及来源

年份	G	组内差距			组间差距			贡献率/%		
		下游	中游	上游	下游—中游	下游—上游	中游—上游	$G_w$	$G_{nb}$	$G_t$
2006	0.122	0.129	0.083	0.097	0.130	0.154	0.098	30.19	43.67	26.14
2007	0.121	0.130	0.084	0.091	0.135	0.148	0.090	30.38	41.75	27.87
2008	0.122	0.127	0.083	0.091	0.134	0.155	0.094	29.64	46.74	23.62
2009	0.122	0.132	0.080	0.088	0.135	0.155	0.090	29.87	46.69	23.43
2010	0.118	0.128	0.077	0.083	0.132	0.152	0.086	29.70	47.80	22.50
2011	0.114	0.119	0.080	0.080	0.126	0.145	0.085	29.63	47.23	23.15
2012	0.111	0.119	0.074	0.076	0.125	0.141	0.079	29.63	47.36	23.01
2013	0.110	0.119	0.071	0.080	0.123	0.142	0.081	29.66	47.42	22.92
2014	0.108	0.115	0.069	0.082	0.119	0.139	0.081	29.53	47.04	23.43
2015	0.102	0.106	0.070	0.076	0.113	0.130	0.077	29.51	46.94	23.55
2016	0.101	0.108	0.067	0.076	0.111	0.129	0.077	29.73	46.49	23.78
2017	0.103	0.112	0.068	0.077	0.112	0.130	0.078	30.06	46.50	23.44
2018	0.100	0.111	0.066	0.074	0.111	0.126	0.074	30.23	46.06	23.71
2019	0.096	0.106	0.065	0.070	0.106	0.122	0.071	30.05	46.88	23.07

3.4 土地利用与经济—社会—环境耦合协调度空间相关性分析

为验证长江经济带土地利用与经济—社会—环

境耦合协调度是否存在空间自相关,本文选用地理权重矩阵计算全局 Moran's  $I$ ,结果见表 4。可以看出,样本考察期内系统耦合协调度的全局 Moran's  $I$  均

显著为正,并随着时间波动上升。说明长江经济带土地利用与经济—社会—环境耦合协调度存在显著的

空间正自相关,同时城市间的空间正自相关性也逐渐加强。

表4 2006—2019年全局 Moran's I 检验结果

年份	2006	2008	2010	2012	2014	2016	2018	2019
Moran's I	0.095***	0.118***	0.121***	0.124***	0.120***	0.132***	0.130***	0.134***
Z 值	6.468	7.864	8.059	8.268	7.971	8.662	8.611	8.887

注:\*\*\*, \*\*, \* 分别表示在 1%, 5%, 10% 的水平上显著。

长江经济带土地利用与经济—社会—环境耦合协调度的空间集聚分布特征存在 H—H 集聚、L—H 集聚、L—L 集聚和 H—L 集聚 4 种集聚状态,表现出空间分异性。从数量上看,处于 H—H 集聚区和 L—L 集聚区的城市数量占主导,存在正向空间关联特征。通过对比不同年份间城市空间集聚的变化,上海、浙江以及江苏南部城市呈现 H—H 的空间集聚状态,这些城市自身及周边城市的耦合协调度均处于高水平。2006 年、2010 年江苏北部城市一直处于 L—H 集聚区。随着长三角一体化战略的不断推进,周边耦合协调度较高的城市对这些城市空间溢出效应增加,带动江苏北部城市耦合协调度逐渐提升,2015 年、2019 年江苏北部城市与上海市、浙江省以及江苏省南部城市同步发展,进入 H—H 集聚区。安徽省内少数城市一直处于 H—H 集聚区,但其他城市系统耦合协调度较低,周边高耦合协调度城市未能发挥辐射带动作用,导致一直处于 L—H 集聚区。中上游区域中仅省会城市南昌、武汉、长沙、重庆、成都、贵阳和昆明一直处于第四象限,表现为 H—L 集聚;而其他城市则一直处于第三象限,形成 L—L 集聚。中上游区域各省会城市耦合协调度处在较高水平,但由于省会城市对周边城市的空间溢出效应较小,未能产生辐射带动作用,周边城市的系统耦合协调度一直处于较低水平。

### 3.5 土地利用与经济—社会—环境耦合协调度时空分异的驱动因素分析

由前文分析可知,长江经济带土地利用与经济—社会—环境耦合协调度存在显著的时空差异,为进一步分析造成土地利用与经济—社会—环境耦合协调度时空分异的驱动因素。本文从自然、社会和经济 3 个方面选取地形起伏、坡度、高程、城镇化率、人口密度和外商直接投资等指标进行分析。图 4 为各驱动因素的地理加权回归结果。地形起伏与耦合协调度呈现负相关关系,回归系数由下游区域向上游区域逐渐降低,地形起伏对下游区域耦合协调度的负向驱动较强。长江经济带下游区域地势平坦,加快了城市建设用地开发利用,造成碳排放和环境污染的增加,抑制了土地利用结构、效益与社会发展、生态环境的耦

合协调。坡度对耦合协调度也表现为负向驱动,负向驱动强度由上游区域向下游区域逐渐递减。上游区域地形以山地、丘陵为主,土地开发利用方式较为粗放,加大了对耦合协调度的负向驱动。海拔高程与耦合协调度的回归系数为正,但数值仅为 0.000 1 左右,不足以说明海拔高程对耦合协调度的空间分异存在显著驱动。城镇化率对耦合协调度呈现正向驱动,正向驱动强度由下游区域向上游区域依次递减,下游区域城镇化水平对耦合协调度的正向驱动最强。长江经济带下游区域城镇化发展较为成熟,并着力开展新型城镇化建设,有利于土地集约利用,提高对经济社会发展和生态文明建设的承载力,进而极大驱动土地利用与经济、社会、环境的耦合协调发展。人口密度对耦合协调度的回归系数随下游区域到上游区域逐渐由负转为正。人口密度仅对上游区域城市耦合协调度产生了正向驱动。目前下游区域过高的建设用地导致可开发利用的土地资源有限,因此,过高的人口密度会容易产生拥挤效应,引发社会和生态环境问题,不利于土地利用与经济、社会、环境的耦合协调发展。而上游区域人口密度有利于发展劳动密集型产业,推动城镇化发展进程,提高土地利用效率,带动经济增长,促进土地利用与经济、社会、环境的耦合协调发展。外商直接投资与耦合协调度呈现正向驱动,回归系数由下游区域向上游区域逐渐增加,对上游区域的正向驱动最强。上游区域资本投入较为短缺,外商直接投资能够带来先进的生产技术与管理经验,促进土地利用效率的提升,进而对上游区域土地利用与经济—社会—环境耦合协调度产生较强的驱动力。

## 4 结论与启示

### 4.1 结论

(1) 2006—2019 年长江经济带土地利用与经济—社会—环境耦合协调度呈现递增趋势,实现了轻度失调到勉强协调的转变。不同区域间耦合协调度存在显著差异,呈现下游>中游>上游的分布格局。

(2) 长江经济带耦合协调度整体、区域内和区域间差异呈现缩小趋势。区域间差异是造成长江经济带总体差异的最主要来源,且其贡献率呈现上升趋势。



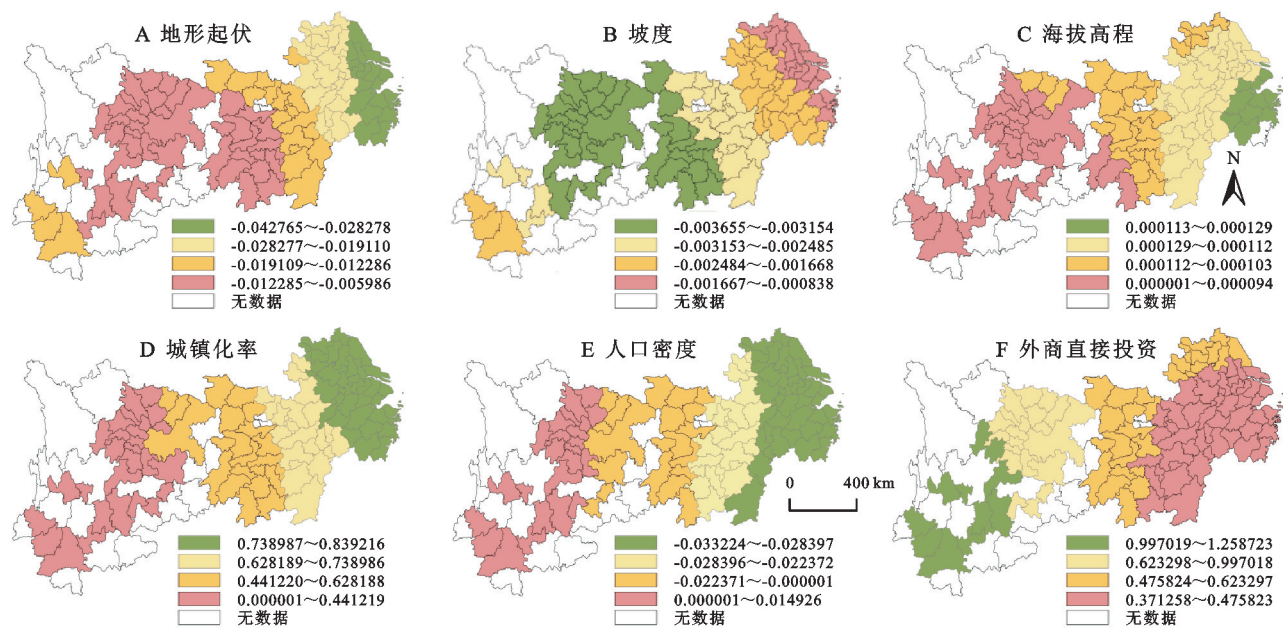


图 4 各驱动因素的回归系数分布

(3) 长江经济带耦合协调度存在显著的空间正自相关。H—H 集聚区主要分布在下游沿海区域, L—H 集聚区主要分布在安徽省内, L—L 集聚区主要分布在中上游区域, H—L 集聚区主要分布在中上游区域的省会城市。

(4) 地形起伏和坡度对耦合协调度存在负向驱动, 地形起伏对下游区域的负向驱动更强, 坡度对上游区域的负向驱动更强。城镇化水平和外商直接投资对耦合协调度存在正向驱动, 城镇化水平对下游区域的正向驱动更强, 外商直接投资对上游区域的正向驱动更强。人口密度对耦合协调度呈现两极化驱动特征, 对上游区域表现为正向驱动, 对中下游区域表现为负向驱动。海拔高程的对耦合协调度未产生显著的正向驱动。

4.2 启示

(1) 长江经济带土地利用与经济—社会—环境的耦合协调度仍有较大的上升空间。应优化土地利用结构, 控制建设用地的无序扩张, 对闲置和低效用地进行开发再利用, 并加强生态用地的保护与修复, 提高土地利用的投入—产出效益。

(2) 根据空间关联特征, H—H 集聚区应加强区域一体化建设, 优化土地利用布局, 提高土地利用效率。H—L 和 L—H 集聚区可采用“以点带面”的发展格局, 充分调动高耦合协调度的城市引领作用, 辐射带动周边城市发展, 提高周边城市的土地利用投入—产出效益。L—L 集聚区应与 H—H 集聚区建立联动发展机制, 通过承接 H—H 集聚区产业转移, 建立跨区域的产业互补模式, 盘活低效利用的土地资源, 促进

土地利用与经济—社会—环境的耦合协调发展。

(3) 受自然、经济和社会因素的影响, 下、中、上游耦合协调度存在显著的空间差异, 需要结合区域特征制定差异化的土地利用策略。下游区域城镇化发展趋于成熟, 可利用的建设用地空间有限, 人地关系较为紧张, 单一地限制建设用地扩张并不能起到显著的效果。应加强新型城镇化建设, 大力发展高新技术企业, 推动科技创新, 提高建设用地利用效率, 促进土地集约化利用。中游区域土地利用结构以工业用地为主, 增加生态环境承载压力。应严格审批新增工业用地, 限制工业用地的扩张速度, 激励重工业企业转型升级, 促进工业用地优化。上游区域的地理特征导致城市化水平较低, 土地利用方式粗放。应凭借其丰富的生态资源, 大力发展生态旅游业, 吸引高质量外资进入, 提高土地利用效率。

参考文献:

[1] Tang F, Wang L, Guo Y, et al. Spatio-temporal variation and coupling coordination relationship between urbanisation and habitat quality in the Grand Canal, China [J]. Land Use Policy, 2022, 117: 106119.

[2] 邹利林, 刘彦随, 王永生. 中国土地利用冲突研究进展 [J]. 地理科学进展, 2020, 39(2): 298-309.

[3] 王凯, 张绪冰, 卓成刚, 等. 长江中游经济带土地利用转型风险评估 [J]. 应用科学学报, 2021, 39(3): 469-480.

[4] 刘永强, 龙花楼. 长江中游经济带土地利用转型时空格局及其生态服务功能影响 [J]. 经济地理, 2017, 37(11): 161-170.

[5] 李毅, 肖腊梅, 胡文敏, 等. 长株潭核心区土地利用变化



- 时空格局及驱动力多维分析[J].经济地理,2021,41(7):173-182.
- [6] 苑韶峰,唐奕钰,申屠楚宁.土地利用转型时空演变及其生态环境效应:基于长江经济带127个地级市的实证研究[J].经济地理,2019,39(9):174-181.
- [7] 吴嘉惠,吴克宁,李晨曦,等.土地利用经济效益耦合协调度及空间差异研究:以京津冀地区为例[J].中国农业资源与区划,2017,38(6):38-44.
- [8] 杨光能,张喜,薛建辉,等.黔中白云岩石漠区小流域土地利用变化及生态效益[J].水土保持研究,2022,29(6):214-223.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 赵浩楠,赵映慧,宁静,等.基于TOPSIS法的长三角城市群土地利用效益评价[J].水土保持研究,2021,28(5):355-361.
- [12] 倪维秋.中国三大城市群城市土地利用经济、社会、生态效益的耦合协调性及其空间格局[J].城市发展研究,2016,23(12):69-77.
- [13] 朱文娟,孙华.江苏省城市土地利用效益时空演变及驱动力研究[J].中国土地科学,2019,33(4):103-112.
- [14] 金贵,邓祥征,赵晓东,等.2005—2014年长江经济带城市土地利用效率时空格局特征[J].地理学报,2018,73(7):1242-1252.
- [15] 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.
- [16] Tan S, Hu B, Kuang B, et al. Regional differences and dynamic evolution of urban land green use efficiency within the Yangtze River Delta, China[J]. Land Use Policy, 2021,106:105449.
- [17] 张雄,王芳,张俊峰,等.长江中游城市群三生功能的空间关联性[J].中国人口·资源与环境,2021,31(11):110-122.
- [18] 单薇,金晓斌,冉娜,等.江苏省土地利用“生产—生活—生态”功能变化与耦合特征分析[J].长江流域资源与环境,2019,28(7):1541-1551.
- [19] 徐磊,董捷,陈恩.基于“三生”功能的长江中游城市群国土空间利用协调特征[J].水土保持研究,2018,25(2):257-263.
- [20] 侯蕊,李红波.武汉市土地利用多功能时空变化及耦合协调特征分析:基于“两型社会”试验区建设前后的对比[J].中国土地科学,2021,35(1):69-78.
- [21] 张中秋,劳燕玲,何彩珍,等.土地利用多功能机制及其耦合协调时空分异:以广西为例[J].农业资源与环境学报,2021,38(2):317-331.
- [22] 张志,龚健,王利华.城市土地集约利用与社会经济时空耦合协调发展评价:以湖北省12个地级市为例[J].水土保持研究,2017,24(4):296-303,310.
- [23] 鲁继通.长江经济带经济、人口、土地的匹配度及协调发展研究[J].经济问题探索,2018,39(5):119-126.
- [24] 刘少坤,王嘉佳,林树高,等.北部湾经济区城市土地集约利用与经济高质量发展耦合协调关系及障碍诊断[J].水土保持研究,2022,29(3):317-326.
- [25] 白玉娟,洪增林,薛旭平,等.关中平原城市群土地集约利用与生态文明建设耦合性研究[J].水土保持研究,2021,28(3):272-280.
- [26] 杨清可,段学军,王磊,等.长三角地区城市土地利用与生态环境效应的交互作用机制研究[J].地理科学进展,2021,40(2):220-231.
- [27] 闵义岚,陈艳,李录堂.陕西省10市“土地—经济—环境”耦合协调关系[J].水土保持研究,2021,28(6):420-428,436.
- [28] 苗苗,李长健.城市土地利用与社会—经济—自然系统协调发展研究:以长江中游城市群26市为例[J].城市发展研究,2017,24(7):1-6,18.
- [29] 张小雪,许月卿,孙丕苓,等.土地利用环境功能与区域经济增长的耦合协调发展研究:以张家口市为例[J].中国农业大学学报,2018,23(5):159-167.
- [30] 李璐,徐磊,董捷.新型城镇化与建设用地利用水平时空耦合协调度:以长株潭城市群为例[J].水土保持研究,2017,24(3):314-319,346.
- [31] 李智礼,匡文慧,赵丹丹.京津冀城市群人口城镇化与土地利用耦合机理[J].经济地理,2020,40(8):67-75.
- [32] 张晓芳.土地利用效益与新型城镇化协调度分析与评价:基于长江中游地区的实证分析[J].中国农业资源与区划,2017,38(4):62-68.
- [33] 左乃先,白永平,左京平,等.城市土地利用效益与城市化耦合协调发展研究:以陕甘宁27个城市为例[J].水土保持研究,2015,22(6):267-272,278.
- [34] 张明斗,莫冬燕.城市土地利用效益与城市化的耦合协调性分析:以东北三省34个地级市为例[J].资源科学,2014,36(1):8-16.
- [35] 何刚,王莹莹,阮君,等.基于Dagum基尼系数的生态安全区域差异及收敛度研究:以淮河生态经济带安徽段为例[J].水土保持研究,2021,28(6):348-355.
- [36] 张荣天,张小林,尹鹏.长江经济带市域土地资源承载力时空分异与影响因素探析[J].经济地理,2022,42(5):185-192.
- [37] Zhang W, Xu H. Effects of land urbanization and land finance on carbon emissions: A panel data analysis for Chinese provinces[J]. Land Use Policy, 2017,63:493-500.