

长三角城际生态绿色发展的空间 关联网络演变及驱动因素

严翔^{1,2}, 邹晨¹, 钱昕怡¹

(1. 河海大学商学院, 江苏南京 211100; 2. 盐城师范学院商学院, 江苏盐城 224002)

摘要:生态绿色发展是实施长三角区域一体化国家战略的先手棋与突破口。在文献回顾基础上梳理出区域一体化进程中的生态绿色发展驱动机制,并基于长三角城市的面板数据,在VAR模型框架下识别城际生态绿色发展的动态交互关系,借助社会网络分析法刻画生态绿色发展空间关联网络的演变及驱动因素。研究发现:城市的生态绿色发展不仅与自身发展相关,而且受到其地区及整体网络的影响,部分城市已由原来的发展孤岛,逐渐融入区域一体化所形成的复杂、多线程空间关系网络中。城市间关联不断增强,但整体还不够紧密,网络结构日益稳定,等级森严的空间结构被打破,存在四大增长极,中心城市对周边发展的带动尚且不足。板块的形成打破了行政边界限制,关联传导具有明显的梯度溢出特征,城市发展逐渐从离散走向联合。经济发展水平、对外开放度、政府科技资金投入、地理区位的差异是生态绿色发展网络演变的主要驱动因素。进一步指出,区域一体化进程中的生态绿色发展,各城市应依据其在整体网络中的角色与作用,以增加关联关系为导向突破地缘限制,由“以邻为壑”向“以邻为伴”转变,完善区域更小尺度的协商合作体制,培养“属性-关系”驱动型网络思维,是提升长三角城市生态绿色发展的关键。

关键词:生态文明;长三角;生态绿色;空间关联网络

中图分类号:F062.2

文献标志码:A

文章编号:1671-4970(2023)06-0120-12

一、问题的提出

长三角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代表,也是长江经济带等诸多区域发展战略的重要承载区。2022年《关于进一步支持长三角生态绿色一体化发展示范区高质量发展的若干政策措施》指出,生态绿色是实现绿色经济、高品质生活、可持续发展有机统一的关键,要把保护和修复生态环境摆在优先位置,坚持绿色发展、集约节约发展^[1]。然而,不可忽视的一点是地区间的生态

绿色发展关系日益复杂,尤其是在“城市”这一跨省级行政区、没有行政隶属关系、涉及多个平行行政主体的空间尺度体制框架下,城际生态绿色发展的边界效应突出,使得单边发展的管理措施存在一定弊端,现实联防联控过程中存在的诸多障碍壁垒导致“邻避主义”盛行,尚待探索跨行政区域共建共享、生态文明与经济社会发展相得益彰的新路径。

本研究从全局网络范式角度,探讨生态绿色发展情况,重点探究如下问题:长三角城市生态绿色发展的空间关联网络结构及演化趋势如

引用本文:严翔,邹晨,钱昕怡.长三角城际生态绿色发展的空间关联网络演变及驱动因素[J].河海大学学报(哲学社会科学版),2023,25(6):120-131.

基金项目:国家社会科学基金一般项目(21BJY254);江苏省社会科学基金一般项目(21GLB012);中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(B220201055)

作者简介:严翔(1983—),男,副教授,博士,主要从事资源环境经济研究。E-mail:himalayan@hhu.edu

何?各城市在网络中的地位与角色是什么?网络中是否也存在异质性空间溢出板块?空间关联网络格局形成的驱动因素有哪些?上述问题的研究及证据有助于各城市提升全局意识,将自身发展置于区域一体化大局,在协调打造“多中心、组团式、网络化、集约型”的空间格局中精准定位自身发展方向,也有助于促进长三角更高质量一体化发展,更好引领长江经济带发展,为全国区域协调发展提供建议参考。

Carson 的著作《寂静的春天》使人们开始意识到,传统工业社会发展体系割裂了经济利益与生态环境之间的良性关联,忽略了以生态环境保护为社会发展前提的必要性^[2]。Meadows 在《增长的极限》一书中指出,人类必须减少对自然资源的过度消耗,构建稳定的生态和经济的条件是支撑长远发展的基石^[3]。21 世纪初,国内学者开始关注生态优先与城区环境保护规划^[4],进而认为人类经济活动应置于生态本位论的基本框架,在各种社会实践中不能仅关注经济和技术的合理性,更应该追求生态合理性^[5]。生态环境建设与资源合理利用在经济、社会发展中的优先地位是寻求可持续发展的逻辑起点,对改善经济发展模式有着积极的推动作用^[6-7]。

“绿色发展”源于可持续发展系统论,是对传统工业化模式的变革,强调经济系统、自然系统和社会系统的共生^[8]。联合国可持续发展委员会、世界银行、国际 ISO 协会、欧盟等地区组织都已将绿色发展理念融入城市可持续发展的评价体系,目前国外学者已对绿色发展的内涵功能、评价体系、效率测评、影响因素等方面展开了系列研究^[9-10]。我国在改革开放后的前 30 年获得了高速发展,但经济建设与生态环境间的矛盾日益突出,工业化和城镇化促进了产业、人口向城市大量集聚,一定程度上侵占了诸如耕地、林地等生态空间^[11],交通运输密集、工商业活动加速、城市容量饱和等情况引致生产、生活的污染物排放不断提升^[12]。如果城市间在发展模式及环境规制等方面存在较大差异,发达地区出于为科技含量、高附加值的环境友好型产业腾出空间的目的,会有选择性地

向欠发达地区转移部分低附加值、非绿色的传统产业,并借周边地区获得更大市场^[12]。同时,在“晋升锦标赛”理论假说下^[13],欠发达城市迫切需要发展经济,很可能承接非绿色的落后产业转移,以融入大城市群^[14],极易成为发达地区的“污染天堂”。此外,跨区域多主体的行政管理壁垒在环境污染协同治理方面形成了一定障碍^[15],在交界地区甚至产生污染叠加效应,成为“公地悲剧”^[12]。因此,相关学者呼吁,绿色发展要充分考虑城市间的空间关联网络结构^[16],关注不同等级城市间的资源配置能力及要素梯度转移、重组再分布,并通过政府协商机制、环境联防联控机制、资源共享机制等,促进城市群的绿色协同发展^[17-18]。

“生态绿色”的概念源于 2016 年习近平总书记在推动长江经济带发展座谈会上提出的“走生态优先、绿色发展之路”。这是首次将生态优先和绿色发展相结合,在汲取了早先探索绿色发展的成果基础上,突出了自然资源承载力作为发展的刚性约束,强调要通过构筑良好的生态环境,为发展赢得更广阔的空间^[19],打破了传统工业化发展路径中保护和发展不可兼得的思维禁锢。近些年,学者们基于地方发展案例展开了内涵解析与实践探索,认为生态优先是绿色发展的价值导向和前提条件,绿色发展是生态优先的实现路径和支撑条件^[20-21]。后续文献也基于生态优先视域,对长江经济带、黄河流域等地区的若干问题进行定性探讨^[22-23]。在当前长三角区域一体化加速的发展背景下,学者呼吁要把把握生态环境作为公共产品的属性与普惠特征,从整体上建立起“成本共担、效益共享、合作共治”机制^[24],所涉及的产业结构调整、人口密度控制、基础设施建设、重大项目布局等,都应该首先考量生态利益的得失^[25]。

基于相关理论梳理既存研究发现,一体化进程中的生态绿色发展不仅与当地资源禀赋、经济基础等内在驱动要素相关,同时也受到政府、市场等外界环境的影响^[24]。随着社会经济的发展、资源开发空间的拓展,城市与产业迅速向外扩展,呈现由点到面的分布态势,城市间的政府协商机制、资源共享机制、经贸合作机制等促进了区域一体化的发展,这一进程中的各种

经济活动为获取外部经济和规模效益,既可以跨越当地资源禀赋与政策规制限制,促进要素在不同等级城市间的梯度转移、重组与再分布^[17],也可通过区域社会经济共生协同、生态环境联防联控,促进生态绿色一体化发展。具体驱动机制如图1所示:第一,产业有序转移可以促进城市间产业统筹互补,形成的集群效应可以降低生产运营成本,产业专业化产生的规模经济可以降低污染治理分摊成本、强化污染专业化分工、促进污染集中监管^[19];第二,交通基础设施互通有利于增强地区经济联系与绿色要素流动,缩小通勤距离和成本,实现节能减排^[24];第三,公共服务互联有利于提高公共资源的共享性与使用效率,降低因为人口膨胀而带来的能源消费与污染排放^[11];第四,市场的竞合开放提高了资源、环境及创新要素的配置效率,降低交易成本,也便于绿色技术的推广和应用^[26];第五,技术进步及知识溢出改善了各城市的能源结构,使其逐步向高效清洁型升级,区域间的污染排放也随之降低并趋于收敛;第六,政策规制的示范效应及协同管理也倒逼传统产业绿色转型,进一步影响诸如 FDI、产业转移等配套的环境甄别机制^[25],促进区域整体的生态绿色发展。

既存文献为本研究奠定了良好的基础,但仍存在值得拓展的空间:研究角度方面,学界大都聚焦绿色发展,“生态绿色”常被割裂为生态优先和绿色发展两个话题,缺乏对生态优先的明确定位,易造成指标体系构建的偏误;研究方法方面,既存研究主要基于“属性”数据,结合传统空间计量模型检验地区的空间溢出效应,而非“关系”数据,导致地区发展的关联网络向量特征难以识别,亦难从全局视角剖析城市间空间关联网络的结构演进;研究对象方面,已有成果聚焦国家或省域层面的居多,鲜有针对长三角城市的空间尺度实证分析,而当前城市已成为生态绿色发展的最佳载体,是政府开展协调治理的最有效单元,在城市尺度上推进长三角生态绿色发展更具有可操作性。因此,本研究借助社会网络分析法,实证剖析长三角城市生态绿色发展的空间关联网络演变及驱动因素,以期能为促进长三角区域高质量一体化发展提供实证参考。

二、研究方法

1. 评价指标体系构建

参考以往政策文件、研究报告及相关学术论文^[8,27-28],结合《长三角生态绿色一体化发展示范区总体方案》中以推进绿色经济、高品质

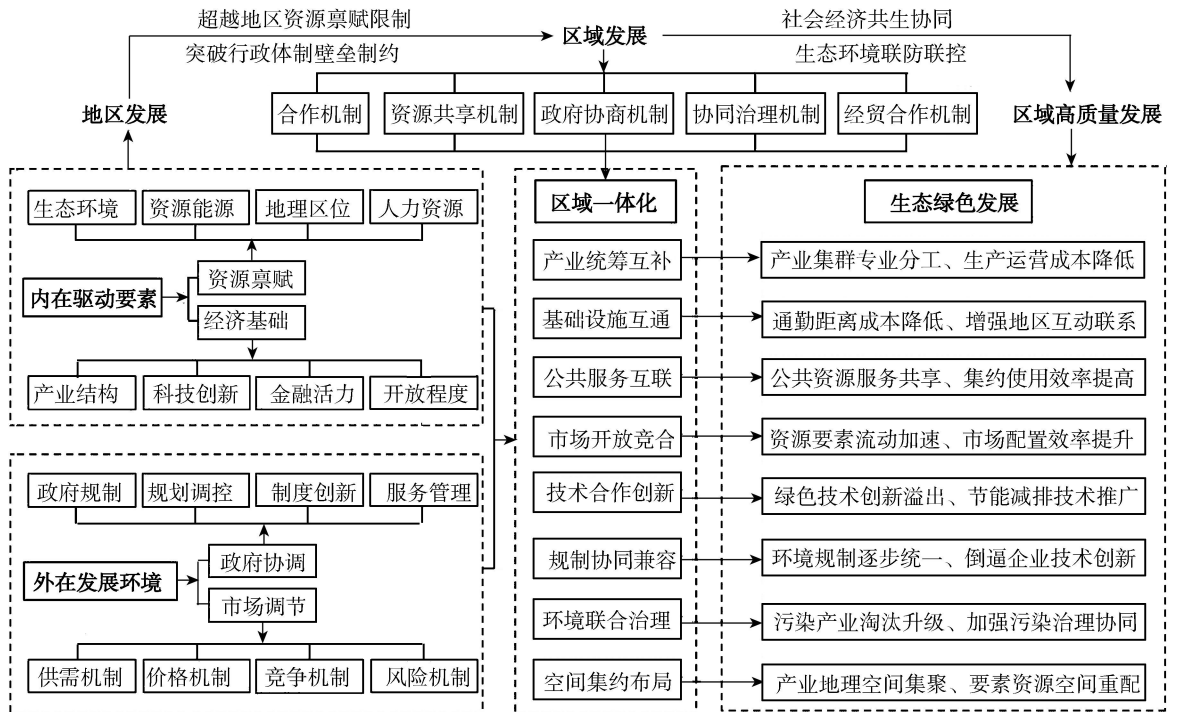


图1 生态绿色发展驱动机制

生活、可持续发展有机统一的部署要求,在保证城市面板数据可获得性与统计口径连续性基础上,构建城市生态绿色发展评价指标体系^①(表1):“生态优先”维度借鉴经合组织(OECD)与联合国环境规划署(UNEP)提出的PSR模型(压力、状态、响应),包含3个一级评价指标,12个二级指标;“绿色发展”维度涉及经济增长和社会发展2个一级评价指标及其13个二级指标。

表1 城市生态绿色发展的评价指标体系

目标层	准则层	一级指标	二级指标	单位	属性	
长三角城市生态绿色发展评价指标体系	生态环境压力	生态	工业废水排放量	万 t	-	
			工业 SO ₂ 排放量	t	-	
			全年 PM _{2.5} 平均浓度	微克/m ³	-	
	生态优先	生态环境质量	生态	森林湿地覆盖率	%	+
				人均公园绿地面积	m ²	+
				建成区绿化覆盖率	%	+
				水质截面检测达标率	%	+
				城市空气质量优良天数	d	+
	生态环境保护	生态	环境	环境基础设施投资额	万元	+
				工业 SO ₂ 去除率	%	+
				工业废水氨氮去除率	%	+
				工业固体废弃物综合利用率	%	+
绿色发展	绿色经济	绿色	第三产业增加值占 GDP 比重	%	+	
			R&D 经费支出占 GDP 比重	%	+	
			单位 GDP 能耗强度	t/万元	-	
	社会发展	社会	发展	单位 GDP 水耗强度	t/万元	-
				单位 GDP 废气排放强度	t/万元	-
				每万人拥有公交车数量	辆	+
社会发展	社会	发展	每百人公共图书馆藏书	册、件	+	
			每万人配套医师数	人	+	
			居民人均生活用水量	t	-	
			居民人均生活能耗量	千瓦时	-	
			城镇生活污水集中处理率	%	+	
社会发展	社会	发展	城市生活垃圾无害化处理率	%	+	
			城市集中式饮用水水源水质达标率	%	+	

2. 数据来源及说明

以2019年《长江三角洲区域一体化发展规划纲要》规划范围中的上海市、江苏省、浙江省、安徽省共41个城市为研究对象,数据大体来源于2013—2020年的《中国城市统计年鉴》《中国城乡建设统计年鉴》、各省各市统计年鉴及其《国民经济和社会发展统计公报》^②。数据处理过程中,首先采用极差法消除正向、负向各指标间的量纲差异,进行标准化处理。指标

权重计算方面,为了区别既存绿色发展研究的指标体系,突出生态效益在经济、社会、生态三大基本效益中的基础性、前提性地位,本研究采用层次分析法中的聚合个体判断(AIJ),形成综合所有专家意见的共识矩阵,力求基于“生态优先、绿色发展”理念与国家部委战略规划文件精神,尽可能全面地综合测评城市生态绿色的发展指数。最终,确定准则层的“生态优先”权重为0.589,“绿色发展”权重为0.411,二级指标权重则采用熵权法合成。因这部分不是本研究重点,且囿于文章篇幅限制,具体计算过程略去。

3. 空间关联网络构建

采用社会网络分析法(SNA)分析空间格局,由传统“封闭”属性视角转为“开放”关系视角,有效弥补了传统空间计量方法局限于地理上相邻或相近的不足,同时也符合当前长三角区域一体化发展的国家战略指向。关联关系的构建是SNA的研究前提,识别城市发展的空间传导关系是构建空间关联网络的关键。一个城市的生态绿色发展对周边地区的溢出效应可能会先于其当前的变动情况,即某城市一定时段的生态绿色信息对其他地区一定时段的生态绿色发展具有预测能力。因此,参考前人做法^[16,29],在VAR模型框架下建立城市间生态绿色发展的动态关联关系,并用Granger因果检验法对城市间的空间传导关系进行识别。假设,两个城市间的生态绿色发展时间序列分别为 x_t 和 y_t ,则两地区生态绿色发展的VAR模型如式(1)所示

①本研究先后参考了由北京师范大学、西南财经法学、国家统计局联合发布的《2012中国绿色发展指数报告》,2016年国家发改委、国家统计局、环境保护部、中央组织部制定的《绿色发展指标体系》,及后期诸如北京、广州等省市的绿色发展指标体系,发现不少指标在市级层面存在缺失,个别代表性指标在近两年才纳入监测范围,统计口径的一致性与连续性不强。同时,本研究基于经济、社会的绿色发展,突出生态环境保护和修复的优先地位,所以不能简单套用既存绿色发展的指标体系。

②2020—2022年的部分数据波动较大,综合考虑数据的连续性、完整性、科学性,将考察期设定为2012—2019年,近3年的数据不予统计分析。

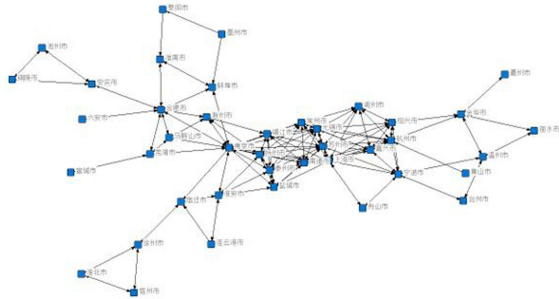
$$\begin{cases} x_t = \alpha_1 + \sum_{i=1}^m \rho_{1,i} x_{t-i} + \sum_{i=1}^n \sigma_{1,i} y_{t-i} + \varepsilon_{1,t} \\ y_t = \alpha_2 + \sum_{i=1}^p \rho_{2,i} x_{t-i} + \sum_{i=1}^q \sigma_{2,i} y_{t-i} + \varepsilon_{2,t} \end{cases} \quad (1)$$

式中: $\alpha_i, \rho_i, \sigma_i (i=1, 2)$ 皆为待估计值; $\varepsilon_{i,t} (i=1, 2)$ 为残差项,服从标准正态分布; m, n, p 和 q 为自回归项的滞后阶数; $\{x_t\}$ 检验城市 x 的生态绿色发展是否受到当地以及城市 y 生态绿色发展滞后期的影响,同理解释 $\{y_t\}$ 。当 VAR 模型中的原假设被拒绝,表示序列 $\{y_t\}$ 可以解释 $\{x_t\}$ 的变动,即 $\{y_t\}$ 是 $\{x_t\}$ 的 Granger 因,那么就存在一条由 x 指向 y 的矢量连线。根据同法迭代计算,最终可以构建 41 个城市间生态绿色发展的空间关联网络^①。

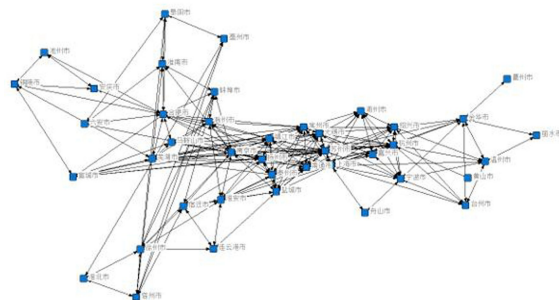
三、实证结果与分析

1. 区域整体网络结构演变

通过 Ucinet 软件中的可视化绘图工具可展示出 2012 年与 2019 年的空间关联网络结构形态(图 2),其中每个节点表示相应城市。由图 2 可以直观看出城市间连线在增多,交互关系不断增强,不存在孤立点。具体来说,上海、南京、苏州、杭州、合肥等城市在空间关联网络中的核心地位继续强化,对边缘欠发达城市的桥梁作用显



(a) 2012年



(b) 2019年

图 2 长三角城市生态绿色发展的空间关联网络结构动态演进

现,之前位于非核心圈或属于省际交界的城市节点关系系数也有所提升。这说明,任一城市的生态绿色问题不可能独立存在或解决,势必会受到其他城市和整体空间关联网络的影响。

网络关联度与网络密度变化如图 3 所示,可知长三角城市生态绿色发展的空间关联网络日趋紧密。理论上,41 个城市的网络关联数最大值为 1640,但由 Granger 因果检验得出的最大年份的关系系数仅达 1/4(368),说明城市间的关联关系仍较松散。网络密度数值即便在 2019 年达到最高值 0.224,才与 2013 年中国省际经济增长的关联网络密度 0.260 相近^[16],这意味着生态绿色发展要素的互动成本较高,存在较大改良空间。

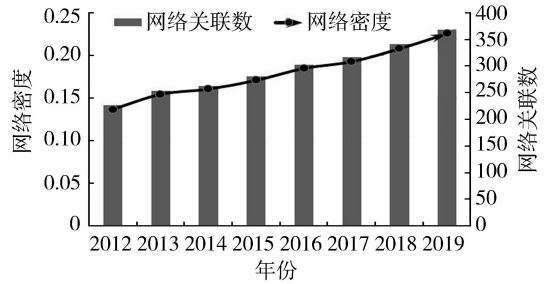


图 3 空间关联网络的关系系数与密度

网络效率评测的是网络中节点的连接效率,效率越低则多余连线越多,表明溢出或收敛的渠道越多,网络结构也就越稳定。网络等极度衡量的是有向网络中节点间的非对称可达程度,表征节点的等级结构和支配地位,若网络中的两个节点彼此可达,则具有互惠性;若存在非对称可达,表示存在等级结构,等级越大网络结构越森严,越多节点在网络中处于从属边缘地位。如图 4 所示,网络效率由 2012 年的 0.883 下降至 2019 年的 0.792,说明考察期内各地生态绿色发展的关系多重叠加现象增多,一定数

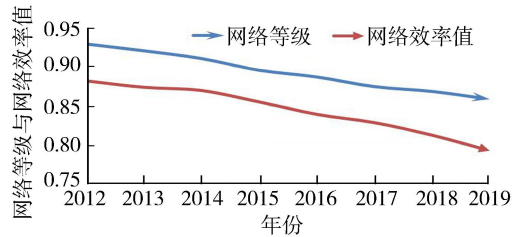


图 4 网络等级与网络效率值

①本研究的时间序列数据通过了平稳性检验,对原始数据进行差分处理后得到 $I(1)$ 平稳序列,根据信息准则标准及样本时间跨度,最终选定滞后 1 阶参与分析以避免自由度的损失,将显著性检验水平设定为 10%。

量的冗余连线也表明关联溢出渠道逐年增加,网络结构日益稳定;网络等级由 0.930 下降到 0.859,表征城市间生态绿色发展的相互影响与相互依赖逐步增强,存在对外关联溢出的可能性提升,等级森严的空间结构被打破,但相较于 2013 年中国区域经济增长的空间网络等级 0.129^[16],说明长三角城市间生态绿色发展的关联依赖仍需加强。

综合上述整体城市空间关联网络结构及特征演进趋势判断,当前长三角城市的生态绿色发展不仅受到本地影响,部分城市也已从原来的发展孤岛逐渐融入区域一体化所形成的复杂、多线程空间关联网络,发展关系也超越了地缘空间的相

邻或相近,临近连接和跳跃连接并存。由此可见,在当前区域高质量协同发展背景下,任何城市在生态绿色方面都不可能孤立发展,落后地区不能画地为牢,发达地区更不可独善其身,应该将自身发展置于长三角区域一体化的“一盘棋”,从全局视角考量区域生态绿色的整体质量提升。

2. 网络内部个体特征比对

各城市在整体空间关联网络中的地位和作用,将会对区域生态绿色发展产生重要影响,因此,从个体节点的点度中心度、中介中心度和接近中心度 3 个指标展开剖析(表 2)。

点度中心度测算结果显示,绝大部分城市呈上升趋势,但相对排位并未有太大变化。上

表 2 个体网络关联结构中心性分析

地区	2012 年					2019 年				
	出度	入度	点度中心度	中介中心度	接近中心度	出度	入度	点度中心度	中介中心度	接近中心度
上海市	15	15	37.5	13.562	20.202	21	18	52.5	16.526	39.604
南京市	16	14	40	45.293	20.833	21	19	52.5	17.077	40.000
无锡市	12	12	30	4.535	19.704	15	15	37.5	1.396	35.714
徐州市	3	3	7.5	8.974	15.936	8	8	20	7.563	31.746
常州市	11	11	27.5	2.676	19.608	18	17	45	3.655	37.736
苏州市	14	13	35	9.870	20.101	20	15	50	8.923	39.216
南通市	10	11	27.5	2.229	19.608	14	14	35	1.130	35.088
连云港市	2	1	5	0.000	15.936	4	4	10	0.083	28.369
淮安市	6	6	15	3.660	18.265	10	12	30	4.869	35.398
盐城市	5	8	20	0.734	19.139	12	12	30	2.562	34.783
扬州市	11	11	27.5	1.966	19.417	16	15	40	2.625	37.383
镇江市	10	9	25	0.806	19.231	13	14	35	0.618	35.398
泰州市	10	10	25	1.090	19.324	13	12	32.5	0.400	35.088
宿迁市	2	4	10	4.288	18.265	6	8	20	2.277	31.746
杭州市	10	10	25	7.245	18.349	18	17	45	6.031	37.037
宁波市	8	8	20	9.198	18.100	11	11	27.5	1.250	32.000
温州市	4	4	10	1.485	16.000	7	7	17.5	1.742	30.769
嘉兴市	9	8	22.5	0.387	18.100	9	9	22.5	0.041	31.25
湖州市	7	7	17.5	0.021	17.778	9	9	22.5	0.041	31.25
绍兴市	8	8	20	4.229	18.182	12	12	30	0.959	32.52
金华市	5	5	12.5	8.135	16.260	8	9	22.5	7.810	31.496
衢州市	1	1	2.5	0.000	14.184	1	1	2.5	0.000	24.242
舟山市	2	2	5	0.000	17.391	2	2	5	0.000	28.986
台州市	2	2	5	0.000	15.810	6	6	15	0.000	30.534
丽水市	2	2	5	0.000	14.388	2	2	5	0.000	24.39
合肥市	8	8	20	19.936	18.779	14	15	40	18.023	37.383
芜湖市	4	4	10	4.615	18.265	12	14	35	2.597	36.036
蚌埠市	3	3	7.5	1.688	18.100	7	6	17.5	1.842	32.258
淮南市	2	2	5	0.000	16.129	5	6	15	1.103	31.746
马鞍山市	4	3	10	0.085	18.265	8	9	22.5	0.155	33.613
淮北市	2	2	5	0.000	13.986	3	3	7.5	0.000	25.000
铜陵市	2	2	5	0.000	14.286	5	5	12.5	0.411	29.197
安庆市	3	3	7.5	8.974	16.327	3	3	7.5	0.000	27.972
黄山市	1	0	2.5	0.000	2.500	1	0	2.5	0.000	23.593
滁州市	4	5	12.5	0.855	18.265	10	10	25	0.792	33.333
阜阳市	0	1	2.5	0.000	2.500	5	5	12.5	2.07	29.851
宿州市	2	2	5	0.000	13.986	7	7	17.5	1.464	27.027
六安市	1	1	2.5	0.000	16.064	3	4	10	0.147	31.008
亳州市	1	0	2.5	0.000	2.500	4	4	10	0.296	25.974
池州市	2	2	5	0.000	14.286	3	3	7.5	0.000	27.972
宣城市	1	1	2.5	0.000	15.686	5	8	20	0.829	33.898

海、南京的生态绿色发展始终保持领先地位,超过40%的还有苏州、常州、杭州、合肥,不仅反映出这些城市与其他地区间的联系更紧密,也说明其外向辐射的需求与动能更强,对网络边缘城市的要素虹吸功能明显;安徽大部分城市的入度高于出度,尤其黄山仅与跨省的杭州有联系,反映了这些地区被动接受外部联系,而主动辐射整网络的动能乏力,同时面临自身要素流失的危险,城市处于整个关联网络的边缘地带,这与前人相近研究结果一致,说明城市间的辐射与扩散效应不仅与经济基础相关,也受制于空间地理区位^[28]。总体来看,网络中各城市的出入度非对称性明显,存在多极化关联分布,各城市间在生态绿色发展方面供给匹配程度还不高,网络中心城市对边缘城市的辐射带动能力仍需提升。

中介中心度测算结果显示,网络中始终存在由上海及3个省会城市构成的4个核心中介节点。江苏的联系活跃度最高,这一方面与其地理中心区位有关;另一方面也得益于江苏所有城市都已处于许多地区间的连接捷径上,在空间关联网络中控制其城市的能力较强,发挥着“桥梁”的作用。上海的不不断提升与三省会城市的下降说明,随着区域一体化的发展,城际纽带已不局限于省内,跨省合作交流增加。此外,诸如淮安、湖州、蚌埠等省际边缘位置城市已成为生态绿色发展的“区域”中心,相较而言,衢州、舟山、台州、淮北、安庆、池州等边缘地带难以对其他城市产生影响,亦难接受来自发达地区的辐射与扩散效应,这也成一体化进程中生态绿色发展的主攻方向。综上分析,空间关联网络存在四大生态绿色增长极,网络核心边缘结构明显,仍需促进边缘城市的协同联动力。

接近中心度测算结果显示,超过30的城市达到73.2%,这与前文结论一致,说明长三角生态绿色发展的关联网络正趋于扁平化,空间

网络的关联性及其流动效率提升。排名靠前的除了省会城市外,也包括常州、苏州、扬州,其与其他城市间“距离”更短,在获取生态绿色资源能力方面更强,有助于形成区域性增长极,与之相邻地区也势必因溢出效应而受益。此外,黄山虽然离省会较远,但近些年与杭州的互动加强,接近中心度有所提升,而亳州等地因为与发达城市较远,获得生态绿色要素的能力偏弱,不利于其在整体网络中获益,这类城市更应审视其在网络中的角色,以增加关联关系为导向,不仅要与邻近城市学习交流,更应突破地缘限制,主动对接中心城市,加强与省外发达城市间的交流合作。

3. 板块聚类与关联溢出路径分析

为进一步了解各城市生态绿色发展空间关联网络中的聚类结构与溢出路径,运用CONCOR法,将网络中处于相似位置的节点城市归类于同一子板块,测算结果见表3。从表3可知,整个网络中存在368个关联关系,4个板块内部的关系数是222个,板块外部关系数是146个,板块间存在明显的空间关联与溢出效应。其中,板块I对板块内和板块外均产生了溢出效应,为“双向溢出板块”;板块II对其他板块发出的关系数与接收来自其他板块的关系数相当,在网络溢出路径中扮演着“桥梁”和“中介”的作用,是“经纪人板块”;板块III的溢出关系数远大于受益数,为“净溢出板块”;板块IV接收来自其他板块的关系数远大于自身溢出关系数,为“净溢入板块”。由此可见,板块的形成打破了传统的行政边界限制,各城市也逐渐从离散走向联合,扩散辐射作用使区域城市间形成集群化发展。

为了更清晰地反映出各生态绿色发展板块间的溢出效应及传导路径,根据各板块之间关联关系的分布测算出各板块的密度矩阵,如果板块密度矩阵中的格值大于2019年全局网络

表3 空间关联网络的角色划分

板块	接受关系矩阵/个				接收板块外关系数	溢出板块外关系数	期望内部关系比例/%	实际内部关系比例/%	板块角色类型
	I	II	III	IV					
I	115	33	7	11	31	51	32.50	69.28	双向溢出
II	14	52	5	25	49	44	27.27	54.17	经纪人
III	9	7	31	15	14	31	17.50	50.00	净溢出
IV	8	10	2	24	51	20	17.50	54.55	净溢入

密度(0.224),就可密度矩阵转换为像矩阵并赋值为1,反之则为0,具体测算结果如表4所示。根据像矩阵绘制出如图5所示的四大板块间聚类特征及关联溢出路径,以此剖析板块间的关系传递方向、互动角色及板块内外城市间的联动效应。

表4 生态绿色网络各板块的密度矩阵与像矩阵

板块	密度矩阵				像矩阵			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
I	0.753	0.234	0.143	0.107	1	1	0	0
II	0.214	0.473	0.000	0.334	0	1	0	1
III	0.116	0.000	0.554	0.278	0	0	1	1
IV	0.080	0.000	0.078	0.429	0	0	0	1

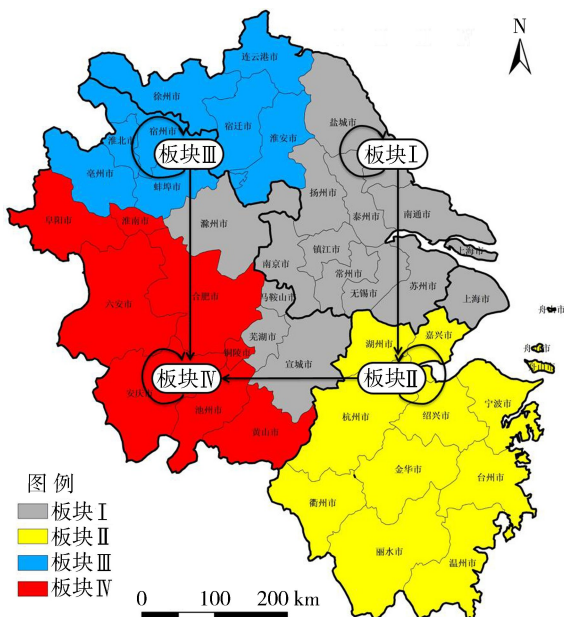


图5 长三角城市生态绿色发展板块关系(2019年)

具体来说,板块I扮演着“双向溢出”角色,是长三角对外联系最活跃的地区,也是生态绿色发展的先行区,内部城市通过产业转移、飞地经济、共建园区等形式加速了内部生态绿色的协同发展,同时其发展动能及示范效应也传递到板块II中。譬如,上海为了拓展自身绿色产业链,严控人口总量、PM2.5浓度、能源消耗总量等,通过基础设施互通、公共服务互联、产业链延伸等形式,将发展空间扩展到浙江。板块II扮演着“经纪人”角色,由浙江所有11个城市组成,因为规制统一、地理邻近、产业协同度高,所以内部城市间存在紧密关联关系,同时因为受到上海、江苏城市的溢出及示范效应,通过政策接轨加快融入长三角一体化和上海同城

化都市圈,所以也接收板块I的动能传递。此外,该板块因为东部发展空间不足而向西拓展,与西部的安徽城市的联系增多,对板块IV产生溢出效应。板块III扮演着“净溢出”角色,包含苏北与皖北8市,囿于地缘区位及沿江城市形成的屏障,难以接受来自沪苏发达城市的辐射,长期处于要素外流状态。随着《淮河生态经济带发展规划》的批复,上中下游共同推进绿色生态走廊建设,加之地缘相近、人缘相亲、文缘相通,所以不仅板块内部关联得以加强,同时也提升了与板块IV间同属于淮河经济带城市的关联。板块IV属于“净溢入”,内部大部分城市因皖东城市形成的拦截带,难以接轨沪苏发达城市的关联,囿于山地丘陵等地理区位,关联西扩的可能性不大,虽然在生态资源方面储备充沛,但绿色发展方面步伐较慢,所以合肥以行政中心与区位优势成为串联板块内要素流动的关键节点,存在着一定的内部扩散效应。同时,大部分城市已被纳入皖江城市带建设,也是长三角区域一体化的新增地区,所以板块IV同时接受来自板块II与III的关系辐射。

综上所述,长三角生态绿色的空间关联网络具有明显的空间集聚与梯度溢出特征,未来应将城市间的关联溢出路径向更高层次的链式网络阶段推进,在空间边缘地带推进关联开放与互嵌,发挥城市比较优势,摆脱行政边界束缚,不仅要增强本省城市间的协作联动,更要关注包括外省城市在内的核心地区和重要城市,然后以这些地区为桥梁,发挥辐射效应,逐级扩散,推进全域生态绿色的协调发展。

4. 驱动因素分析

社会网络分析中的变量均为关系数据,各自变量之间可能存在高度相关性,不符合常规统计方法的高斯条件,因此,本研究采用QAP回归对以“关系”数据为前提的假设进行检验。基于既存文献结论^[27-28],作出如下假设:长三角城市生态绿色空间关联网络格局的形成主要受到7个驱动因素的影响,分别是经济水平差异(*PGDP*、对外开放度差异(*OPEN*,采用进出口贸易总额表示)、环境规制差异(*ER*,排污费收入与工业增加值比值^[30]、基础设施投资差异(*INV*,城市市政公用设施建设投资额)、政府科

技资金投入差异(*GST*,选取各城市地方财政中的科技支出额)、人均受教育程度差异(*EDU*)、地理区位(*GL*,两城市相邻时赋值为1,否则为0)。建立的QAP模型如式(2)

$$R_{EG} = f(PGDP, OPEN, ER, INV, GST, EDU, GL) \quad (2)$$

式中: R_{EG} 为被解释变量,表示长三角城市生态绿色的空间关联网。这一变量的数据类型为矩阵形式,单元格数值越大,表明该单元格对应的两个城市间绿色生态空间关联越强^[31]。

上述研究结果显示,稳定处于同一板块的城市间经济发展水平和发展方式都较为接近,且在当前政府进行激励的机制体系下,更需要强化生态绿色发展水平较高地区和较低地区之间的联动,积极发挥高水平地区的试点示范作用,对低水平地区进行援助策略,而低水平地区也需要加强与高水平地区经验和技术的学习。长三角地区经济水平、对外开放度、环境规制、基础设施投资、政府科技资金投入、人均受教育程度以及地理区位等经济数据发展差异更大的城市间更可能形成生态绿色关联,反之则难以产生直接关联。因此,以地区间指标的发展差异来构建该指标的关系网络。借鉴李敬等研究的相关处理方法^[32],取各城市样本期间的观察值平均值,然后计算各城市之间的观察值平均值差值,再将差值取绝对值后构建相应的差异矩阵。数据规范化对于基于距离的算法尤为重要,鉴于不同矩阵单元的度量单位不同,因此运用Z-score法对网络矩阵进行标准化处理,使每个驱动因子矩阵的均值为0,标准差为1。

本研究选取的驱动因素在QAP相关分析中,都与长三角城市生态绿色的空间关联矩阵显著相关,囿于文章篇幅,计算结果在此不再赘述。继续选择这些驱动因素作为解释变量参与QAP回归分析,选择随机置换次数为10000,调整后的判定系数 R^2 为0.646,在1%水平上显著,具体回归结果如表5所示。

具体分析显著促进城市间生态绿色关联提升的重要驱动因素,其中,*PGDP*差异说明在长三角区域一体化进程中,生态绿色发展网络符合梯度转移客观规律,经济水平差距的存在是关联建立的基础,促进了要素阶梯式流动及

表5 QAP回归分析结果

网络驱动因子	非标准化回归系数	标准化回归系数	显著性	概率1 ^a	概率2 ^b
<i>PGDP</i> 差异	0.001***	0.138***	0.000	0.000	1.000
<i>OPEN</i> 差异	0.010*	0.010*	0.051	0.051	0.049
<i>ER</i> 差异	-0.087***	-0.100***	0.005	0.995	0.005
<i>INV</i> 差异	-0.066**	-0.078**	0.020	0.980	0.020
<i>GST</i> 差异	0.141***	0.151***	0.010	0.010	0.990
<i>EDU</i> 差异	0.003	0.003	0.473	0.473	0.527
空间邻接矩阵(<i>GL</i>)	0.600***	0.462***	0.000	0.000	1.000

注: *、**、*** 分别表示在10%、5%、1%的水平下显著;

a. 随机置换产生的判定系数绝对值不小于观察到的判定系数的概率; b. 随机置换产生的判定系数绝对值不大于观察到的判定系数的概率。

“共生”发展的可能性。*OPEN*差异说明,高开放度的城市出于拉动内需、开辟新市场以及规避本地竞争的需要,更易选择向市场化程度较低的地区渗透,即减少了对资源环境的浪费,也促进了两地在生态绿色方面的合作交流。*GST*差异的影响解释与前文*PGDP*的分析相似,科创投入作为生态绿色的关键环节同样会遵循梯度转移规律,从科创高地流向洼地,如果城市在科技资金上的投入较小,那么也可能促进民间资本投入与跨地区市场化资源配置^[33],有利于激发城市生态绿色发展的内驱力,主动与周边发达地区交流合作。地理区位*GL*的正向影响系数最高,这与既存文献结论相符合^[28],说明地理距离的远近决定着城市间要素流动、合作交流及动能传递的可能性。

在其他受检验变量中,*ER*差异表明,环境规制虽可提升本地环境水平与绿色产业发展,但在长三角城市间环境规制日益趋同的高质量发展背景下,城市间*ER*的过大差异只会加速传统产业转移,并不利于城市间生态绿色的协同发展。*INV*差异同样阻碍了地区间关联的建立,直接影响着城际间交通基础设施及公共服务的通达便利性与兼容共享性,差异过大将导致通勤距离和要素流动成本提升,城市宜居差异扩大,阻碍城市间的合作互通。*EDU*差异的影响系数并不显著,事实上这也呼应了前人研究,客观反映当前长三角高质量一体化进程对于人力需求已由“量”迈向“质”的发展阶段,相较研发技术人员数量差异而言,基础受教育水平差异已经无法成为驱动长三角城市间建立

生态绿色关联的核心因素。

四、结 语

长三角城市生态绿色发展的空间关联网络连线数逐年提升,交互关系不断增强,但整体还不够紧密,临近连接和跳跃连接并存,网络结构日益稳定,等级森严的空间结构被打破,城市生态绿色发展不仅与自身发展相关,而且受到来自其地区及整体空间关联网络的影响。网络出入度非对称性明显,存在多极化分布,虽存在四大增长极,但中心城市对周边城市的带动不足。板块的形成打破了传统的行政边界限制,关联传导具有明显的梯度溢出特征,城市发展逐渐从离散走向联合。城市间在经济发展水平、对外开放度、政府科技资金投入、地理区位方面的差异是形成生态绿色发展关联网络的主要驱动因素,环境规制与基础设施投资两方面的差异则会削弱城市间生态绿色合作的意愿与动力。基于上述研究结论,提出如下政策建议:

一方面,完善区域更小尺度的合作协商机制、空间关联传递机制,“局部促整体”。当前,中心城市和城市群正在成为引领区域发展的活跃增长极和承载各种发展要素的主要空间形式。因此在长三角生态绿色发展进程中,除了继续加强省际联系外,还需完善都市圈、共建园区、飞地经济甚至专业镇等更小尺度的跨区域政策协商、商贸交流、科创合作、利益补偿等机制。依据各城市在空间关联网络中的角色与作用,激发双向溢出板块地区的活力,发挥好中心城市与“经纪人”板块的桥梁作用,增强中心城市对周边发展的带动作用。网络边缘城市更要促进空间开放,拓宽生态环境联防联控的覆盖范围、推动人才、技术等绿色要素城际间低成本流动,提升公共服务与基础设施互联互通,以点带块,协同发展。

另一方面,培养“属性-关系”驱动型发展思路,由“以邻为壑”转为“以邻为伴”。各城市不能受困于地方保护与本位主义思想,仅从本地属性视角谋求发展,而要摆脱对追逐局部利益最大化的偏好和工具理性的路径依赖,培养区域竞合共享思维,关注与他地建立合作纽带。通过区域一体化,由行政引导向内生驱动转变,

由“以邻为壑”向“以邻为伴”转变,在把握城际间生态绿色发展的空间关联网络结构基础上,以增加溢出渠道为导向,结合区位条件、资源禀赋及比较优势,对所供所需生态绿色要素,主动借力市场化政策组合,进行统筹配置与互补共享,寻觅优势互补、错位发展路径,在绿色产业链延伸方面推进空间互嵌,加速高质量协同集聚,对环境污染扩散问题,积极参与联控联防与协同治理。

参考文献:

- [1] 上海市人民政府 江苏省人民政府 浙江省人民政府印发《关于进一步支持长三角生态绿色一体化发展示范区高质量发展的若干政策措施》的通知 [EB/OL]. [2022-08-12]. <https://www.shanghai.gov.cn>.
- [2] CARSON R. *Silent spring* [M]. London: Penguin Classics, 2020.
- [3] MEADOWS D H, MEADOWS D L, RANDERS J, et al. *The limits to growth* [M]. Routledge: Green Planet Blues, 2018: 25-29.
- [4] 徐琳瑜,杨志峰,李巍.论生态优先与城区环境保护规划[J].中国人口·资源与环境,2004(3): 59-64.
- [5] 刘思华.论以生态为本位的科学依据与理论框架[J].中南财经政法大学学报,2002(4):3-9.
- [6] 王玉,毛春梅,孙长如.基于 Cite Space 的生态产品价值实现研究的演化路径与趋势[J].水利经济,2023,41(5):49-54.
- [7] 兰梓睿.低碳城市建设对区域绿色发展效率的异质性影响研究[J].现代经济探讨,2021(6):101-110.
- [8] 胡鞍钢,周绍杰.绿色发展:功能界定、机制分析与发展战略[J].中国人口·资源与环境,2014,24(1):14-20.
- [9] SHIMADA K, TANAKA Y, GOMI K, et al. Developing a long-term local society design methodology towards a low-carbon economy: an application to Shiga Prefecture in Japan[J]. Energy Policy, 2007, 35(9):4688-4703.
- [10] RAMANATHAN R. A multi-factor efficiency perspective to the relationships among world GDP, energy consumption and carbon dioxide emissions [J]. Technological Forecasting & Social Change, 2006, 73(5):483-494.

- [11] 严翔,成长春,贾亦真. 中国城镇化进程中产业、空间、人口对能源消费的影响分解[J]. 资源科学,2018,40(1):216-225.
- [12] 朱英明. 产业集聚论[M]. 北京:经济科学出版社,2003.
- [13] 周黎安. 中国地方官员的晋升锦标赛模式研究[J]. 经济研究,2007(7):36-50.
- [14] COLE M A, ELLIOTT R J R, FREDRIKSSON P G. Endogenous pollution havens: does FDI influence environmental regulations? [J]. The Scandinavian Journal of Economics, 2006, 108(1):157-178.
- [15] 刘希刚,陈子悦. 新时代生命共同体理念的思想逻辑与实践启示[J]. 河海大学学报(哲学社会科学版),2023,25(2):33-41.
- [16] 刘华军,贾文星. 中国区域经济增长的空间网络关联及收敛性检验[J]. 地理科学,2019,39(5):726-733.
- [17] 张婕,吴寿敏,张云. 长三角城市群绿色发展水平测度与分析[J]. 河海大学学报(哲学社会科学版),2020,22(4):53-60.
- [18] GLASER E. Triumph of the city: how our greatest invention makes us richer, smarter, greener, healthier, and happier [J]. Economic Affairs, 2011,31(3):66-67.
- [19] 陈雯. 长三角一体化发展示范区为什么是生态绿色的? [N]. 第一财经日报,2019-11-06(A12).
- [20] 杨旭,高光涵. 跨域环境治理的组合式协同机制与运作逻辑——长三角生态绿色一体化示范区的个案研究[J]. 河海大学学报(哲学社会科学版),2023,25(5):95-109.
- [21] 罗胤晨,李颖丽,文传浩. 构建产业生态产业体系:内涵厚定、逻辑框架与推进理路[J]. 南通大学学报(社会科学版),2021,37(3):130-140.
- [22] 钟茂初. 长江经济带生态优先绿色发展的若干问题分析[J]. 中国地质大学学报(社会科学版),2018,18(6):8-22.
- [23] 王毅鑫,王慧敏,刘钢,等. 生态优先视域下资源诅咒空间分异分析——以黄河流域为例[J]. 软科学,2019,33(1):50-55.
- [24] 黄娟. 生态优先、绿色发展的丰富内涵[N]. 中国社会科学报,2018-08-30(001).
- [25] 刘瀚斌. 实现长三角生态绿色一体化要抓住哪些关键点? [N]. 中国环境报,2019-09-18(003).
- [26] 严翔,黄永春,胡世亮,等. R&D要素配置、碳排放及绿色技术转移纠偏作用[J]. 科学学研究,2023,41(5):830-840.
- [27] 林永生,晏凌. 2012 中国绿色发展指数报告发布暨绿色经济研讨会综述[J]. 经济学动态,2012(10):152-154.
- [28] 田时中,丁雨洁. 长三角城市群绿色化测量及影响因素分析——基于 26 城市面板数据熵值—Tobit 模型实证[J]. 经济地理,2019,39(9):94-103.
- [29] 秦腾,佟金萍,章恒全. 环境约束下中国省际水资源效率空间关联网络构建及演化因素[J]. 中国人口·资源与环境,2020,30(12):84-94.
- [30] 李胜兰,初善冰,申晨. 地方政府竞争、环境规制与区域生态效率[J]. 世界经济,2014,37(4):88-110.
- [31] 王山,刘文斐,刘玉鑫. 长三角区域经济一体化水平测度及驱动机制——基于高质量发展视角[J]. 统计研究,2022,39(12):104-122.
- [32] 李敬,陈澍,万广华,等. 中国区域经济增长的空间关联及其解释——基于网络分析方法[J]. 经济研究,2014,49(11):4-16.
- [33] 严翔,黄永春,胡世亮,等. 绿色技术转移何以抑制碳排放——基于长三角城市的经验证据[J]. 管理评论,2023,35(8):171-183.

(收稿日期:2022-10-06 编辑:高虹)

The Evolution and Driving Factors of the Spatial Correlation Network of Urban Ecological Green Development in the Yangtze River Delta/YAN Xiang^{1,2}, ZOU Chen¹, QIAN Xinyi¹ (1. School of Business, Hohai University, Nanjing 211100, China; 2. Business School, Yancheng Teachers University, Yancheng, 224002, China)

Abstract: Ecological green integration is the first move and breakthrough in the implementation of the national strategy for the development of regional integration in the Yangtze River Delta. On the basis of literature review, this paper sorts out the driving mechanism of ecological green development in the process of regional integration. Based on the panel data of 41 cities in the Yangtze River Delta, the dynamic interaction relationships of the inter-city ecological green development is identified with the VAR Granger causality test method, and the spatial correlation network of urban ecological green development is analyzed using social network analysis method. The research finds that the ecological green development of cities in the Yangtze River Delta presents a complex and multi-threaded spatial correlation network structure. The development of a city is not only related to its own, but also affected by its regional and overall network. The interaction between cities has been increasing, but the overall is not close enough. The network structure has become increasingly stable, while the hierarchical spatial structure has been broken. Moreover, there are four major growth poles, and the central city is not enough to drive the development of the surrounding areas. The formation of the plate breaks the administrative boundary, the correlation transmission has obvious gradient overflow characteristics, and the urban development moves from discrete to united gradually. The main driving factors for the evolution of the ecological green development network lies in the differences among cities, in terms of economic development level, degree of opening to the outside world, government investment in sci-tech, and geographic locations. This study further points out that in the ecological and green development in the process of regional integration, each city should break through the geographical restrictions based on its role and function in the overall network, change from “beggar-thy-neighbor” to “neighborly partnership”, improve the regional cooperation and consultation system at a smaller scale, and cultivate the network thinking driven by “attribute-relationship”, which is the key to enhancing the urban ecological green development of the Yangtze River Delta.

Key words: ecological civilization; the Yangtze River Delta; ecological green; spatial correlation network