

汉江生态经济带城镇化与生态环境 耦合协调发展时空格局

方永恒, 刘佳敏

(西安建筑科技大学 公共管理学院, 陕西 西安 710055)

摘要: 汉江生态经济带的生态保护屏障主体功能在城镇化进程的快速推进下逐步退化, 探究其城镇化建设与生态环境系统的协调发展问题尤为必要. 基于汉江生态经济带 13 个地市 2009—2017 年的统计数据, 利用耦合协调度模型、空间自相关模型等, 分析城镇化与生态环境系统耦合协调发展的时空演化规律及空间集聚效应. 结果表明: 汉江生态经济带城镇化发展指数与生态环境指数呈稳中上升趋势, 系统相对发展类型自 2011 年后表现为“生态环境滞后型”; 耦合协调等级出现“拮抗—磨合”“失调型—过渡型”的转变, 区域耦合协调水平呈现“核心—边缘”特征的空间分布差异; 各城市系统耦合协调路径呈协同发展态势, 区域内空间关联性、集聚性效果显著, HH 集聚型城市逐年增加, 但是, 驻马店市、南阳市与随州市显示不存在空间相关性.

关键词: 汉江生态经济带; 城镇化; 生态环境; 耦合协调

中图分类号: TU982.21/.27

文献标志码: A

文章编号: 1006-7930(2021)01-0138-09

Spatiotemporal pattern of coupling and harmonious development of urbanization and ecological environment in the Hanjiang eco-economic zone

FANG Yongheng, LIU Jiamin

(School of Public Administration, Xi'an Univ. of Arch. & Tech., Xi'an 710055, China)

Abstract: The main function of the ecological protection barrier of the Hanjiang ecological economic belt has gradually degraded under the rapid progress of urbanization. It is of great strategic importance to explore the coordination between urbanization and ecological environment for the realization of regional sustainable development. Based on the statistical data of 13 cities in the Hanjiang Ecological Economic Belt from 2009 to 2017, the coupling coordination model and spatial autocorrelation model were used to analyze the spatiotemporal evolution laws and spatial agglomeration effects of the urbanization and ecological environment system coupling and coordinated development. Results show that the urbanization development index and the Eco-environment index of the Hanjiang Eco-economic Belt are steadily increasing, and the relative development type of the system has been "ecological environment lagging type" since 2011. The coupling and coordination level appears "antagonism-running" and "imbalanced type-transitional type", the regional coupling and coordination level presents the spatial distribution difference of the "core-edge" feature; the coupling and coordination path of each city system shows a synergistic development trend, the spatial correlation, and the agglomeration effect in the region are significant. The HH agglomeration cities year by year increase, but there is no spatial correlation in Zhumadian City, Nanyang City and Suizhou City.

Key words: hanjiang ecological economic belt; urbanization; ecological environment; coupling and coordination

城镇化系统与生态环境系统作为人地关系中的关键子系统, 彼此之间的发展存在高度的关联作用. 2018 年 11 月, 国务院批复的《汉江生态经济带发展规划》中将协调汉江生态经济带区域经济与生态环境的可持续发展上升为国家重大战略, 意味

着汉江生态经济带不仅是生态环境保护的敏感区, 也是新型城镇化发展的重点战略区, 作为中西部地区重要的生态屏障, 维护生物多样性、强化水生态系统修复是其主体功能. 但是, 在国家加快新型城镇化建设要求下, 汉江生态经济带流域生态功能的

收稿日期: 2020-06-29

修改稿日期: 2021-01-10

基金项目: 陕西省社发重点基金资助项目(2019ZDLSF06-07)

第一作者: 方永恒(1968—), 男, 教授, 博导, 研究方向为循环经济与生态产业. E-mail: yhfang@xauat.edu.cn

通讯作者: 刘佳敏(1996—), 女, 硕士生, 研究方向为生态经济. E-mail: 13327482277@163.com

维系与资源开发、加速工业经济增长之间的矛盾冲突愈演愈烈。汉江地区的生物多样性持续降低,人地关系矛盾更加突出,严重影响经济社会的和谐发展^[1]。如何兼顾“绿水青山”与“金山银山”的发展已成为汉江生态经济带亟需破解的难题之一。因此,探究汉江生态经济带生态环境保护与经济发展的协调问题,是打造生态廊道,实现生态、经济、社会协调发展的重要基础。对生态经济带区域城市的城镇化建设水平与生态环境质量的耦合协调时空演化规律进行专题研究具有重要的理论价值和应用价值。

国外学者为破解城市经济发展与生态环境保护之间的硬“约束”,多从测量方法、作用机理等方面探究城镇化与生态环境系统之间的关系。早在19世纪初期,Robert Owen和E·Howard^[2]就基于生态环境治理理论阐述了城市化发展与生态环境协调之间的关系,提出的“田园城市”理念为后续研究奠定坚实基础。20世纪以来,学者们对于城镇化与生态环境关系的研究愈加体系化与科学化。OECD同UNEP^[3]基于人类活动与环境关系的框架体系,提出测量环境指标的“压力—状态—响应”概念模型。Grossman等^[4]发现城市生态环境随着城市经济水平的提高,会呈现出倒“U”型的演变规律,因而提出著名的“环境库兹涅茨”曲线(Environmental Kuznets Curve, EKC)假设。此外,OECD^[5]提出的“脱钩理论”认为,随着社会经济不断发展进程的不断推进,经济增长与环境压力之间可能会出现背向发展的趋势。而国内学者关于城镇化与生态环境的研究,伴随着20世纪末期“可持续发展”理念的提出而展开,学者们在社会生态学的基础上,利用多种计量模型对多地区进行实证分析。具有典型代表的是马世骏^[6]等学者提出的“社会—经济—自然”复合生态系统理论,为我国开展城镇化-生态环境关系的相关研究奠定基础。21世纪初,方创琳团队^[7]通过研究分析城市化与生态环境系统之间交互耦合的作用机制问题、提出耦合系统运行的基本定律、演化主要阶段等内容^[8],极大地丰富与推进了我国在此相关领域的研究。随后,学者们在相关理论研究基础上,利用系统动力学模型^[9]、耦合协调度模型^[10]等定量方法与定性研究^[11]辨析城镇化与生态环境系统发展之间的协调规律、作用机制等。并且研究多通过选取差异化样本,呈现出从理论到实证、静态到动态的演变趋

势,包括对西北地区^[12]、中东部地区^[13]、黄河三角洲地区^[14]以及长江流域^[15]等区域城镇化与生态环境之间的协调关系进行实证探讨,基本涵盖我国县、市、省和城市群等多地域尺度。

纵观国内外学者对于城镇化与生态环境关系的研究,现有成果为探究如何实现城镇化与生态环境的良性互动与协调发展提供借鉴。但依然存在一些不足:从研究视角来看,多关注城镇化与生态环境耦合协调发展关系,对于综合测度地域之间的协调耦合与区域空间格局差异的研究还较为薄弱。从研究尺度来看,大多基于全国范围、省域尺度或城市群,涉及长江经济带、珠三角区域、黄河流域以及京津冀等重大战略区域的发展,但是对于国家重大战略发展规划的汉江生态经济带流域的研究相对不足。从研究内容来看,主要探析某区域整体城镇化与生态环境系统的发展问题,对比较不同地域之间城镇化与生态环境系统的耦合协调的空间格局、演化特征的研究分析相对不足。

基于此,以汉江生态经济带为研究区域,通过指标筛选构建出汉江生态经济带城镇化与生态环境耦合协调发展的评价模型,继而将耦合协调度作为统计量,利用空间分析软件ArcGIS、GeoDa从时间维度、空间维度两方面探究2009—2017年汉江生态经济带城镇化与生态环境系统的耦合协调关系的时空特征与空间集聚效应,厘清二者之间的作用机理与演变趋势。为有效缓解汉江生态经济带城镇化与生态环境发展的矛盾冲突、流域城市的社会经济可持续发展提供借鉴与参考。

1 研究区概况

汉江全长1 577 km,发源于陕西省境秦岭南麓,流经陕西、湖北两省,在武汉市最终汇入长江。汉江流域是长江最大的支流,曾是我国西部高原地区进至中部、东部的五大走廊之一,现如今已成为连接长江经济带与“一带一路”的重要战略通道。2018年11月国务院批复《汉江生态经济带发展规划》,规划中指出合理开发、科学利用汉江流域内的生态与经济资源,对于促进我国中部崛起与西部开发,推动区域协调可持续发展具有重大战略意义,明确指出汉江生态经济带的战略定位为“国家战略水资源保障区”“内河流域保护开发示范区”“中西部联动发展试验区”与“长江流域绿色发展先行区”^[16],空间开发格局如图1所示。

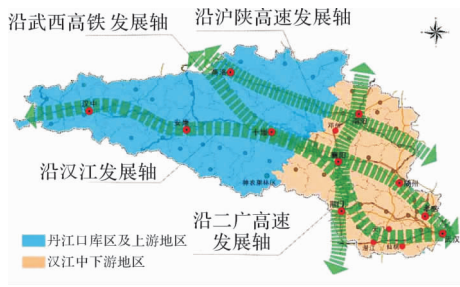


图 1 汉江生态经济带空间开发格局示意图

Fig.1 Schematic diagram of the spatial development pattern of the Hanjiang Ecological Economic Zone

汉江生态经济带有着良好的区位优势与资源禀赋,空间规划范围由湖北、陕西、河南三省汉江流域构成,重点城市主要包括 17 个省份,规划面积共 19.16 万 km²,如表 1 所示.第六次全国人口普查数据显示,汉江经济带常住人口中 15~64 岁人口比重高达 74.5%,高于全国平均水平的 1.7%,仅湖北省汉江流域的 GDP 占全省的 41.51%,大量的劳动人口流入与经济增长助推汉江生态经济带新型城镇化建设的步伐.但是,持续的开发与资源利用导致近年来汉江流域下游流量调水后减少 26.9%,流域内的生态环境逐步恶化,2017 年国家环境保护督察组就表明汉江流域存在资源过度开发而破坏生态环境的警告.基于此,本文将重点探究汉江生态经济带城镇化与生态环境系统的协调发展问题,考虑到省市数据公开的完整性,最终选取南阳市、洛阳市、三门峡市、驻马店市、十堰市、襄樊(襄阳)市、荆门市、随州市、孝感市、武汉市、汉中市、安康市与商洛市 13 个省份作为基本研究单元.相关社会经济数据来源于 2010—2018 年《中国统计年鉴》《中国城市统计年鉴》与各地市《国民经济与社会发展统计公报》,部分生态环境相关数据来自各省市环境质量报告书.

表 1 汉江生态经济带规划范围

Tab.1 Planning scope of the Hanjiang Ecological Economic Zone

省份	地区范围
河南省	南阳市、洛阳市、三门峡市、驻马店市
陕西省	汉中市、安康市、商洛市
湖北省	十堰市、神农架区、襄阳市、荆门市、天门市、潜江市、仙桃市、随州市、孝感市、武汉市

2 指标体系构建与研究方法

2.1 指标体系构建

基于前学者研究成果,构建适合测量汉江经

济带城镇化与生态环境发展的评价指标体系.城镇化发展不仅是人口与经济的集聚,也是空间扩张的过程.其中,经济条件是基础,人口增长、地域空间扩张是表现,居民生活质量水平的提高是最终目标^[17].因此,从经济城镇化、人口城镇化、空间城镇化和社会城镇化四方面测量城镇化发展水平,并用相对应的具体指标表征.生态环境方面的准则设定根据 PSR 概念框架,即“压力-状态-响应”(Pressure-State-Response)模型,对应生态环境压力、生态环境状态和生态环境响应三方面,同样,每个方面用不同的具体指标来表征.最后,结合汉江生态经济带城镇化和生态环境系统的现实状况,借鉴学者们研究所形成的经典复合生态理论^[18]、生态文明评价指标体系^[19]等,选取 7 个指标层与 25 个准则层构建评价指标体系,详见表 2 所示.

表 2 城镇化与生态环境系统指标体系

Tab.2 Index system of urbanization and ecological environment system

系统层	准则层	指标层	指标功效
城镇化系统	人口城镇化	$X_1/\%$	+
		$X_2/\%$	+
		$X_3/\text{元}$	+
		$X_4/\%$	+
	经济城镇化	$X_5/\%$	+
		$X_6/\text{万元}$	+
		$X_7/\%$	+
		$X_8/\text{张}$	+
	社会城镇化	$X_9/\text{人}$	-
		$X_{10}/\text{人}$	+
		$X_{11}/\text{所}$	+
		$X_{12}/\text{万户}$	+
	空间城镇化	X_{13}/km^2	+
		$X_{14}/\%$	+
		$X_{15}/\text{万}/\text{m}^2$	+
生态环境系统	生态环境压力	$X_{16}/\text{万 t}$	-
		X_{17}/t	-
		X_{18}/t	-
		$X_{19}/\%$	+
	生态环境状态	$X_{20}/\text{万 t}$	+
		X_{21}/ha	-
		$X_{22}/\text{万 kw/h}$	-
		$X_{23}/\%$	+
	生态环境响应	$X_{24}/\%$	+
		$X_{25}/\%$	+

注: X_1 人口城镇化率/%; X_2 自然增长率/%; X_3 人均 GDP/元; X_4 地区生产总值增长率/%; X_5 第二产业占

GDP 比重/%; X_6 第三产业占 GDP 比重/万元; X_7 社会消费品零售额/%; X_8 医疗卫生机构床位数/张; X_9 城市登记失业人数/人; X_{10} 城镇职工基本养老保险参保人数/人; X_{11} 学校数量/所; X_{12} 移动电话用户/万户; X_{13} 建成区面积/km²; X_{14} 城镇建设用地占市区面积比例/%; X_{15} 城市道路面积/万/m²; X_{16} 工业废水排放量/万 t; X_{17} 二氧化硫排放状况/t; X_{18} 工业烟尘排放量/t; X_{19} 公园绿地面积/%; X_{20} 建成区绿化覆盖率/万 t; X_{21} 居民家庭用水量/ha; X_{22} 城镇居民生活用电量/万 kw/h; X_{23} 工业固体废物综合利用率/%; X_{24} 城市污水处理率/%; X_{25} 城市生活垃圾无害化处理率/%

2.2 研究方法

(1)数据无量纲化处理

测量城镇化发展水平与生态环境状态指标之间的数值量纲不统一, 数值之间的可比性较差, 为消除量纲差异及异方差, 需要对指标数据进行无量纲化处理. 针对正向和负向指标功效的属性, 采用不同的方法对指标进行处理, 使得指标取值范围为 [0, 1]. 计算公式如式(1)与式(2)所示.

若 X_{ij} 为正向指标, 则

$$Z_{ij} = (X_{ij} - X_{\min j}) / (X_{\max j} - X_{\min j}) \tag{1}$$

若 X_{ij} 为负向指标, 则

$$Z_{ij} = (X_{\max j} - X_{ij}) / (X_{\max j} - X_{\min j}) \tag{2}$$

其中, Z_{ij} 为数值标准化后的无量纲化指标值, X_{ij} ($i=1, 2\cdots m; j=1, 2\cdots n$) 表示第 i 年第 j 项指标的初始值, $X_{\max j}$ 与 $X_{\min j}$ 为历年来 j 项指标的最大值与最小值.

(2)熵值法求权重

熵值法通过利用测量指标值之间的差异程度确定系数, 在确定权重系数的过程中, 能够避免由于主观因素导致的偏差, 进而客观地反映出各级指标在指标体系的重要性^[20]. 指标权重计算步骤如式(3)~(7)所示:

Step1: 指标同度化处理: $Y_{ij} = \frac{Z_{ij}}{\sum_{i=1}^m Z_{ij}}$ (3), 此

式表示第 j 项指标 Z_{ij} 所占的比重;

Step2: 指标信息熵: $h_j = -\frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^m Y_{ij} \ln Y_{ij}$; (4)

Step3: 信息熵的冗余度(偏差值): $a_j = 1 - h_j$ (5), a_j 值越大, 表示该项指标在评价体系中越重要;

Step4: 指标权重: $w_j = \frac{a_j}{\sum_{j=1}^n a_j}$ (6).

最后, 通过得到的各项指标权重, 计算综合评价发展指数为

$$U_1 = \sum_{i=1}^n w_j Z_{ij}, U_2 = \sum_{i=1}^n w_j Z_{ij} \tag{7}$$

其中, U_1 、 U_2 分别代表城镇化系统与生态环境系统的综合发展指数.

(3)耦合协调度计算

借鉴物理学容量耦合模型, 定量测算汉江生态经济带目标城市的城镇化-生态环境系统耦合程度, 最终以数值形式更加直观的表现出两者的相互影响程度, 耦合度值越大代表系统发展越有序, 反之亦然. 耦合度函数如式(8)所示.

$$C = \sqrt{\frac{U_1 \times U_2}{(U_1 + U_2)^2}} \tag{8}$$

但是, 耦合度 C 作为一个中性变量, 只能表示两者之间的关系强弱, 很难反映出系统内部之间的协调状况及发展水平. 因此, 构建耦合协调度模型, 进一步体现出系统协调耦合的优劣程度. 计算公式如式(9)所示.

$$D = \sqrt{C \times T}, T = \alpha U_1 + \beta U_2 \tag{9}$$

其中, D 表示协调耦合度, T 代表目标城市城镇化系统与生态环境系统的综合协调指数. D 越大, 系统间的协调耦合状况越好, 反之亦然. α 与 β 为待定系数, 反映各系统对协调效应的贡献水平, 考虑城镇化与生态环境同等重要, 故取 $\alpha=\beta=0.5$. 协调度揭示出系统 i 时刻的协调程度和发展水平, 借鉴相关文献^[21], 评价汉江生态经济带城市化与生态环境系统的耦合协调度等级设定如表 3 所示:

表 3 系统耦合度、协调度划分等级及类型
Tab. 3 Classification level and type of system coupling degree and coordination degree

耦合、协调度	数值范围	耦合协调等级
耦合度 (C)	0. 0<C≤0. 3	低水平耦合
	0. 3<C≤0. 5	拮抗阶段
	0. 5<C≤0. 8	磨合阶段
	0. 8<C≤1. 0	高水平耦合
耦合 协调度(D)	0. 000~0. 099	极度失调
	0. 100~0. 199	严重失调
	0. 200~0. 299	中度失调
	0. 300~0. 399	轻度失调
	0. 400~0. 499	濒临失调
	0. 500~0. 599	勉强协调
	0. 600~0. 699	初级协调
	0. 700~0. 799	中级协调
	0. 800~0. 899	良好协调
	0. 900~1. 000	优质协调

(4)空间自相关模型

空间自相关有效地呈现出研究系统耦合协调部

分的空间格局特征, 主要分为全局自相关与局部自相关分析. 全局自相关通常用 *Global Moran's I* 指数和 *Getis-Ord General G* 指数表示, 用以描述系统要素在空间整体内的关联程度^[22]. 计算公式分别如式(10)~(11)所示.

$$\text{Moran's I} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{s^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}} \quad (10)$$

$$G(d) = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} x_i x_j}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_i x_j} \quad (11)$$

全局自相关指数取值范围为 $[-1, 1]$, 正相关时指数大于 0, 数值越大, 空间分布相关性越显著, 即空间聚集分布现象越明显; 反之亦然, 当数值趋近于 0 时, 代表空间分布呈随机状态.

局部自相关分析通过衡量 *Getis-Ord G_i^** 指数解释具体的空间位置和集聚显著度, 以更加细致地刻画出区域单元内的空间分异特征. 公式如式(12)所示.

$$G'(d) = \sum_{j=1}^n w_{ij} x_j / \sum_{j=1}^n x_j \quad (12)$$

其中, \bar{x} 和 s^2 分别表示均值与标准差; n 为研究单元的数量; W_{ij} 为空间权重矩阵; x_i 与 x_j 表示区域单元 i 和 j 的耦合协调度值.

3 城镇化与生态环境系统耦合协调时空分异特征

3.1 耦合协调时序分析

根据耦合协调度的具体计算方法(公式(8)和公式(9)), 对 13 个样本城市的数据进行分析, 得到 2009—2017 年汉江生态经济带流域重要城市城镇化系统与生态环境系统的耦合协调发展状况, 如表 4 所示.

表 4 汉江生态经济带城镇化系统与生态环境系统整体发展情况

Tab. 4 The overall development of the urbanization system and ecological environment system of the Hanjiang Ecological Economic Belt

年份	城镇化指数	生态环境指数	综合发展指数	耦合度	耦合协调度	耦合协调阶段	相对发展类型
2009	0.114 9	0.185 2	0.300 1	0.471 5	0.263 1	中度失调	城镇化滞后
2010	0.175 1	0.203 4	0.378 5	0.489 2	0.301 9	轻度失调	城镇化滞后
2011	0.248 6	0.190 2	0.438 8	0.490 0	0.325 7	轻度失调	生态环境滞后
2012	0.293 8	0.203 5	0.497 3	0.488 3	0.348 3	轻度失调	生态环境滞后
2013	0.341 6	0.206 4	0.548 0	0.477 4	0.362 6	轻度失调	生态环境滞后
2014	0.366 2	0.206 4	0.572 5	0.477 1	0.371 3	轻度失调	生态环境滞后
2015	0.385 7	0.205 3	0.591 0	0.471 9	0.375 4	轻度失调	生态环境滞后
2016	0.434 7	0.315 3	0.750 0	0.490 6	0.430 2	濒临失调	生态环境滞后
2017	0.478 6	0.217 4	0.696 0	0.461 8	0.401 0	濒临失调	生态环境滞后

根据表 4 计算结果显示, 汉江生态经济带研究单元的各指标指数在时间范围内呈现出上升的发展态势, 但发展水平整体较低. (1)从城镇化指数来看, 发展态势良好, 增长较快; 说明在国家政策大力推动下, 汉江生态经济带流域区域产业经济发展较好, 经济结构优化, 人民生活水平有所改善. 但与全国平均水平相比, 城镇化指数依然较低. (2)从生态环境指数看, 呈现出稳定发展的趋势, 增长幅度小, 表 4 中可以看出, 汉江生态经济带生态环境指数始终在 0.2 上下浮动, 2016 年明显上升, 2017 年又突然回落. 且与城镇化进程相比, 发展程度落后, 2010 年之后与城镇化系统发展差距愈发明显, 说明汉江生态经济带流域的生态环境问题严重, 并未得到充分重视. 生态保护作为经济带规划的重点工作, 在发展规模经济的同时必须强调绿色生态的发展. (3)从综合发展指数来看, 发展态势与生态环境发展趋势相同, 在城镇化水平的带动

下 2009—2016 年不断上升, 2016 年节点处出现最高值, 2017 年又逐渐下降. (4)表 4 中耦合度始终位于 0.5 之下, 汉江生态经济带城镇化与生态环境系统的发展状态一直处于拮抗时期. 生态环境压力随着城镇化发展水平的不断提升而增大, 系统的耦合程度逐渐下降. (5)从两者的耦合协调水平来看, 经历了中度失调-轻度失调-濒临失调的演变历程. 双方系统协调耦合程度始终处于失调状态. (6)从相对发展类型来看, 2009—2010 年为城镇化滞后性, 2011—2017 年均为生态环境滞后性. 加速发展城镇化背景下, 生态环境改善受到一定程度的影响, 追求社会经济效率的同时忽视了对区域生态环境的保护.

3.2 耦合协调空间分析

为进一步探究汉江生态经济带流域城镇化与生态环境系统的发展状况, 基于 ArcGIS 软件绘制 2010 年、2013 年、2015 年和 2017 年四个时间结

点的耦合协调度空间演变分布图, 如图 2 所示。总体而言, 汉江生态经济带流域城市的城镇化与生态环境系统耦合协调度逐年上升, 但部分城市偶有回落; 根据指标数值分类等级来看, 属于中度失调—初级协调的演变历程。陕西省自 2013 年开始, 基本保持在勉强失调阶段; 河南省 2009—2017 年呈现出稳步增长的变化历程, 从中度失调发展至初级协调阶段; 湖北省的研究城市总体上发展稳定, 个别城市如武汉市在 2017 年出现回落现象, 耦合协调度有所下降。如图 2(a) 中, 2010 年汉江生态经济带城镇化与生态环境系统的耦合协调指数位于 $0.00 \sim 0.399$ 之间, 大部分属于中度失调水平, 其中河南省各区域水平较稳定, 而湖北省荆门市、陕西省商洛市为严重失调。如图 2(b) 中, 2013 年汉江生态经济带城镇化与生态环境系统的耦合协调指数位于 $0.200 \sim 0.599$ 之间, 大部分为轻度失调阶段。其中河南省整体耦合协调水平较低表现为中度失调水平, 其中南阳市耦合协调指数有点下降; 陕西省各地市发展较快, 综合耦合协调度高于湖北省与河南省, 荆门市严重失调现象消失, 整体提升至勉强失调水平; 湖北省各市发展也较稳定, 总体而言各地市的耦合协调等级均提升至另一层次。如图 2(c) 中, 2015 年汉江生态经济带城镇化与生态环境系统的耦合协调指数位于 $0.300 \sim 0.699$ 之间, 河南省除三门峡市之外, 其余城市城镇化与生态环境系统的耦合协调指数均逐渐增加, 发展至勉强协调阶段; 陕西省汉中市耦合协调指数下降, 商洛市与安康市指数不变不明显; 湖北省从整体上看发展较稳定, 耦合协调指数变化不明显。如图 2(d) 中, 2017 年汉江生态经济带城镇化与生态环境系统的耦合协调指数最高, 位于 $0.300 \sim 0.699$ 之间, 整体在初级协调的水平。河南省内的四个地市均处于勉强协调和初级协调等级上, 都已跨越失调阶段; 陕西省汉中市与商洛市耦合协调等级较高, 而安康市发展指数有所下降; 湖北省除武汉市外, 十堰市、襄樊市、荆门市、随州市与孝感市耦合协调情况都有所改善。

综上所述, 汉江生态经济带流域城市城镇化系统与生态环境系统之间的耦合协调水平总体上呈上升趋势, 但耦合协调度依然较低, 最高仅达到初级协调的水平。其中, 个别城市由于资源利用方式单一、产业转型方式不恰当等, 过分追求经济效益而忽视了对生态环境的保护问题, 导致生态环境发展滞后于城镇化进程, 出现协调度回落现象, 最终影响区域城镇化系统与生态环境系统的综合发展。

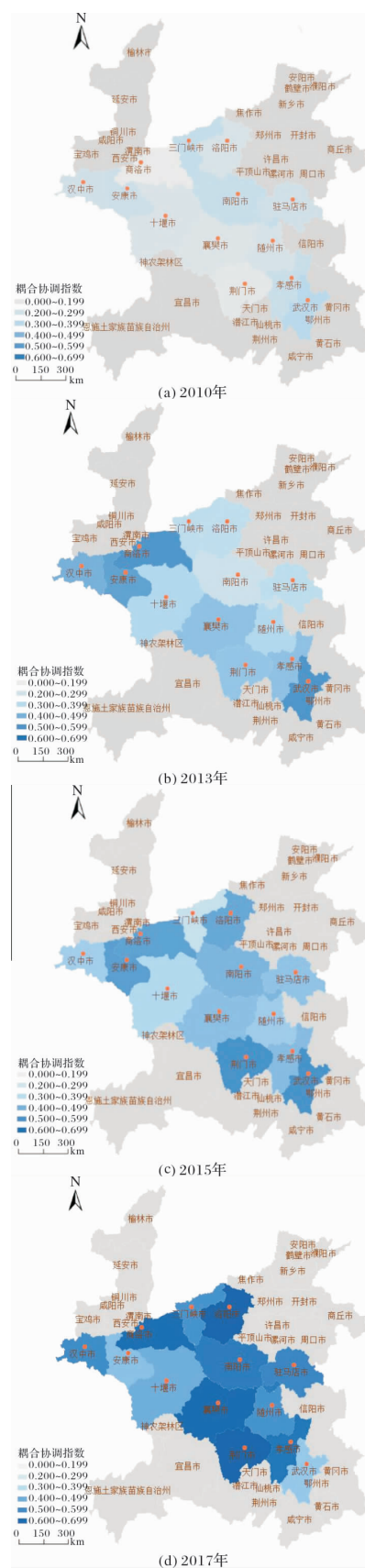


图 2 汉江生态经济带城镇化与生态环境耦合协调度空间格局演变

Fig. 2 Evolution of the spatial pattern of the coupling and coordination of urbanization and ecological environment in the Hanjiangeco-Economic Zone

3.3 空间自相关分析

通过 *Geoda* 软件平台计算得到汉江生态经济带 13 个主要城市的城镇化与生态环境耦合协调莫兰指数值, 汇总结果如表 5 所示. 根据表 5 中数据显示, 研究单元四个年份的莫兰指数都为正, 且 P 值小于 0.1 通过显著性检验, Z 值显示均服从正态分布. 莫兰指数在 2010—2017 年期间先下降后上升, 总体上由 0.573 提升至 0.741, 表明汉江生态经济带城镇化系统与生态环境系统存在显著的空间相关性, 即目标城市耦合协调度在空间内部存在明显集聚性.

表 5 汉江生态经济带 Moran 指数汇总表

Tab. 5 Summarytable of moran index of Hanjiang

Ecological Economic Belt			
年份	Moran' I	P -Value	Z -Value
2010	0.573	0.001	4.424
2013	0.456	0.001	5.396
2015	0.326	0.001	5.053
2017	0.741	0.001	4.878

为更加细致刻画研究区域单元内部城镇化与生态环境耦合协调的空间分异特征, 基于 *Moran* 指数散点图构建 *LISA* 散点图, 如图 3 所示.

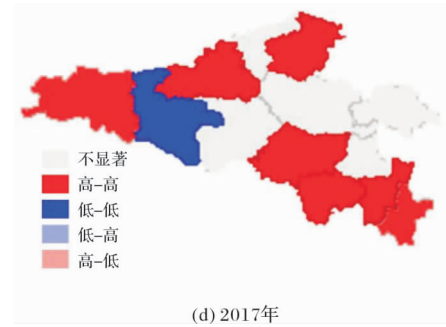
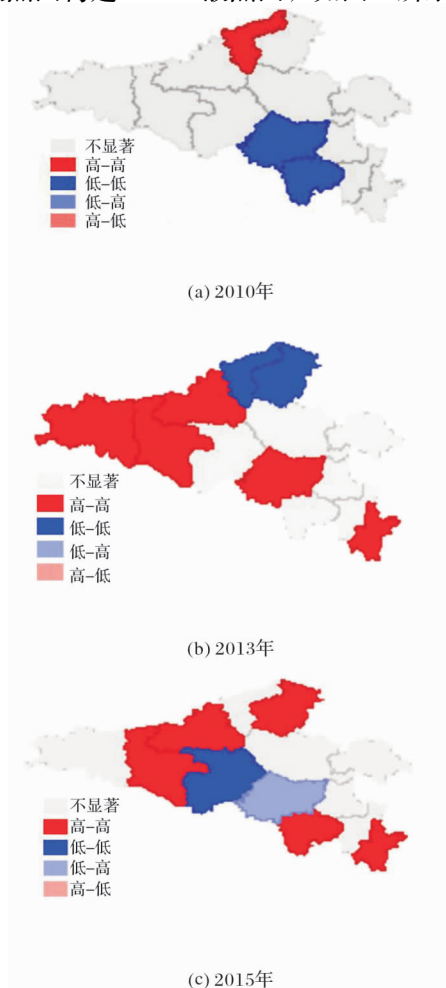


图 3 汉江生态经济带城镇化与生态环境耦合协调度 *LISA* 散点图

Fig. 3 LISA scatter diagram of the coupling and coordination degree of urbanization and ecological environment in the Hanjiang Ecological Economic Zone

可以看出, 汉江生态经济带城镇化与生态环境的耦合协调内部存在空间自相关的城市主要汉中市、安康市、商洛市、洛阳市、三门峡市、武汉市、孝感市、荆门市、十堰市与襄樊市, 驻马店市、南阳市、随州市不存在空间相关性; 其中, 高集聚城市主要集中在陕西省与湖北省部分城市, 且 HH 型的城市逐年增多, LL 型城市数量不断减少. 表现为: (1)2010 年汉江生态经济带中仅有三门峡市表现为 HH 集聚, 荆门市与襄樊市表现为 LL 集聚, 其余城市均表现不显著如图 3(a); (2)2013 年汉江生态经济带中陕西省样本城市与湖北省武汉市、襄樊市均出现 HH 集聚, 洛阳市和三门峡市转为 LL 集聚. 随后, 存在空间相关性的城市不断向周边城市辐射影响力如图 3(b); (3)2015 年汉江生态经济带中变化较为明显的是襄樊市出现 HL 集聚, 十堰市表现为 LL 集聚; 增加的 HH 集聚效应城市为荆门市、洛阳市如图 3(c); (4)2017 年汉江生态经济带中 HH 集聚效应城市明显增加, 城镇化与生态环境耦合协调空间集聚效应在城市之间影响力不断增强, 并且呈现出明显的地区集聚现象如图 3(d).

总体而言, 汉江生态经济带城镇化与生态环境耦合协调空间集聚效应主要集中在经济较发达区域, 并且可以在周边形成 HH 集聚的溢出效应, 即城镇化水平高、生态环境现状良好的城市能够对周围城市产生辐射作用, 带动区域整体发展; 而耦合协调度低的城市, 空间集聚现象不显著也无法对周边区域产生影响. 研究单元城镇化与生态环境系统的集聚现象, 表明汉江生态经济带在协调城镇化与生态保护的关系过程中存在明显的空间效应, 更加强调要充分发挥核心区域的辐射功能.

4 结论

选取2009—2017年汉江生态经济带13个城市的发展数据进行实证分析,构建城镇化系统与生态环境系统的耦合协调模型,从时间、空间维度探析耦合协调发展程度动态演变规律。并基于Moran指数刻画出区域发展的空间集聚相关性,探求不同城市耦合协调发展程度的空间分异特征,进而有针对性的提出优化措施,主要结论如下:

(1)从时序变迁角度来看,2009—2017年汉江生态经济带流域城市的城镇化与生态环境系统的耦合协调程度总体呈稳中上升趋势,但区域整体发展水平较低,耦合协调等级大部分依然属于失调类型;且自2011年后均表现为生态环境滞后型,表明生态环境问题始终是影响汉江生态经济带发展的主要短板;

(2)从空间变迁角度来看,陕西省、河南省与湖北省汉江生态经济带区域的耦合协调程度存在差距,中心区域耦合协调水平略高于边缘区域。其中,安康市的失调水平与襄樊市、洛阳市的初级协调水平差异明显;规划范围内发展水平较高的武汉市在2017年出现回落现象,区域发展总体上落后于全国发达地区;

(3)从空间自相关分析结果来看,汉江经济带城镇化与生态环境要素的耦合协调程度存在显著的空间正相关性与集聚性,且空间效应逐年增强。根据局部莫兰指数图,汉江生态经济带HH集聚现象主要出现在陕西省、湖北省部分中心城市,而驻马店市、南阳市、随州市则不存在空间相关性,耦合协调属性相似的区域在局部空间上存在集聚现象。

参考文献 References

- [1] 王鹏涛,张立伟,李英杰,等.汉江上游生态系统服务权衡与协同关系时空特征[J].地理学报,2017,72(11):2064-2078.
WANG Pengtao, ZHANG Liwei, LI Yingjie, et al. Spatio-temporal characteristics of service trade-off and synergy in the upper reaches of the Hanjiang River[J]. Acta Geographica Sinica, 2017, 72(11): 2064-2078.
- [2] 宋建波,武春友.城市化与生态环境协调发展评价研究——以长江三角洲城市群为例[J].中国软科学,2010(2):78-87.
SONG Jianbo, WU Chunyou. Research on evaluation of coordinated development of urbanization and ecological environment: Taking the Yangtze River delta city cluster as an example[J]. China Soft Science, 2010(2): 78-87.
- [3] BERGER A R, HODGE R A. Natural change in the environment: A Challenge to the Pressure-State-Response Concept[J]. Social Indicators Research, 1998, 44(2): 255-265.
- [4] CAVIFLIA-Harris J L, CHAMBERS D, KAHN J R. Taking the“U”out of Kuznets: A comprehensive analysis of the EKC and environmental degradation[J]. Ecological Economics, 2009, 68(4): 1149-1159.
- [5] 赵建吉,刘岩,朱亚坤,等.黄河流域新型城镇化与生态环境耦合的时空格局及影响因素[J].资源科学,2020,42(1):159-171.
ZHAO Jianji, LIU Yan, ZHU Yakun, et al. Spatio-temporal pattern and influencing factors of new urbanization coupled with ecological environment in the Yellow River Basin[J]. Resources Science, 2020, 42(1): 159-171.
- [6] MUHAMMAD Shahbaz, Nanthakumar Loganathan, Rashid Sbia, et al. The effect of urbanization, affluence and trade openness on energy consumption: A time series analysis in Malaysia[J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2015, 47(7): 683-693.
- [7] 马世骏.社会-经济-自然复合生态系统[J].生态学报,1984,4(1):3-11.
MA Shijun. Social-economic-natural composite ecosystem[J]. Acta Ecologica Sinica, 1984, 4(1): 3-11.
- [8] 黄金川,方创琳.城市化与生态环境交互耦合机制与规律性分析[J].地理研究,2003,22(2):211-220.
HUANG Jinchuan, FANG Chuanglin. Urbanization and ecological environment interaction coupling mechanism and regularity analysis[J]. Geographical Research, 2003, 22(2): 211-220.
- [9] 崔学刚,方创琳.城镇化与生态环境耦合动态模拟模型研究进展[J].地理科学进展,2019,38(1):111-125.
CUI Xuegang, FANG Chuanglin. Research progress of the dynamic simulation model coupling urbanization and ecological environment[J]. Progress in Geography, 2019, 38(1): 111-125.
- [10] 李桂君,李玉龙,贾晓菁,等.北京市水-能源-粮食可持续发展系统动力学模型构建与仿真[J].管理评论,2016,28(10):11-26.
LI Guijun, LI Yulong, JIA Xiaojing, et al. Construction and Simulation of system dynamics model for sustainable development of water energy grain in Beijing[J]. Management review, 2016, 28(10): 11-26.
- [11] 沈清基.论基于生态文明的新型城镇化[J].城市规划学刊,2013(1):29-36.

- SHEN Qingji. On new urbanization based on ecological civilization[J]. Journal of urban planning, 2013(1): 29-36.
- [12] 高新才, 杨芳. 西北地区城镇化与生态环境耦合协调度测度[J]. 城市问题, 2016(12): 26-33.
- GAO Xincui, YANG Fang. Coupling measure of coupling between urbanization and ecological environment in Northwest China[J]. Urban Problems, 2016(12): 26-33.
- [13] 冯霞, 刘新平. 中东部城镇化与生态环境压力耦合演变对比分析——以豫苏两省为例[J]. 江西社会科学, 2017(1): 80-87.
- FENG Xia, LIU Xinping. A comparative analysis of the coupled evolution of urbanization and ecological environment pressure in the central and eastern part: Taking Henan and Jiangsu provinces as an example[J]. Jiangxi Social Sciences, 2017(1): 80-87.
- [14] 赵建吉, 刘岩, 朱亚坤, 等. 黄河流域新型城镇化与生态环境耦合的时空格局及影响因素[J]. 资源科学, 2020, 42(1): 159-171.
- ZHAO Jianji, LIU Yan, ZHU Yakun, et al. The spatiotemporal pattern and influencing factors of the new urbanization and ecological environment coupling in the Yellow River Basin[J]. Resources Science, 2020, 42(1): 159-171.
- [15] 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.
- DENG Zongbing, ZONG Shuwei, SU Congwen, et al. Coupling, coordinated development and dynamic factors of ecological civilization construction and new urbanization in the Yangtze River economic belt[J]. Economic Geography, 2019, 39(10): 78-86.
- [16] 国务院. 国务院关于汉江生态经济带发展规划的批复[EB/OL]. (000014349/2018-00192) http://www.gov.cn/zhengce/content/2018-10/18/content_5332108.htm.
- STATE COUNCIL. Reply of the State Council on the development plan of Hanjiang ecological economic belt[EB/OL]. (000014349 / 2018-00192). http://www.gov.cn/zhengce/content/2018-10/18/content_5332108.htm.
- [17] 张勇. 城镇土地扩张与人口增长协调性分析-以安徽省为例[J]. 城市问题, 2015(2): 15-20.
- ZHANG Yong. Analysis on the coordination of urban land expansion and population growth—Taking Anhui Province as an example[J]. Urban Problems, 2015(2): 15-20.
- [18] 王如松. 生态整合与文明发展[J]. 生态学报, 2013, 33(1): 1-11.
- WANG Rusong. Ecological integration and civilization development[J]. Acta ecologica Sinica, 2013, 33(1): 1-11.
- [19] 成金华, 彭昕杰, 冯银. 中国城市生态文明水平评价[J]. 中国地质大学学报(社会科学版), 2018, 18(2): 102-113.
- CHENG Jinhua, PENG Xinjie, FENG Yin. Evaluation of urban ecological civilization level in China[J]. Journal of China University of Geosciences (Social Sciences Edition), 2018, 18(2): 102-113.
- [20] 朱建华, 王虹吉, 郑鹏. 贵州省循环经济与绿色金融耦合协调发展研究[J]. 经济地理, 2019, 39(12): 119-128.
- ZHU Jianhua, WANG Hongji, ZHENG Peng. Study on the coordinated development of circular economy and green finance in Guizhou province[J]. Economic-Geography, 2019, 39(12): 119-128.
- [21] 任亚文, 曹卫东, 张宇, 等. 长江经济带三大城市群城镇化与生态环境时空耦合特征[J]. 长江流域资源与环境, 2019, 28(11): 2586-2600.
- REN Yawen, CAO Weidong, ZHANG Yu, et al. Spatio-temporal coupling characteristics of urbanization and ecological environment of three major urban agglomerations in the Yangtze River economic belt[J]. Resources and Environment of the Yangtze River Basin, 2019, 28(11): 2586-2600.
- [22] 吕有金, 孔令池, 李言. 中国城镇化与生态环境耦合协调度测度[J]. 城市问题, 2019(12): 13-22.
- LU Youjin, KONG Lingchi, LI Yan. Measurement of the coordination degree of coupling between urbanization and ecological environment in China[J]. Urban Problems, 2019(12): 13-22.

(编辑 沈 波)