

泛长三角生态创新的时空格局演变及形成机制

徐维祥, 杨蕾, 杨沛舟, 黄明均, 刘程军
(浙江工业大学 经贸管理学院, 浙江 杭州 310023)

摘要: 利用变异系数、探索性空间数据分析以及地理探测器等方法研究了泛长三角生态创新的时空格局演变特征及形成机制, 结果表明: 2008—2014 年该地区的生态创新日益增强, 区域间差异较小且趋于平稳; 长三角地区相对发展速度较快; 生态创新的空间集聚程度以反“Z”形态折线上升; 热点区集聚在上海市及其外围城市, 冷点区集中在江皖省际线周边的城市; 85% 的城市的生态创新处于持续进步状态; 经济基础、产业转型等影响因素均对生态创新具有显著影响。

关键词: 生态创新; 泛长三角; 时空格局演变; 形成机制; 地理探测器

中图分类号: F061.5

文献标志码: A

文章编号: 1006-4303(2017)02-0147-08

自英国工业革命后, 全球创新成果层出不穷, 人类社会发展进程取得了前所未有的效果^[1]。然而, 环境污染、能源紧缺和生态破坏等问题日益突出, 改变和革新现有的创新生产发展模式, 已成为当今学术界的共识^[2]。改革开放 30 多年以来, 中国以惊人的发展速度创造了“中国奇迹”, 经济总量现已稳居全球第二^[3], 而生态环境却趋于恶化。2015 年 10 月召开的十八届五中全会明确提出“创新、协调、绿色、开放、共享”这五大发展理念, 这意味着中国社会新的经济引擎将会转变成绿色创新生产方式^[4]。因此, 以兼顾社会发展和环境保护为特征的生态创新应运而生, 这种全新的创新生产方式更加强调人类社会和自然环境的相互协调以实现可持续发展^[5]。

生态创新的概念兴起于 20 世纪 70 年代, 源自可持续发展理念^[6], 其正式的定义是由 Fussler 和 James 在 1996 年提出。国内外学者们大多从企业或产业层面对生态创新进行了关于其关键属性的定位^[7-8]、评价体系的构建^[2]、效率的测度^[9]以及动力机制^[10-11]的探索等方面的研究。综观

已有的研究成果发现, 关于区域层面生态创新的探索性空间数据分析以及影响因素探测方面的相关文献比较有限, 尚有继续研究的空间。本研究的创新之处在于, 用地理探测器对泛长三角生态创新的影响因素进行探测。地理探测器是由中国科学院地理科学与资源研究所王劲峰等开发的一种方法, 它被设计用于分析不同的地理空间分区因素对疾病风险所产生不同影响的机理^[12]。丛海彬等运用地理探测器研究发现政府干预程度等因素对我国社会经济综合发展水平的演变有着较为强烈的影响^[13]。丁悦等利用了地理探测器方法总结出了开发区优惠政策调整是对其最具有影响力的影响因素之一等重要结论^[14]。Yang Ren 等结合地理探测器的研究方法总结出了经济发展越来越具有影响力以及影响农村定居点分布的其他因素包括主要道路等重要结论^[15]。

本研究结合泛长三角 2008—2014 年的相关数据, 拟利用熵值法加权计算多项指标来判定生态创新, 接着通过计算生态创新的 CV 系数、Moran's I 指数和 Getis-Ord G_i^* 指数来探索其时空

收稿日期: 2017-04-19

基金项目: 国家自然科学基金项目(71273243、71473224); 浙江省高校重大人文社科项目(2013GH010); 浙江省大学生科技创新活动计划暨新苗人才计划(2016R403082)

作者简介: 徐维祥(1963—), 男, 浙江东阳人, 教授, 博士生导师, 博士, 从事产业经济与空间计量研究; 杨蕾(1992—), 女, 浙江温州人, 硕士研究生, 从事区域创新与空间计量研究; 杨沛舟(1993—), 男, 四川雅安人, 硕士研究生, 从事区域创新研究; 黄明均(1993—), 男, 湖南郴州人, 硕士研究生, 从事区域创新研究; 刘程军(1987—), 男, 湖南邵阳人, 博士研究生, 从事区域创新与城镇发展研究。

演化特征,最后运用地理探测器进行形成机制分析,以期对泛长三角地区乃至中国的生态创新生产模式提供政策建议。

一、研究方法与数据来源

(一) 熵值法

用熵值法确定的权重可消除权重确定的主观因素^[16],选用熵值法确定各项指标的权重以合成综合指标。为消除数据的量纲差异和异方差,同时考虑到负向指标的存在,本研究采用朱喜安的极值处理法^[17]来标准化处理数据,再利用王洋所采用的熵值法^[16]以计算生态创新。

(二) 变异系数

为衡量2008—2014年间泛长三角生态创新的变异程度,本研究引入了变异系数。变异系数通常用于反映区域间的相对均衡程度,是标准差除以平均值的结果。本研究选用蒋天颖^[18]的方法计算变异系数。

(三) 全局空间自相关

整个研究区域的空间模式可用全局空间自相关探测,其自相关程度可用单一的值来反映^[19]。本研究采用全局空间自相关来衡量生态创新在泛长三角地区内的空间分布情况。选用王雪青^[20]的方法计算 Moran's I 指数。

(四) 局部空间自相关

由于空间异质性的存在,仅利用全局空间自相关情况难以全面地描述泛长三角地区生态创新局部区域的空间聚集特征。基于此,引入局部空间自相关统计量 Getis-Ord G_i^* 指数来测度泛长三角地区生态创新的冷热点分布情况,本研究选用蒋天颖^[21]的方法计算 Getis-Ord G_i^* 指数。

(五) 地理探测器

在社会、经济、自然等多种要素影响下,地理事件的空间分布总是存在的区域性和差异性,揭示这种区域性和差异性的形成机制是地理学研究的重要内容^[22]。本研究选用刘彦随^[22]的方法计算地理探测器的 $P_{D,BI}$ 值。

(六) 指标体系的构建与数据来源

考虑数据的科学性、可获得性和合理性,联系泛长三角地区实际,结合已有研究成果^{[1-2][4][9][23]},本研究采用经济、科教和生态子系统反映泛长三角地区的生态创新。其中,经济子系统用人均GDP、规模以上工业总产值和社会消费品零售总

额表征,科教子系统包括发明专利授权量、高新技术产业总产值和普通高等学校数,生态子系统用工业废水排放量、工业 SO_2 排放量和工业(烟)粉排放量来表示。除生态系统中的三个指标为负向指标外,其余指标均为正向指标。本研究所涉及的泛长三角地区中53个城市的各指标数据均来自《中国城市统计年鉴(2009—2015)》以及各省、各市统计年鉴和知识产权局。

二、泛长三角生态创新的时空格局演变

(一) 时间差异

1. 节点时间生态创新分级地图。本研究以2008年、2011年和2014年为时间节点,根据生态创新值将泛长三角划分为4个区域,分别命名为强势区、次强势区、次弱势区和弱势区,并绘制成图1。由图1可知,泛长三角生态创新的空间分异情况明显,且随着时间的变化其分异情况加剧。另外,生态创新的强势区和次强势区均有所增加,表明泛长三角地区的生态创新逐年增强。

2008年泛长三角生态创新的强势区为上海市;次强势区以江浙城市为主;次弱势区包括次强势区以外的其他江浙城市,还包括合肥市和南昌市;其余各市被划入弱势区,其中包括安徽省和江西省的绝大部分城市。2011年泛长三角生态创新的强势区包括上海市、南京市、苏州市和杭州市;次强势区包括无锡市、宁波市、常州市、合肥市和南昌市;次弱势区包括12个城市,为强势区以外的其他江浙城市和芜湖市;其余城市均为弱势区,较2008年有所减少,这说明2011年泛长三角生态创新较2008年有所增强。2014年泛长三角生态创新的强势区与2011年的强势区相同;次强势区在2011年的基础上略有扩张;次弱势区包含的城市个数也有所增加,其中江苏省增加了2个城市,安徽省和浙江省分别增加了1个城市,这说明泛长三角生态创新持续增强。

2. 变异系数与平均数折线图。本研究计算了生态创新的平均值和变异系数,计算结果如图2所示。从平均值角度分析,2008年至2014年期间,泛长三角生态创新逐年增长。2008年到2009年期间,泛长三角地区的生态创新快速提高;从2009年开始,生态创新呈现缓慢增长的波动态势,趋于稳定且维持在较高水平。从CV系数角度分析,CV

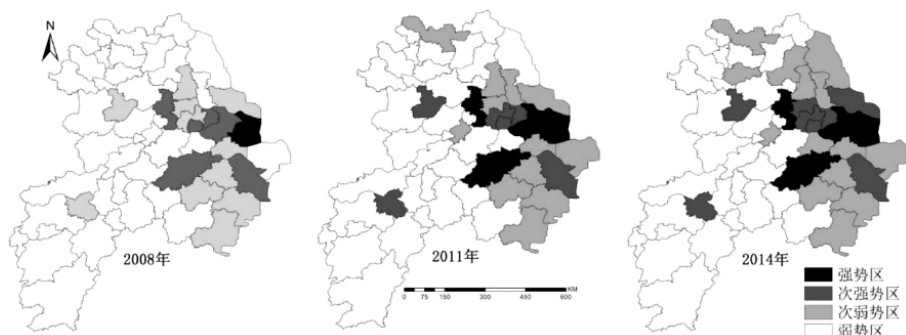


图1 泛长三角生态创新空间分级地图

系数的变化趋势呈现“L”字形态。CV系数在2008年达到相对较大值4.34,表明泛长三角生态创新的发展在2008年相对较为不均衡;2008年到2009年间,CV系数大幅减小,表明在此期间泛长三角地区的生态创新快速趋于均衡发展;在2009年至2014年期间,CV系数变动不明显,说明泛长三角地区的生态创新稳定维持在一个较为均衡的状态中。结合生态创新平均值与CV系数两者来看,它们的变化趋势完全相反,图形在总体上近似呈现“镜像”的关系,这说明了泛长三角生态创新在2008年至2014年期间“又好又快”地发展。

(二) 生态创新的空间格局演变

1. 全局空间自相关情况。本研究计算了2008年至2014年泛长三角生态创新 Moran's I 值,

绘制成图3。由图3可知,观测年间生态创新的空间集聚情况不断增强,总体上近似呈现反“Z”型。详而叙之,Moran's I 值从2008年的0.162以-29.14%的增长速率减小至2009年的0.115并在2009年达到了区间相对较小值,表明在此期间泛长三角生态创新的全局空间自相关情况快速减弱。2009年至2012年期间,生态创新的 Moran's I 指数逐年攀升,年均增长速率为20.62%,说明在此期间泛长三角地区生态创新的集聚情况加剧。自2012年开始,Moran's I 指数维持在0.189上下,波动情况不明显,增长速率为1.04%,并在2013年达到区间相对较大值0.191,表明在此期间泛长三角生态创新的集聚情况在较高水平趋于稳定状态。

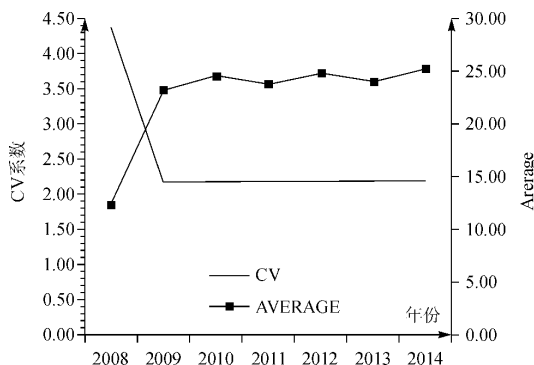


图2 泛长三角生态创新平均值与变异系数

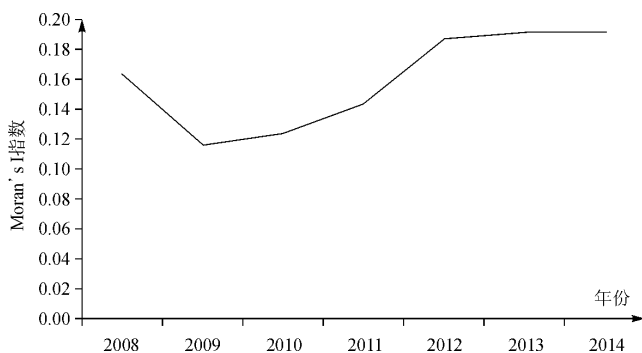


图3 泛长三角生态创新全局空间自相关情况

2. 节点时间冷热点分布情况。本研究以2008年、2011年和2014年为时间节点,计算了泛长三角生态创新的 Getis-Ord G_i^* 指数,并以Z值在1%和5%水平下的临界值将泛长三角地区划分为5区域,分别命名为热点区、次热点区、随机分布区、次冷点区和冷点区。其中,将Z值大于1.96的城市命名为热点区,此热点区为Z值介于1.65与1.96之间的城市,将Z值大于-1.65但小于1.65的城市划分为随机分布区,次冷点区的

Z值在-1.95到-1.65之间,冷点区为Z值小于-1.96的城市,详见图4。

由图4可知,泛长三角生态创新的冷热点分布格局较为鲜明,层次较为分明,G值在空间上呈现“东高西低”的反“L”字形态,热点区稳定集聚在以上海市为中心,以南通市、苏州市、嘉兴市和舟山市为外围的城市群,冷点区主要集中在江皖省际线周边的城市以及浙赣省际线周边的部分江西城市。详而叙之,2008年泛长三角生态创新的

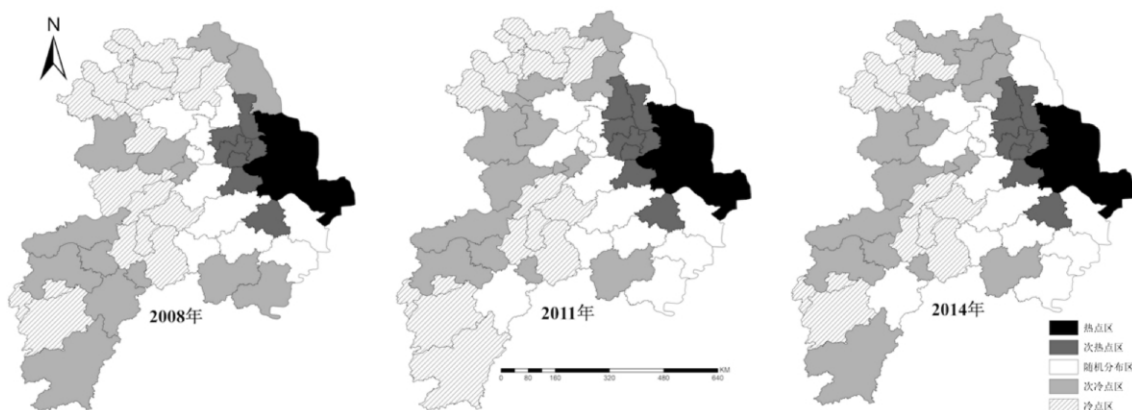


图4 泛长三角生态创新冷热点分布情况

热点集聚在江沪一带,冷点区以皖赣为主。其中,泛长三角地区被划分入热点区的城市有上海市、南通市、苏州市、嘉兴市和舟山市;次热点区主要集中在江浙一带;次冷点区的分布较为分散但仍以江西省为主;冷点区主要集聚在泛长三角的西北地区;其他城市均为随机分布区。2011年的生态创新的次热点范围比2008年略有扩张,仍以江沪城市为主;冷点区仍集聚在皖赣两省,但重心由安徽省向江西省转移。其中,热点区城市与2008年的热点区城市保持一致;次热点区在2008年的基础上增加了扬州市;次冷点区的分布情况与2008年的分散状态相比略有集中,主要集聚在泛长三角的西部,呈带状分布,但是在江苏省和浙江省仍有少量零星分布;冷点区范围较2008年略有紧缩;其余城市均为随机分布区。2014年的生态创新冷热点分布情况与2011年相比,热点区和次热点区范围相同,但部分冷点城市跃迁为次冷点城市,使次冷点区范围有所扩张。具体而言,热点区城市与2011年和2008年相同;次热点区与2011年相同;次冷点区范围较之2011年有所扩大,在其基础上增加了江苏省的宿迁市和徐州市,安徽省的淮南市以及江西省的赣州市;冷点区范围在2011年基础上减少了次冷点区的以上新增城市;其余城市均被划入随机分布区。从图上可以看出,2014年泛长三角生态创新的局部空间自相关情况较之2011年和2008年有所增强。

3. 生态创新发展情况的动态趋势。为了更好地分析泛长三角生态创新的发展情况的动态趋势,本研究依据2008年、2011年和2014年这3个时间节点生态创新表现的持续增强、先增强后减弱或先减弱后增强、持续减弱的情况,依次将泛长三角地区划分为进步区域、波动区域和滞后区域,并利用

Arc GIS 10.1 软件绘制成图5。由图5可知,泛长三角地区有近85%的城市为进步区域,说明该地区大部分城市的生态创新随着时间的推移而日趋增强;波动区域含7个城市,如苏州市、马鞍山市、巢湖市、六安市、阜阳市、景德镇市和南昌市,揭示了这7个城市的生态创新发展处于调整磨合期;滞后区域只有上海市,表明上海市的生态创新在2008年、2011年和2014年这3个节点时间内持续减弱。



图5 泛长三角生态创新发展趋势分级地图

三、泛长三角生态创新的形成机制分析

泛长三角生态创新的发展现状是多种因素综合影响的结果。本文在参考现有文献^{[1][23-25]}的基础上,结合泛长三角地区的具体特征以及数据的科学性、合理性和可获得性,选取了经济基础、产业转型、政府支持、信息化程度、R&D经费和R&D人员等6项指标作为影响因子,用地理探测器方法对泛长三角生态创新空间格局形成机制进行探测研究和分析。其中,经济基础以地区GDP与泛长三角区域均值的比值来表征,产业转型用

第三产业比重呈现,政府支持表示财政支出中科技和教育支出总额,用国际互联网接入用户数来表征信息化程度,R&D经费是指规模以上工业R&D项目经费,R&D人员用规模以上工业R&D项目人员数来表示。

本研究利用 ArcGIS 10.1 软件对各项指标进

行自然断点分级,将每个要素分成5个次一级区域,分别命名为“高生态创新高要素”“高生态创新中要素”“中生态创新中要素”“低生态创新中要素”和“低生态创新低要素”,并分别计算2008年、2011年和2014年各要素对泛长三角生态创新的影响力,具体结果见表1。

表1 泛长三角生态创新形成机制影响力测度

$P_{D,BI}$	经济基础	产业转型	政府支持	信息化程度	R&D经费	R&D人员
2008	0.936	0.222	0.823	0.867	0.859	0.549
2011	0.913	0.536	0.883	0.844	0.885	0.578
2014	0.896	0.629	0.766	0.808	0.794	0.793

由表1可知,2008年、2011年和2014年泛长三角地区各要素对生态创新的影响力略有差异。整体而言,2008年经济基础对泛长三角生态创新的影响最大, $P_{D,BI}$ 为0.94,说明经济基础对生态创新具有至关重要的作用;信息化程度和R&D经费分别以0.87和0.86的 $P_{D,BI}$ 位列第二和第三,这表明信息化程度和R&D经费均对生态创新影响较大。2011年,对生态创新影响最大的要素仍为经济基础,该 $P_{D,BI}$ 相比2008年有所下降;R&D经费从2008年的第三名上升为第二名,说明在2008年至2011年期间,R&D经费的影响力有所上升;政府支持的影响力在2011年排在第三名,比2008年上升了6个百分点。2014年,各要素按影响力从大到小排序,前三名为经济基础、信息化程度和R&D经费。另外,随着时间的推移,各要素对生态创新的影响力数值趋于接近。

由于2014年的数据比2008年和2011年更接近当前的生态创新环境,更具有参考价值,本研究以2014年为例,利用 ArcGIS 10.1 软件泛长三角生态创新与要素影响空间匹配图,结果见图6。整体而言,泛长三角生态创新与各要素影响的匹配程度在空间上存在明显的分异格局,高生态创新高要素水平区域和高生态创新中要素水平区域数量较少,并且稳定集中在泛长三角的东部地区,以江浙沪的主要城市为主;低生态创新中要素水平区域和低生态创新低要素水平区域分布范围较广,占据了泛长三角三分之二左右的城市,以皖赣城市为主。

具体而言,在经济基础要素的影响下,泛长三角高生态创新高经济基础区域仅包含上海市;高生

态创新中经济基础区域包含南京市、无锡市、苏州市、杭州市和宁波市;中生态创新中经济基础区域包含江浙两省的大部分城市;低生态创新中经济基础区域包括连云港市等10个城市;其余23个城市均被划入低生态创新低经济基础区域,以皖赣城市为主。在产业转型要素的影响下,高生态创新高产业转型区域范围有所扩张;高生态创新中产业转型区域以江浙两省的城市为主;中生态创新中产业转型区域主要包含苏南、浙北、安徽省部分城市以及南昌市;低生态创新中产业转型区域主要集中在安徽省西部地区和江西省北部;低生态创新低产业转型区主要集聚在安徽省。在政府支持的影响下,高生态创新高政府支持区域为上海市;高生态创新中政府支持区域包含苏、杭、宁三市;中生态创新中政府支持区域在江浙皖赣四省均有分布,但以江苏省为主;低生态创新中政府支持区域主要集中在江苏省中部城市、浙江中北部城市、安徽省西部城市和江西省北部城市;其余城市均为低生态创新低政府支持区域,以泛长三角中北部地区为主。在信息化程度的影响下,上海市仍为唯一的高生态创新高信息化程度城市;高生态创新中信息化程度区域仍以江浙两省主要中心城市为主;中生态创新中信息化程度区域主要包括苏南城市、浙江省除西南部的大部分城市以及皖赣两省的省会城市;低生态创新中信息化程度区域主要包括泛长三角的东北城市和西南城市;低生态创新低信息化程度区域主要集聚在泛长三角的中部地区,西北地区也有少量分布。R&D经费和R&D人员的要素空间匹配格局在某些程度上保持一致性,但仍存在差异。两者的高生态创新高要素区域和高生态创新中要素区域完全

一致,这可能与经费和人员常常配套投入有关;两者在其他分级区域上虽略有差异,但总体格局仍存在共性,如中生态创新中要素区域均集聚在江浙两

省,低生态创新中要素区域除了包含苏北城市还包括江西省的南昌市,低生态创新低要素区域以皖赣两省为主。

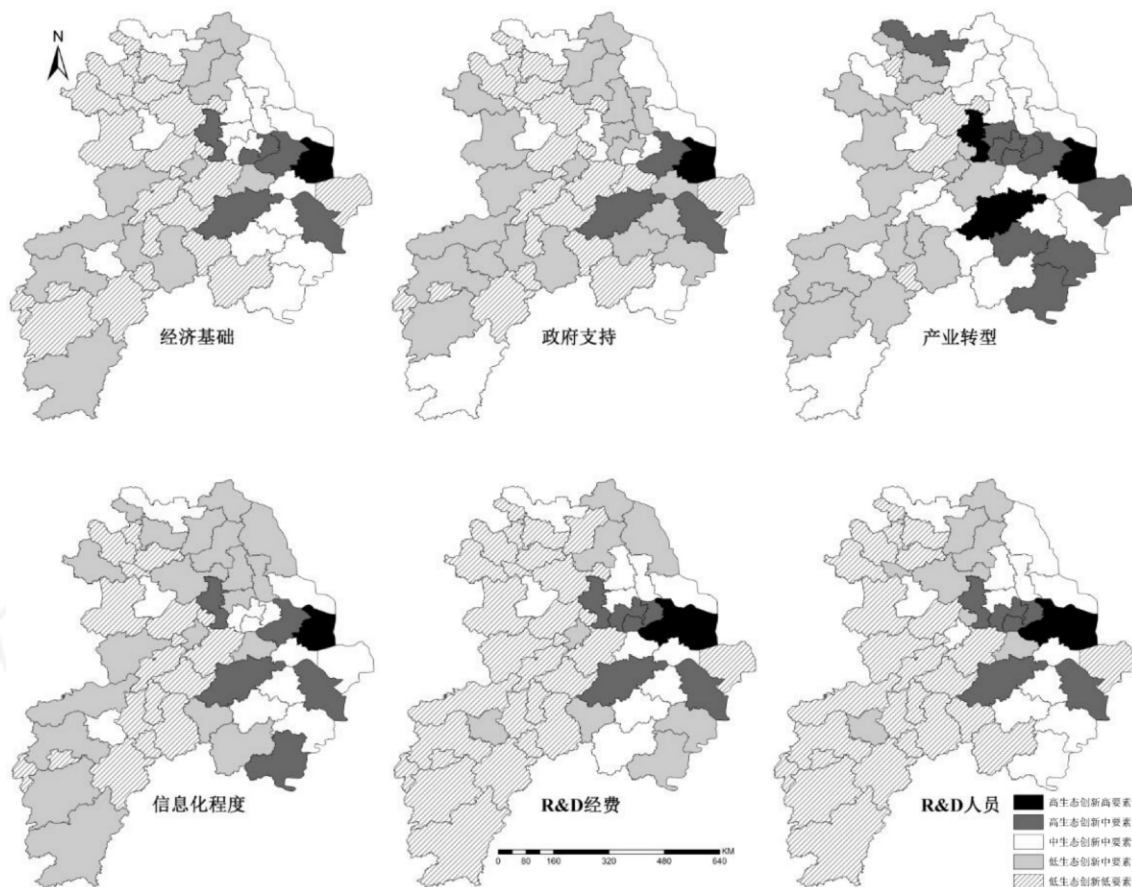


图6 2014年泛长三角生态创新与要素影响空间匹配图

综上,生态创新与各影响要素在空间上匹配格局在某些程度上存在一定的共性,匹配格局越相似的影响要素具有越相近的 $P_{D,BI}$ 值;匹配程度越高的影响要素,其 $P_{D,BI}$ 值越大。从地图上看,泛长三角生态创新与各项要素影响的匹配程度在空间上自西向东呈现出五个梯度,其中上海市位列第一梯度,江浙两省主要中心城市位于第二梯度,江浙两省的边缘城市和皖赣两省的省会城市处于第三梯度,皖赣两省的主要中心城市位于第四梯度,其他剩余城市则位于第五梯度。

四、结论与政策建议

(一) 结论

第一,泛长三角地区各城市的生态创新差异较为明显,在空间上呈现“J”字形态,上海市的生态创新水平相对较高,江苏省次之,浙江省紧随其后,

安徽省位于浙江省和江西省之间。各省会城市的生态创新水平均处于本省的领先位置,从高到低的排序与所在省份的排序一致。除了上海市之外,各城市的生态创新逐年增强且同比差距缩小。泛长三角生态创新的空间分异情况加剧,强势区和次强势区均有所增加。

第二,泛长三角区域生态创新平均值逐年增长,在2008年到2009年期间增长速率最快,呈现倒“L”字的发展态势。生态创新CV系数的变化趋势呈现“L”字形态,在2008年相对较为不均衡,城市间的差异相对较大,但2008年到2009年间的CV系数大幅减小,生态创新快速趋于均衡发展;生态创新平均值与CV系数的变化趋势相反,在图像上近似呈现“镜像”的关系,泛长三角生态创新在2008年到2014年期间实现“又好又快”发展。

第三,泛长三角生态创新的全局空间自相关情

况不断增强,呈现反“Z”字形逐年攀升,并于2013年后在较高水平趋于稳定状态。生态创新的冷热点分布格局较为鲜明,层次较为分明,其G值在空间上呈现“东高西低”的反“L”型,生态创新的局部空间自相关情况逐年加剧。生态创新的热点区稳定集聚在以上海市为中心,以南通市、苏州市、嘉兴市和舟山市为外围的城市群,冷点区主要集中在江皖交界的两省部分城市以及与浙江相邻的江西部分城市。

第四,泛长三角地区有近85%的城市为进步区域,即在2008年、2011年和2014年这3个节点时间内生态创新持续增强,波动区包括苏州市、马鞍山市、巢湖市、六安市、阜阳市、景德镇市和南昌市,这些城市的生态创新发展趋势有所波动,可能处于调整磨合阶段,而上海市的生态创新则处于持续减弱的发展趋势。

第五,经济基础、信息化程度、政府支持、R&D经费、R&D人员和产业转型等影响要素均对泛长三角生态创新的发展产生影响,并且其影响程度各不相同。其中,经济基础的影响力最大,产业转型的影响最弱,信息化程度、政府支持、R&D经费和R&D人员在不同的时间上影响力排位略有浮动,各项要素影响力的差距存在缩小的趋势。泛长三角生态创新与各要素影响的匹配程度在空间上存在明显的分异格局,在空间上大致呈现五个梯度,其中上海市以其相对较高的匹配程度位列第一梯度,江浙两省主要中心城市位于第二梯度,江浙两省的边缘城市和皖赣两省的省会城市处于第三梯度,皖赣两省的主要中心城市位于第四梯度,其他剩余城市则位于第五梯度。

(二) 政策建议

1. 以生态创新为目标,建立区域合作机制。各城市应积极建立以生态创新为目标区域生态创新合作机制,层层传递进步城市群的辐射效应,如上海市积极带动杭州市和南京市等各省会城市,各省会城市再带动省内其他城市的发展。同时,城市之间应加强生态创新发展模式、自然环境管制经验和生态化经济增长点等方面的交流和合作,合理引导并促进生态创新生产要素在泛长三角地区的自由流动,从而推动泛长三角地区甚至中国的生态创新发展。

2. 努力夯实经济基础,加快产业转型进程。各地政府应客观认识到经济基础、产业转型对生态创新具有显著的影响,应当大力发展当地经济,重点

扶持生态友好型的具有循环经济特点的相关产业,改变当前污染较高的经济发展模式,淘汰高污染、高排放、高能耗的“三高”相关产业,鼓励中污染、中排放、中能耗的产业合并重组,优化其生产模式,将对环境的负向外部性内部化,进而实现加快产业转型升级的发展进程,建立全新的现代化产业体系的目标。

3. 促进信息化发展,完善环保相关政策。各市政府应有针对性地为生态创新企业出台信息产品采购优惠政策,适当减免一定税收,促进泛长三角地区信息化程度发展。同时,因地制宜地完善各项环境保护相关政策和法律法规,加大环境规制的强度,强化企业在污染治理和减少“三废”排放方面的责任。强化环境保护理念的宣传力度,加强民众的环保观念,鼓励其积极参与环境保护和污染监督,初步形成人人环保的社会新风气。

4. 培育生态创新园区,增加经费人员投入。应挖掘具有生态创新特征的工业园区或众创空间并加大相关政策的支持力度进行重点培育,增加R&D经费和R&D人员的投入,建立生态创新产业链,使其成为当地新的经济增长点。与当地高校合作,拓展生态创新人才的培养规模,完善人才培养模式,实现产学研一体化。

参考文献:

- [1] 韩洁平,文爱玲,闫晶. 基于DEA模型的我国工业生态创新效率评价研究[J]. 生态经济, 2016(5): 102-105.
- [2] 董颖,石磊. 生态创新的内涵、分类体系与研究进展[J]. 生态经济, 2010(9): 2465-2474.
- [3] 龚常,游达明. 区域产业生态创新系统健康评价研究——以长株潭城市群为例[J]. 经济学家, 2015(6): 41-47.
- [4] 李虹,张希源. 区域生态创新协同度及其影响因素研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2016(6): 43-51.
- [5] 施晓清. 产业生态系统及其资源生态管理理论研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2010(6): 81-86.
- [6] HANSEN E G, Grosse-Dunker F, REICHWALD R. Sustainability innovation cube-A framework to evaluate sustainability-oriented innovations[J]. International Journal of Innovation Management, 2009, 13(4): 683-713.
- [7] TSENG M L, BUI T D. Identifying eco-innovation in industrial symbiosis under linguistic preferences: a novel approach[J]. Journal of cleaner production, 2017, 140(3): 1376-1389.
- [8] Alonso-Almeida M D, ROCAFORT A, BORRAJO F. Shedding light on Eco-Innovation in tourism: a critical analysis[J]. Sustainability, 2016, 8(12): 1262-1274.
- [9] 刘佳,赵金金,于水仙. 中国旅游生态创新效率测度及其影响

- 因素分析[J]. 改革与战略, 2013 (9): 91-96.
- [10] 张雪梅, 陈浩, 杨秀平. 基于 SEM 的工业企业生态创新动力机制研究——来自兰州市的调查数据[J]. 科技管理研究, 2016 (18): 251-256.
- [11] 刘雅君. 东北地区产业集群生态创新研究[J]. 社会科学战线, 2012 (12): 59-63.
- [12] WANG J F, LI X H, CHRISTAKOS G, et al. Geographical detectors-based health risk assessment and its application in the neural tube defects study of the Heshun Region, China [J]. International journal of geographical information science, 2010, 24 (1): 107-127.
- [13] 丛海彬, 邹德玲, 吴福象. 中国社会经济综合发展水平时空格局演化及驱动因素[J]. 经济地理, 2015 (7): 21-50.
- [14] 丁悦, 蔡建明, 任周鹏, 等. 基于地理探测器的国家级经济技术开发区经济增长率空间分异及影响因素[J]. 地理科学进展, 2014 (5): 657-666.
- [15] YANG R, XU Q, LONG H L. Spatial distribution characteristics and optimized reconstruction analysis of China's rural settlements during the process of rapid urbanization [J]. Journal of rural studies, 2016, 47 (B): 413-424.
- [16] 王洋, 方创琳, 王振波. 中国县域城镇化水平的综合评价及类型区分[J]. 地理研究, 2012 (7): 1305-1316.
- [17] 朱喜安, 魏国栋. 熵值法中无量纲化方法优良标准的探讨[J]. 统计与决策, 2015 (2): 12-15.
- [18] 蒋天颖. 我国区域创新差异时空格局演化及其影响因素分析[J]. 经济地理, 2013 (6): 23-29.
- [19] 武红. 中国省域碳减排: 时空格局、演变机理及政策建议——基于空间计量经济学的理论与方法[J]. 管理世界, 2015 (11): 3-10.
- [20] 王雪青, 陈媛, 刘炳胜. 中国区域房地产经济发展水平空间统计分析——全局 Moran's I、Moran 散点图与 LISA 集聚图的组合研究[J]. 数理统计与管理, 2014 (1): 59-71.
- [21] 蒋天颖. 浙江省区域创新产出空间分异特征及成因[J]. 地理研究, 2014 (10): 1825-1836.
- [22] 刘彦随, 杨忍. 中国县域城镇化的空间特征与形成机理[J]. 地理学报, 2012 (8): 1011-1020.
- [23] 邹辉, 段学军. 长江经济带经济—环境协调发展格局及演变[J]. 地理科学, 2016 (9): 1408-1417.
- [24] 蒋天颖. 浙江省创新产出空间分异特征及成因[J]. 地理研究, 2015 (10): 1825-1836.
- [25] 韩先锋, 惠宁, 宋文飞. 信息化能提高中国工业部门技术创新效率吗[J]. 中国工业经济, 2014 (12): 70-82.

On the temporal-spatial pattern evolution and its causes of Eco-innovation in the Pan-Yangtze River Delta region

XU Weixiang, YANG Lei, YANG Peizhou, HUANG Mingjun, LIU Chengjun
(College of Economic and Management, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310023, China)

Abstract: By using the methods of coefficient of variation, exploratory spatial data analysis and geographical detector, this study analyzes the temporal-spatial pattern evolution and its causes of the Eco-innovation in the Pan-Yangtze River Delta region. The result shows that from 2008 to 2014, the Eco-innovation in this region has been improving and the disparity among regions not only has been reduced but also trends to be stable. The development of Yangtze River Delta region is faster than other regions. The agglomeration degree of Eco-innovation presents a shape of mirrored “Z” with a fluctuated upward trend. The hot spots areas are concentrated stably on the urban agglomeration which contains Shanghai and its surrounding cities, while the cold spots areas are concentrated in some inter provincial cities between Jiang-Wan provinces. And about 85% of cities' Eco-innovation continues increasing while the Eco-innovation of the Pan-Yangtze River Delta region is influenced significantly by economic base, industrial transformation, government supports, informationization degree, R&D expenditure and R&D personnel.

Keywords: Eco-innovation; Pan-Yangtze River Delta region; temporal-spatial pattern evolution; causes analysis; geographical detector

(责任编辑: 薛 蓉)