

长三角城市群经济资源环境耦合协调差异研究^{*1}

李芳林张梅

(江苏大学财经学院, 江苏镇江 212013)

【摘要】:长三角城市群区域经济迅速发展的同时,正面临着日益严重的区域性资源浪费和环境污染问题,区域是否协调发展已成为该地区能否形成新增长极的关键因素。文章根据经济—资源—环境系统要求,选取长三角相关指标并结合空间数据分析法探讨空间耦合协调及集聚现象。结果表明:经济发达地区面临资源匮乏和环境污染的考验相对更严峻;长三角核心区整体耦合度不高,绝大部分地区为拮抗型耦合;协调值范围从 0.30 到 0.89,整体差异较大,但失调现象不明显;耦合协调类型空间差异明显,属于拮抗良好协调类型最多;局部空间集聚存在,但是全局空间集聚现象不明显,整体协调联动作用有待强化。

【关键词】:ERE 系统;耦合度;协调发展;空间集聚;长三角城市群

【中图分类号】:F292.5 **【文献标识码】:**A **【文章编号】:**1007-5097(2018)06-0059-07

一、引言

长三角城市群是中国经济最发达、城镇集聚程度最高的地区。它也是中国经济最活跃的地区之一,被视为中国经济发展的重要引擎,在国家现代化建设大局和全方位开放格局中具有举足轻重的战略地位。2014 年长三角核心区 16 个市^①以仅占全国 1.17% 的国土面积,集聚了 8.68% 的人口,贡献了 16.38% 的经济总量。但是,它既是中国经济发达和人口密集的区域,也是资源短缺和环境污染破坏较严重的区域。长三角收获丰硕经济发展成果的同时,也率先体验了传统粗放式发展方式带来的痛楚,资源环境的支撑作用减弱导致了城市群发展受阻,使其一度处于发展的十字路口。如何维持区域的协调发展已成为其迈向世界第一大城市群的关键,长三角必须探索出区域经济发展的新模式。

国外学者对经济资源环境(Economy-Resource-Environment System,简称 ERE)系统的研究起源于 19 世纪末,指标包括联合国发布的人类发展指数^[1]、“压力—状态—响应(DSR)”指标^[2]等。而国内学者对 ERE 耦合协调发展研究始于 20 世纪 70 年代,研究内容上多集中于城市化与生态环境^[3]、人口与资源环境^[4-6]、经济与环境^[7]等。研究方法上多利用系统理论体系建模^[8],如多目标规划法^[9]、灰色关联度^[10]、模糊隶属函数法^[11]、系统动力学模型法^[12]、协整分析和岭回归分析法^[13]等,运用广域和城域数据进行实证分析,揭示 ERE 系统的耦合协调关系,为经济发展、环境改善和资源有效利用提供帮助。有学者指出城市可持续发展研究具有多学科交叉集成创新、以地学方法为平台的特征和发展趋势^[14-16],ERE 系统的耦合协调研究在此趋势下也表现出勃勃生命力。

本文在借鉴 ERE 系统及相关研究成果的基础上,将研究领域从“广域 [5, 17-19] (国家或省区)”和“城域 [4, 20] (城

¹收稿日期:2017-07-30

基金项目:国家自然科学基金项目(71503105; 71471077; 71201071); 国家统计局科研项目(2016LY50); 江苏省教育厅普通高校毕业生科研创新计划项目(CXZZ12_0713)

作者简介:李芳林(1975-),女,安徽旌德人,副教授,研究方向:区域可持续发展评价,环境统计;张梅(1992-),女,安徽合肥人,硕士研究生,研究方向:区域可持续发展评价,环境统计。

市内部)”转向城市群^[9, 21]。一方面经济发展对资源和环境会产生胁迫作用, 另一方面资源和环境承载力下降又反过来约束经济增长, 这种多重作用机制在地域相连、文化相近、经济相融的城市群里更加明显。此外, 国内外研究集中在 ERE 系统各模块相互关系上, 综合研究相对欠缺, 特别是将其纳入空间关联效应进行空间相关分析则更少。因此, 以长三角城市群的 16 个核心地区为研究对象, 纳入空间关联效应探讨 ERE 系统的协调及耦合程度, 有利于政府部门在区域协同战略的政策制定中采取联合行动。

二、研究方法、指标体系及数据处理

(一) 研究方法

1. 耦合度

耦合在物理学中指两个或多个体系通过相互作用而彼此影响的现象。借鉴容量耦合概念及其系数模型, 推广到 ERE 系统的耦合度模型^[17, 21]来测算三大系统的紧密程度, 模型可以表示为:

$$C(x, y, z) = \left\{ \frac{Ec(x)R(y)En(z)}{[Ec(x) + R(y)]^2 + [Ec(x) + En(z)]^2 + [R(y) + En(z)]^2} \right\}^{\frac{1}{3}} \quad (1)$$

其中, 耦合值 $C(x, y, z) \in [0, 1]$, $Ec(x)$, $R(y)$, $En(z)$ 分别为经济、资源、环境的评价得分, $C(x, y, z)$ 越接近于 1, 说明 ERE 系统的耦合度越高; 反之, 紧密度越低。通常认为, $C \in [0, 0.3]$ 为低程度耦合, $C \in [0.3, 0.5]$ 为拮抗型耦合, $C \in [0.5, 0.8]$ 为磨合型耦合, $C \in [0.8, 1]$ 为高程度耦合。

2. 协调度

协调度是描述系统间、系统内部要素间配合程度以衡量其是否协调发展的指标。但仅从协调与否来评判协调发展状态是不科学的, 因多数系统是模糊地介于二者之间。故借用模糊隶属度函数的概念, 用 $[0, 1]$ 上的实数来描述 ERE 系统之间的协调发展关系, 结合前人成果^[19, 21], 采用两种加权平均法作为 ERE 系统的协调值。

(1) 两系统协调度。一个系统对另一个系统的协调系数为:

$$H(i/j) = \exp \left[-\frac{(X_i - X_{ij}^*)^2}{S^2} \right] \quad (2)$$

计算出六列协调系数后, 可以得到两个系统间的协调系数为:

$$H(i, j) = \frac{\min \{H(i/j), H(j/i)\}}{\max \{H(i/j), H(j/i)\}} \quad (3)$$

计算出三列两系统协调系数后，加权求得三系统的协调度：

$$H_1(x, y, z) = Q_{EcR} H(x, y) + Q_{EcEn} H(x, z) + Q_{REn} H(y, z) \quad (4)$$

其中，i, j, k 表示三个系统； X_i 表示第 i 子系统的综合发展水平的实际值，即熵值法得到的综合评价结果； X_{ij}^* 为第 j 系统要求的第 i 子系统的协调值；S 为 X_i 的标准差； $H(i/j)$ 为第 i 系统对第 j 系统的协调系数； $H(i, j)$ 为 i、j 系统的协调系数； Q_{ij} 为 i 与 j 两系统协调度的权重；这里默认 $Q_{EcR} = Q_{EcEn} = Q_{REn} = 1/3$ 。

(2) 三系统间回归模型。将经济—资源—环境中的某个系统作为因变量，其余系统作为自变量，建立系统间的协调发展回归模型，即可得到实际值的与拟合值系统之间的接近程度。

即一个系统对另两个系统的协调系数为：

$$H(i/jk) = \exp \left[-\frac{(X_i - X_{ijk}^*)^2}{S^2} \right] \quad (5)$$

计算出三列协调系数后，可以得到三系统间的协调系数为：

$$H_2(x, y, z) = \frac{\min \{H(x/yz), H(y/xz), H(z/xy)\}}{\max \{H(x/yz), H(y/xz), H(z/xy)\}} \quad (6)$$

其中， $H(i/jk)$ 为第 i 系统对第 j 和 k 系统的协调系数； X_{ijk}^* 为第 j 和 k 系统要求的第 i 子系统的协调值，即第 j 和 k 系统出发拟合的预测值。这里的回归形式包括两自变量、自变量交叉项和各自变量的平方项，并结合后退回归法得到。

(3) 三系统的协调性。计算公式如下：

$$H(x, y, z) = Q_1 H_1(x, y, z) + Q_2 H_2(x, y, z) \quad (7)$$

默认两种方式加权平均的权重一样。耦合值 $H(x, y, z) \in [0, 1]$ ， $H(x, y, z)$ 越接近于 1，说明 ERE 系统的协调程度越高。通常认为， $H \in [0, 0.2]$ 为严重失调， $H \in [0.2, 0.4]$ 为轻度失调， $H \in [0.4, 0.5]$ 为濒临失调， $H \in [0.5, 0.6]$ 为勉强协调， $H \in [0.6, 0.8]$ 为良好协调， $H \in [0.8, 1]$ 为优质协调。

3. 耦合协调度

最终的耦合协调度公式可以表示如下：

$$CDH = \sqrt{CH} \quad (8)$$

其中，C 表示耦合度，H 表示协调度，CDH 表示耦合协调度。

(二) 指标体系

根据指标的科学性与全面性、数据的可获得性与稳定性构建长三角核心区 ERE 系统评价指标体系，共选取 3 个目标层、8 个准则层和 34 个指标层的指标，见表 1 所列。数据来源 2015 年《中国城市统计年鉴》《中国区域经济年鉴》《中国能源统计年鉴》，各地方统计年鉴及统计资料。采用全国年鉴为主，地区年鉴和公报为补充的方式搜集数据。

表 1 经济资源环境耦合协调评价的指标体系及权重

目标层	准则层	指标层	权重	说明
经济	经济总况	人均 GDP(元/人)	0.071	地区 GDP/地区常住人口
		固定资产投资(亿元)	—	—
		社会消费品零售额(亿元)	—	—
		进出口总额(亿元)	—	—
		流通因子 Δ	0.207	固定资产投资、社会消费品零售额、进出口总额合并
		投资因子 Δ	0.085	
	经济效益	城镇居民人均可支配收入(元)	0.069	—
		职工平均工资(元)	0.140	—
		全员社会劳动生产率(元/人)	0.116	地区 GDP/全社会从业人员数
		粮食公顷产量(公斤)	0.050	粮食产量/粮食播种面积
	经济结构	第二产业占比(%)	—	—
		第三产业占比(%)	—	—
		城镇人口比重(%)	—	城镇人口数/总人口数
		产业结构因子 Δ	0.104	第二产业占比、第三产业占比、城镇人口比重合并
		城市化因子 Δ	0.112	

		城乡可支配收入比(%)	0.047	城镇居民人均可支配收入/ 农村居民人均纯收入
资源	资源 条件	人口密度(人/km ²)	0.035	人口密度(人/km ²)
		人均耕地面积(hm ² /万人)	0.305	—
		人均耕地面积(hm ² /万人)	0.097	人均耕地面积(hm ² /万人)
		城镇人均住房建筑面积 (km ² /万人)	0.131	城镇居民的住房情况
		人均城市建设用地面(km ² /万人)	0.096	—
		人均公园绿地面积(hm ² /人)	0.077	—
	资源 使用	万元 GDP 电耗(kW·h)	—	地区总用电/GDP
		万元工业增加值电耗(kW·h)	—	工业用电/工业增加值
		综合万元电耗△	0.060	万元 GDP 电耗与 万元工业增加值电耗合并
		市辖区万元 GDP 水耗(t)	0.121	市辖区用水/市辖区生产总值
		规模以上工业增加值能源消耗量(t)	0.078	转化成标准煤的消耗量
环境	环境 污染	农业化肥使用强度(kg/万元)	0.052	农业化肥使用量/农业增加值
		工业废水排放强度(t/万元)	0.072	工业废水排放量/工业增加值
		工业固废排放强度(kg/万元)	0.063	工业固废排放量/工业增加值
		工业二氧化硫排放强度(kg/万元)	0.072	工业 SO ₂ 排放量/工业增加值
		工业烟尘排放强度(kg/万元)	0.041	工业烟尘排放量/工业增加值
		规模以上工业碳排放强度(t/万元)	0.057	CO ₂ 排放量/规模以上工业增加值
	环境 质量	空气优良天数占比(%)	0.089	—
		建成区绿化覆盖率(%)	0.109	—
	环境 治理	污水处理厂集中处理率(%)	0.091	—
		城市工业固体废物综合利用率(%)	0.121	—
		工业污染源治理投资占 GDP 比重(%)	0.12	工业污染源治理投资/ GDP

		当年完成验收的环保投资占 GDP 比重 (%)	0.113	当年完成验收的环保投资/GDP
--	--	-------------------------	-------	-----------------

注：标注“△”的为删减合并的指标。

(三) 数据处理

1. 规模以上工业碳排放量的测算

二氧化碳排放量是根据 IPCC 碳排放指南提出的以能源消费分类为标志的因素分解方法，即根据各种能源消费产生的二氧化碳估算量加总得到。共选用七类消耗量大的能源，包括原煤、焦炭、汽油、煤油、柴油、燃料油和液化石油气。

第 k 种能源的二氧化碳排放系数：

$$\text{COEF}_k = \text{NCK}_k \cdot \text{UCV}_k \cdot \text{COF}_k \cdot 44/12 \quad (11)$$

总二氧化碳排放量：

$$\text{COE} = \sum E_k \cdot \text{COEF}_k \quad (12)$$

其中， NCK_k 为第 k 种能源的平均低位发热量， UCV_k 为第 k 种能源的单位热值含碳量， COF_k 为第 k 种能源的碳氧化率， COEF_k 为第 k 种能源的二氧化碳排放系数， E_k 为第 k 种能源的消耗量， COE_k 为能源的总二氧化碳排放，44 和 12 为 CO_2 及 C 的分子量。

2. 指标、数据预处理

首先，需数据标准化以消除量纲量级影响，通过采用直线型无量纲化方法进行同度量处理，即将数据压缩到 $[0, 1]$ 区间的极差标准化法。再通过相关系数与主成分分析对数据进行指标的删减与合并，最后保留了 31 个指标。最后结合熵值法概念计算出三系统各个指标的权重，权重如表 1 所列。

其中，主成分分析删选指标结果如下：第一组指标(固定资产投资、社会消费品零售额、进出口总额)主成分分析后因子旋转提取 2 个因子，命名为流通因子、投资因子。第二组指标(第二产业占 GDP 的比重、第三产业占 GDP 比重、城镇人口比重)旋转后命名为产业结构因子、城市化因子。第三组指标(万元工业增加值电耗、万元 GDP 电耗)主成分分析提取 1 个因子，命名为综合万元电耗。

三、三系统耦合协调模型结果分析

(一) ERE 三个系统得分结果

上海属于欠资源但经济、环境优越型的地区，江苏的资源普遍比浙江丰富，浙江的环境质量相对较高。经济较发达的地区是上海、南京、无锡、苏州、杭州、宁波，得分均在 0.5 环以上。资源较丰富的地区是南通、扬州、镇江和泰州；资源极度缺乏排名前三的是南京、上海、嘉兴。环境较好的地区是上海、台州、舟山、绍兴、湖州、嘉兴、南通，得分均在 0.5 环以上；省会城市南京和杭州的环境状况则不容乐观，如图 1 所示。

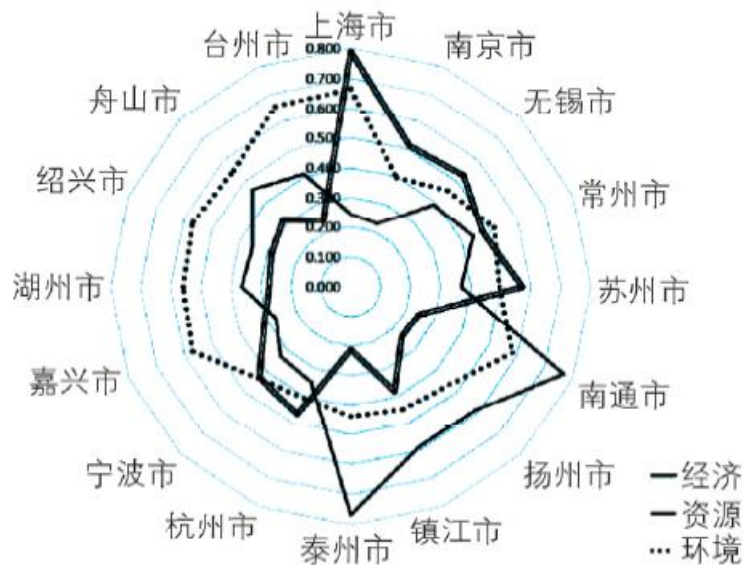


图 1 三系统雷达图

对长三角核心区的经济资源环境三个系统的得分可以划分为 4 个区域，如图 2 所示。第一类，属于经济和环境极好，但是资源极度短缺的地区：上海。第二类，经济发展较好，对应的资源和环境得分比较低，图 2 左下方方框里的地区：南京、杭州、宁波、无锡、苏州、常州。第三类，经济发展不佳，但是环境较高，资源较差的地区，包括：嘉兴、绍兴、湖州、舟山、台州（即除去第二类剩下的浙江省的部分地区）。第四类，经济发展不佳，但是资源丰富，环境较差的地区，包括镇江、扬州、泰州和南通（即除去第二类剩下的江苏省的部分地区）。多种聚类结果综合考虑后划分为四类最佳，符合图 2 的分类，上海是拮据抗濒临失调型，第二和三类属于拮据抗良好协调型，第四类（江苏的部分经济不发达市）属于拮据抗勉强协调型。这说明第四类和其他地区的差距比较大，即江苏省的除去第二类的其余地区与江浙大部分地区经济—资源—环境系统存在较大的差异。

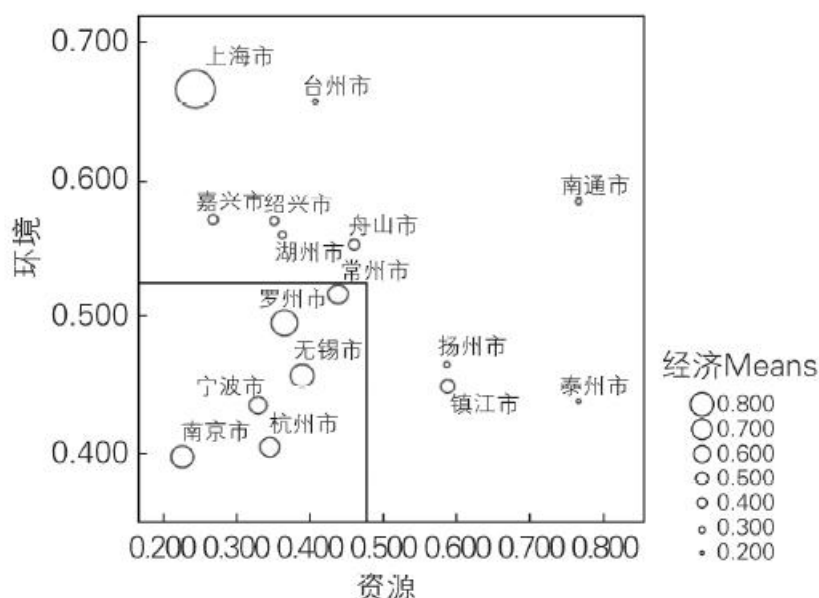
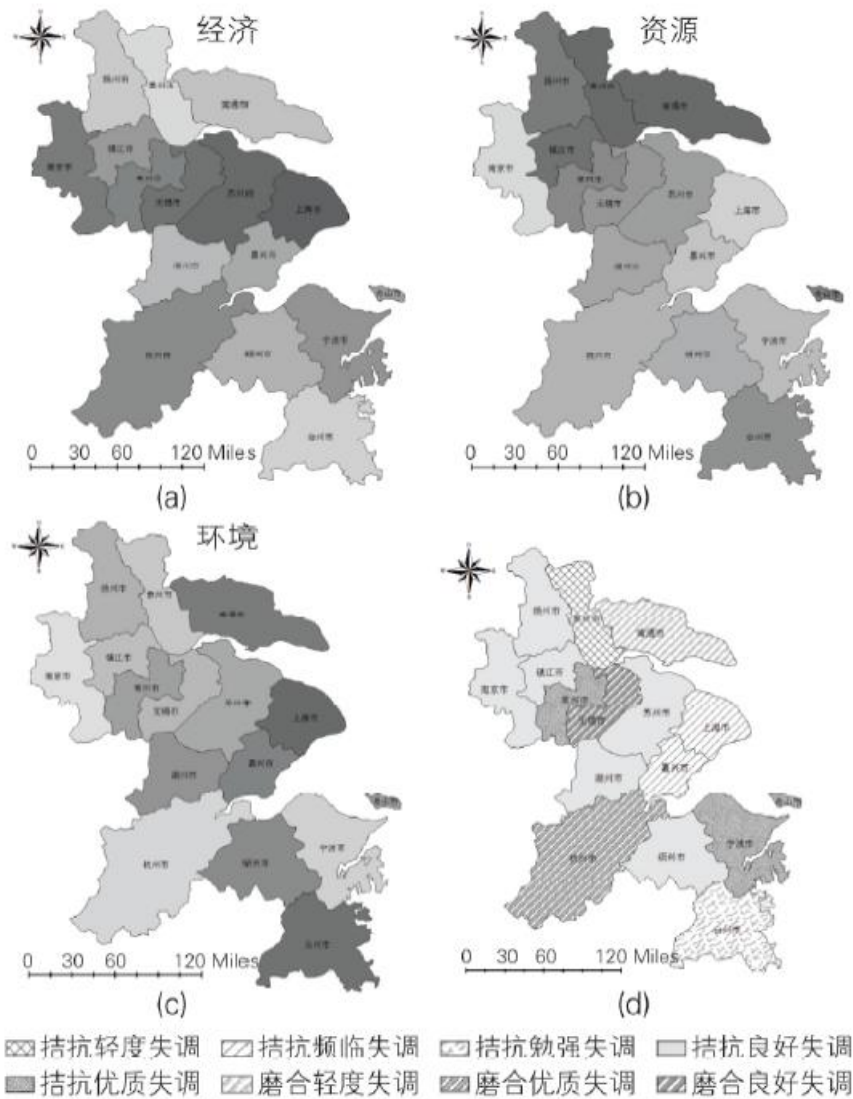


图 2 三系统气泡图

在空间地图上可以看出:经济系统(图 3a)中,南京、常州、无锡、苏州、上海一条线上发展最好,呈现“东西线”性趋势;另外杭州和宁波也相对周边地区较为发达。资源系统(图 3b)中,南北差距明显,省会城市资源短缺现象严重,究其原因一方面三个省会城市人口密集导致人均资源量偏低,即资源条件状况不佳,另一方面资源使用模块,南京在 16 个市中倒数第二,节能减耗任务任重道远,而杭州和上海都仅属于中等水平(排名 7 和 11)。环境系统(图 3c)中,沿海的南通、上海、嘉兴、绍兴、台州较好,呈现“S 型”趋势;上海的环境污染物排放强度明显低于其他地区,嘉兴虽然污染物排放强度最高,但环境质量和治理均较佳,整体环境较好;污水及工业固废的处理、两类投资占 GDP 比重来看,嘉兴、绍兴、南通和上海的环境治理力度较强。



(二) 区域耦合协调类型综合判别

第一,长三角核心地区整体耦合度不高,耦合值都在 $[0.30, 0.60]$ 之间;耦合的四种类型中仅出现磨合型和拮抗型两种,其中相对耦合程度较高的磨合型只有 3 个地区,分别为杭州、无锡、南通,可见其余地区 ERE 三大系统间相互作用彼此影响的紧密程度相对薄弱。

第二,但从协调角度来看,结果比较乐观。虽然协调值范围从 0.30 到 0.89,整体协调差异较大,各地区经济、资源和环境三要素之间配合程度存在明显差异,但是未出现严重失调的类型;包括轻度失调和濒临失调类型在内的失调地区总计只有 4 个地区,按照失调严重程度依次加重为:嘉兴、上海、南通、泰州;而且还可以得出结论,存在一个以常州和无锡为主的优良协调中心。

第三,依据耦合协调类型可划分为八类(图 3d),属于拮抗良好协调类型最多,其中拮抗型耦合分为 5 种协调类型,磨合型耦合分为 3 种,整体而言空间差异较明显。具体包括:拮抗轻度失调型,包括泰州,处于弱耦合和低协调态势,属于综合中的最差等级。拮抗濒临失调型,包括上海、嘉兴 2 个地区,耦合程度低,但协调度处于较低水平。拮抗勉强协调型,包括台州,耦合程度低,但协调度处于中等偏低水平。拮抗良好协调型,包括扬州、南京、镇江、苏州、湖州、绍兴的 6 个地区,耦合程度低,但是协调程度中等偏上水平。拮抗优质协调型,包括常州、宁波、舟山的 3 个地区,属于拮抗类型里面协调程度最高的等级。磨合轻度失调型,包括南通,耦合程度处于中等水平,是目前出现的耦合协调类型中的最差等级。磨合良好协调型,包括杭州。磨合优质协调型,包括无锡,处于中等耦合和极高协调态,属于综合中最好的等级类型。

四、空间关联性分析

(一)ERE 三个子系统空间关联性

1. 经济子系统

由 LISA 集聚地图和 Moran 指数可以得到:基于 0~1 的车式邻接权重下认为无锡、杭州呈现显著的高低集聚,嘉兴为低高集聚。全局莫兰指数为-0.130,负相关度不高,而且基于 GeoDa 中的蒙特卡罗模拟来验证,证明没有空间相关性。基于距离的 4 级最近邻居空间权重下认为常州为高高集聚类型,南通为低高集聚,宁波为高低集聚,并且也不存在全局空间相关性。探讨下原因可以发现,经济普遍在南京、常州、无锡、苏州、上海一条线上发展最好,不管是正值全局集聚还是负值全局集聚,出现与全部的周边空间邻接或邻近下经济指标都相似或相异的概率较小,换句话说若研究区域改为全国所有的地级市时,或许会发现整个长三角经济是呈现正值集聚的。故在这里综合认为经济仅存在局部空间相关性。

2. 资源子系统

由 LISA 图和 Moran 指数可见:基于 0~1 的“车式邻接”权重认为无锡是低高集聚,嘉兴是低低集聚,全局莫兰指数为-0.048,可以认为不邻接相关。基于距离的 4 级最近邻居空间权重认为泰州是高高集聚,苏州是低低集聚,舟山是高低集聚。局部的 Moran 散点图 4a 显示空间正相关在第一、三象限,全局 Moran 指数为 0.189,认为这些区域具有空间弱正相关性。采用蒙特卡罗模拟来检验,在置信水平度 95.8%下认为空间正相关是显著的。结合 4a 和 4b,位于第三象限的点集中在图 4b 的下方,说明在 4 级最近邻居权重下资源较弱的集聚在一起,再次验证了图 3b 分析中南北差距的存在,同时可以发现这种集聚仅存在邻近相关但不邻接相关。综合认为资源既存在局部空间相关性,也存在 4 级最近邻居权重下的全局空间正相关性。

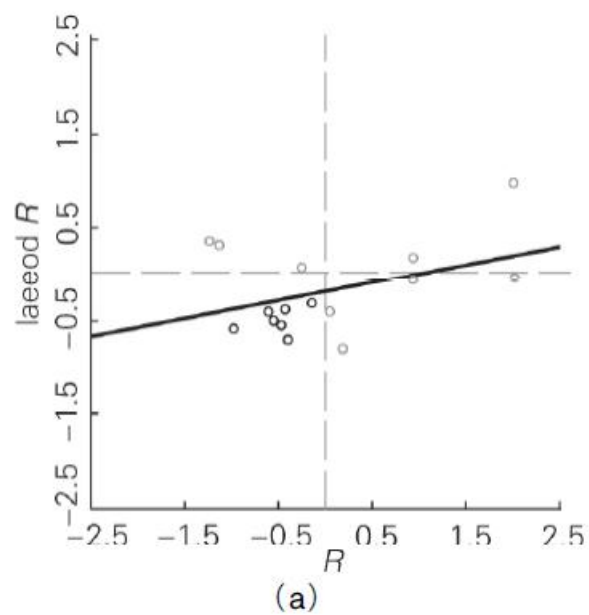


图4 资源子系统4级最近邻居空间权重下
Moran 指数及检验

3. 环境子系统

基于0~1的车式邻接权重下认为扬州是低低集聚，苏州是低高集聚，常州是高低集聚，全局莫兰指数为0.054，不存在空间相关性。基于距离的4的最近邻居空间权重下认为嘉兴是高高集聚，宁波是低高集聚，扬州是低低集聚。全局莫兰指数为0.0534，不存在空间相关性。综合认为环境仅存在局部空间相关性。

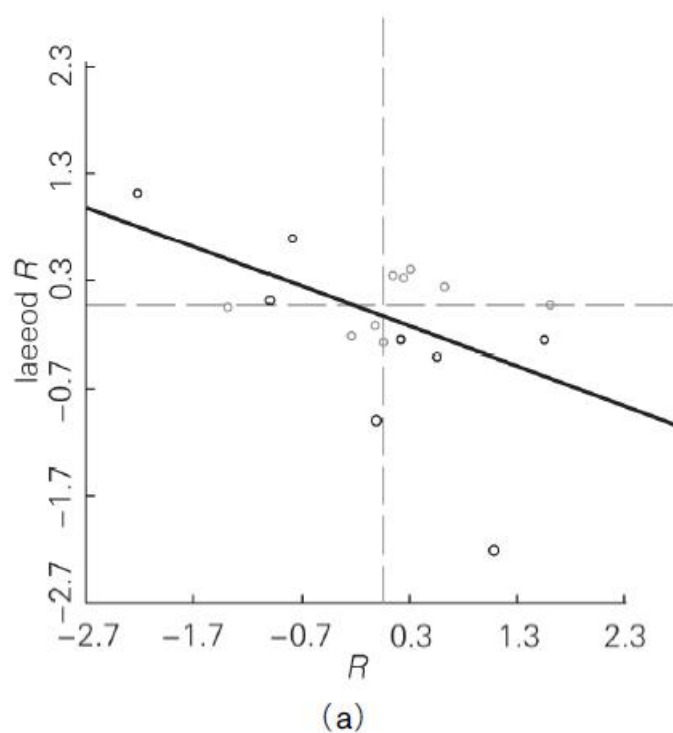
(二)区域耦合协调空间关联性

1. 耦合度与协调度分指标

由 LISA 集聚地图和 Moran 指数可以得到:耦合度不存在局部和全局的空间相关性。对于协调度:基于 0~1 的车式邻接权重下认为无锡属于高低集聚,全局莫兰指数为 0.256,正空间相关性。基于蒙特卡罗模拟来检验的 Moran' s I 得到的显著性水平为 0.244,证明虽有正空间相关性但是不显著。基于距离的 4 级最近邻居空间权重下认为南京、镇江属于高高集聚,台州属于低高集聚,不存在全局空间相关性。

2. 耦合协调度

基于 0~1 的车式邻接权重下认为南京属于低高集聚,无锡属于高低集聚。局部的 Moran 散点(图 5a)中所有点斜线为-0.367,存在区域空间负相关,蒙特卡罗模拟认为空间负相关在 94.6%的概率上是成立的。





部分局部空间关联性，并且资源综合指标存在基于距离的4级最近邻居权重下的全局空间正相关性，耦合协调度存在邻近0~1的车式邻接权重下的全局空间负相关性。虽然三系统局部集聚都存在，但只有资源存在全局集聚，整体协调联动不强。

综上所述，本文提出以下政策建议：一方面，结合地学的ERE系统耦合协调分析发现长三角城市群各个地区耦合协调差异明显，在符合总目标要求下的环境政策切不可搞“一刀切”，结合各市实情的区域协调发展战略仍是日后发展的重点。经济越发达地区越要关注资源和环境的保护，譬如上海应当探索“市场化+行政”手段有机结合得更合理的人口调控措施，避免城市资源被无效占用；南京要积极寻找环境污染源，严把环境质量，加强各项环保措施的执行力度，把资源消耗型环境污染型的一般加工业向高技术密集加工业转移，设定更高更严的节能减排目标。另一方面，空间关联性分析中，全局集聚现象不明显，核心区的整体协调联动作用有待强化，区域融合发展有待继续。以上海为龙头的空间发展格局应考虑到江浙地区相邻的地域空间，其规划应涉及周边各个方面，同时在机遇来临时，江浙等地区需要积极地把已建立的各种协作平台充分发挥作用，特别是苏北、浙西南等地应加快与发达地区的互动以寻求发展契机。因此，这需要立足于做好长三角城市群经济、资源与环境的协调工作，只有这样才能充分发挥长三角城市群在中国区域经济T型结构的优势，辐射影响至沿海沿江乃至整个中国的经济发展。

注释：

① 长三角核心区的16个市包括上海、南京、无锡、常州、苏州、南通、扬州、镇江、泰州、杭州、宁波、嘉兴、湖州、绍兴、舟山、台州。

参考文献：

- [1] KAPUR D. The Common Pool Dilemma of Global Public Goods: Lessons from the World Bank's Net Income and Reserves [J]. World Development, 2002, 30(3): 337-354.
- [2] UNCSO. Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies [R]. United Nations, 2007.
- [3] 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): 212-220.
- [4] 杜忠潮, 黄波. 关中一天水经济区城市群人口经济与资源环境发展耦合协调性分析 [J]. 干旱地理, 2015, 38(1): 135-147.
- [5] 吴文恒, 牛叔文. 甘肃省人口与资源环境耦合的演进分析 [J]. 中国人口科学, 2006(2): 81-86.
- [6] 李芳林, 臧凤新, 赵喜仓. 江苏省环境与人口、经济的协调发展分析——基于环境安全视角 [J]. 长江流域资源与环境, 2013, 22(7): 832-837.
- [7] 方杏村, 陈浩. 经济增长和环境污染的动态关系及其区域差异——基于资源枯竭型城市面板数据的实证分析 [J]. 生态经济, 2015, 31(6): 49-52.
- [8] WU J, WU T. Sustainability Indicators and Indicators Handbook of sustainable management [M]. London: Imperial College Press, 2011: 65-86.
- [9] 张可, 汪东芳. 经济集聚与环境污染的交互影响及空间溢出 [J]. 中国工业经济, 2014(6): 70-82.

-
- [10] 杜湘红. 水资源环境与社会经济系统耦合建模和仿真测度——基于洞庭湖流域的研究 [J]. 经济地理, 2014, 34(8) : 151 -155.
- [11] 盖美, 周荔. 基于可变模糊识别的辽宁海洋经济与资源环境协调发展研究 [J]. 资源科学, 2011, 33 (2) : 356-363.
- [12] 刘承良, 颜琪, 罗静. 武汉城市圈经济资源环境耦合的系统动力学模拟 [J]. 地理研究, 2013, 32(5) : 857 -869.
- [13] JALIN A, FERIDUN M. The Impact of Growth, Energy and Financial Development on the Environment in China: A Cointegration Aanalysis [J]. Energy Economics, 2011, 33 (2) :284 -291.
- [14] 姜文仙, 覃成林. 区域协调发展研究的进展与方向 [J]. 经济与管理, 2009(10) : 90 -95.
- [15] 茶娜, 邬建国, 于润冰. 可持续发展研究的学科动向 [J]. 生态学报, 2013, 33(9) : 2637 -2644.
- [16] 杨振山, 丁悦, 李娟. 城市可持续发展研究的国际动态评述 [J]. 经济地理, 2016, 36(5) : 9 -18.
- [17] 路正南, 杨雪莲. 我国资源环境与经济增长时空耦合区域差异研究 [J]. 统计与决策, 2016(21) : 113 -117.
- [18] 陈静, 陈加兵. 福建省经济—资源—环境系统协调发展的分析研究 [J]. 环境科学与管理, 2016, 41 (1) : 157-161.
- [19] 江永红. 安徽省资源、环境与经济协调发展综合评价 [J]. 农业技术经济, 2012(9) : 94 -102.
- [20] 钟世坚. 区域资源环境与经济协调发展研究——以珠海为例 [D]. 长春: 吉林大学, 2013.
- [21] 刘承良, 段德忠, 余瑞林, 等. 武汉城市圈社会经济与资源环境系统耦合作用的时空结构 [J]. 中国人口·资源与环境, 2014, 24(5) : 145 -152.