

江苏省县域生态经济系统协调度的空间分异及影响因素

李智^{1,2}, 张小林^{1,2}

(1. 南京师范大学地理科学学院, 南京 210023; 2. 江苏省地理信息资源开发与利用协同创新中心, 南京 210023)

摘要:生态环境和经济社会的协调发展是实现区域可持续发展的必由之路。选取生态环境指标与生态服务指标来评价县域生态系统,选取经济指标和社会指标来评价县域经济系统,并利用模糊数学方法建立生态—经济系统协调度评价模型,揭示了江苏省县域生态—经济系统协调度的空间分异特征及影响因素。结果表明:(1)生态系统呈现出显著的空间集聚特征,高值区集聚分布在江苏省中部地区以及苏南山丘和环太湖地区,低值区集聚分布在苏北东部地区和沿江地区;(2)经济系统仍旧延续着传统的南北梯度分布格局,但呈现出一种以环太湖地区为经济中心的同心环空间分布特征;(3)生态—经济系统协调度高值区主要位于苏北北部、东部沿海以及苏南山丘等地,低值区集聚分布在环太湖地区以及沿江地带;(4)城镇化率、工业化率、土地开发强度、区位优势度等因素的影响在强度和影响方向上显著不同。研究结果可为优化主体功能布局、完善空间管制政策以及推进生态文明建设提供科学参考。

关键词:生态经济系统协调度;空间分异;影响因素;江苏省

中图分类号:F323.2

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2017)06-0209-07

Spatial Differentiation and Influencing Factors of Eco-Economic Harmony at County Level in Jiangsu Province

LI Zhi^{1,2}, ZHANG Xiaolin^{1,2}

(1. College of Geography Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210023, China; 2. Jiangsu Center for Collaborative Innovation in Geographical Information Resource Development and Application, Nanjing 210023, China)

Abstract: With the rapid development of economy, protection of ecology and environment has become the world consensus nowadays. The harmony between ecological benefits and economic benefits has become an important foundation for regional sustainable development. In this paper, ecological environment and ecosystem services had been taken into account together for the first time, which could help to get more accurate evaluation on ecosystem at county scale. The economic system was evaluated by economic and social indicators. With respect to both the studies of coordinated development of eco-economic system and Jiangsu's actual situations, evaluation indicators had been chosen and the model of eco-economic harmony had been established. We studied the characters of spatial differentiation of eco-economic harmony degrees in 2010, and analyzed the influencing factors subsequently. Several conclusions were as follows. (1) Ecosystem had the significant features of spatial agglomeration, and the spatial agglomeration degrees were high in the middle part of Jiangsu, and in the surrounding Taihu Lake and in the mountain areas of the south of Jiangsu, low in both the northeastern part of northern Jiangsu and counties along the Yangtze river. (2) Economic system had the typical features of gradient distribution, and developed counties were predominately located in the southern part, and relative backward counties were distributed in the northern part of Jiangsu. Except for that, there appeared a kind of concentric circles structure whose center was the Taihu Lake region within the scope of the Jiangsu Province, and the level of economic development decreased with the increasing distance from the center. (3) The eco-economic harmony (EEH) had the obvious features of spatial heterogeneity, and the EEH degrees were high in the northern part of Jiangsu, at coastal areas, and surrounding the mountain areas of south Jiangsu, low in the areas around Taihu Lake. (4) The analysis of influencing factors indi-

cated that urbanization, industrialization, land development intensity and the road density were the important influencing factors for the differentiation of the eco-economic system, but their effects were of different directions and intensities for the spatial differentiation of the eco-economic harmony. (5) These results can provide a scientific reference for optimizing the regional development pattern, promoting the construction of ecological civilization, and improving policy measures of spatial development control.

Keywords:eco-economic harmony; spatial differentiation; influencing factors; Jiangsu

随着城镇化的快速发展,生态系统和经济系统的协调发展成为区域可持续发展的重要前提。选择经济发达的江苏省为例,对县域生态—经济系统协调发展进行评价研究,对于揭示区域生态经济发展格局、优化主体功能布局以及完善空间管制政策等具有重要意义。生态—经济系统协调发展是地理学研究的重要课题,研究内容主要包括评价标准研究、协调度评价、耦合关系研究、生态补偿研究、时空格局及影响因素研究等^[1-11],研究方法主要包括“3S”方法、系统学分析、数学建模和回归分析等^[12-14]。其中,生态—经济系统协调度的定量评价是研究重点,并受研究尺度的影响。目前在中大尺度研究中,我国学者大多以县域为评价单元,从土地利用/覆被变化的角度出发,通过生态系统服务价值的货币化估算来评价生态系统^[3,7-8,15-16],但该方法通常假定城镇建设用地的生态服务价值系数为 0,而城镇地区具有较强的负向生态服务功能,且建设用地比重较高^[17],从而影响了评价结果的客观性。还有一些学者选择生态环境指标来评价城市生态系统^[2,5,14],但缺少乡村地区的相关统计数据,而我国乡村地域辽阔、地域差异显著,该方法并不适用于中大尺度的区域研究。此外,在县域经济系统评价中,主要包括经济指标和社会发展指标。

因此,本研究同时选取生态服务指标与生态环境指标来评价县域生态系统,选取经济指标和社会指标来评价县域经济系统,并利用模糊数学方法建立生态—经济系统协调度评价模型,对江苏省县域生态—经济系统协调度及其空间分异特征进行研究,并探讨其影响因素,以期为促进区域生态经济协调和可持续发展提供科学参考。

1 数据与方法

1.1 数据来源

本研究使用的土地数据来自江苏省国土资源厅提供的 2010 年土地利用年度变更调查数据,人口数据来自国家统计局发布的《中国 2010 年人口普查分县资料》。江苏省各县市社会经济统计数据来源于江苏省统计局编制、中国统计出版社出版的《江苏统计年鉴 2011》,空气质量数据来自江苏省环保厅提供的

资料,其他数据来自江苏省住房和城乡建设厅编制的《江苏省 2010 年度城乡建设统计年报》。本研究以 2010 年江苏省行政区划为基准,以县、县级市和设区市为研究对象,共包括 63 个研究单元。

1.2 协调度评价方法

本研究通过构建生态—经济系统协调度模型,来评价县域生态—经济系统协调发展状况。(1) 生态系统反映县域生态环境和生态服务发展状况。结合江苏实情,选择绿地覆盖率、人均公园绿地面积、污水处理率等 7 个指标^[1-3,18-19],评价县域生态环境;参考 Costanza 和谢高地等人^[20-23]研究成果,明确土地利用类型及其对应的单位生态服务价值系数(表 1),通过计算生态系统服务价值来评价县域生态服务状况。(2) 经济系统表示县域经济社会的发展水平,经济系统评价方法比较成熟、评价指标差异不大^[1-3,24],本研究选择人均 GDP、城镇居民人均可支配收入、农村居民人均纯收入等 7 个评价指标。

表 1 单位面积生态系统服务价值系数

生态系统分类		单位面积
一级分类	二级分类	价值系数
农田	旱地	2.74
	水田	5.07
	水浇地	3.91
林地	园地	18.02
	林地	18.57
草地	草地	11.30
湿地	湿地	48.42
水域	水域	116.29
荒漠	其他土地	0.62

因此,生态—经济系统协调度的评价指标由两大主评价因素、15 项子评价因素构成(表 2)。由于协调度评价涉及到人均公园绿地面积、污水处理率、人均 GDP 等 15 项指标,而各县域单元之间的指标差异比较明显,各项指标数值之间的差异较大。为科学合理评价县域生态、经济系统发展水平,本研究首先参考极大值标准化法对各项指标进行归一化处理,然后按照熵值法计算各评价指标的权重,最后通过加权求和计算其评价指数。其中,规定生态环境指标和生态服务指标的权重均为 0.5,其他各子指标的权重根据熵值法^[10,25]进行确定。

表 2 生态系统和经济系统评价指标体系

生态系统(ELS)		经济系统(ENS)	
指标	权重	指标	权重
人均生态系统服务价值	0.500	人均 GDP(万元)	0.177
建成区绿地覆盖率(%)	0.062	城镇居民人均可支配收入(元)	0.182
人均公园绿地面积(m ²)	0.170	农村居民人均纯收入(元)	0.173
全年空气质量优良天数比例(%)	0.032	第二产业增加值占 GDP 比重(%)	0.097
人均污水排放量(m ³ /人)	0.089	第三产业增加值占 GDP 比重(%)	0.065
污水处理率(%)	0.080	人均社会消费品零售总额(万元)	0.152
生活垃圾无害化处理率(%)	0.049	每千人拥有卫生机构床位(张)	0.154
工业固体废物综合利用率(%)	0.018	—	—

在此基础上,进一步探索县域生态—经济系统协调度的评价方法。由于生态—经济系统的协调发展受多种因素影响,各因素之间的关系与作用机理具有一定的模糊性。为减少系统复杂性导致的不确定性影响,本研究运用模糊数学的理论方法,在给定数值下对两个系统之间的协调程度进行分析^[13-14,25]。在李雪铭等人^[13-14]研究基础上,结合江苏实情,对协调度函数进行修正,确定计算公式为:

$$EEH(i/j)=\exp(-|F-F'|/Sd) \tag{1}$$

再定义 2 个系统的协调度指数:

$$EEH=\frac{\min[EEH(i/j),EEH(j/i)]}{\max[EEH(i/j),EEH(j/i)]} \tag{2}$$

式中:EEH(*i*/*j*)表示*i*系统相对于*j*系统的状态协调度;*F*表示*j*系统对*i*系统的实际值;*F'*表示*j*系统对*i*系统要求的协调值;*Sd*表示*i*系统的实际标准差,设定当回归系数为 1 时,认定两个系统为完全协调状态,从而确定 *F'* 的值。EEH 表示系统的协调度,EEH 值越大,表明 EEH(*i*/*j*)、EEH(*j*/*i*)越接近,系统间协调发展的程度就越高。根据协调度指数将生态—经济系统协调状态划分为 5 个等级(表 3)。

表 3 生态—经济系统协调度的 5 个等级

协调度	协调状态
0≤EEH≤0.2	高度失调状态
0.2<EEH≤0.4	中度失调状态
0.4<EEH≤0.6	濒临失调状态
0.6<EEH≤0.8	中度协调状态
0.8<EEH≤1	高度协调状态

1.3 ESDA 方法

ESDA 是一种衡量某种地理现象空间效应的空间自相关分析方法,通过空间滞后向量确定每个单元的空间邻域状态,通常用全局统计和局部统计两类指标来衡量。全局 Moran's I 指数用于探测整个研究区的空间关联模式,可反映研究对象的总体空间集聚格局特征,计算公式为:

$$I=\frac{N}{\sum_{i=1}^N\sum_{j=1}^N W_{ij}} \times \frac{\sum_{i=1}^N\sum_{j=1}^N W_{ij}(X_i-\bar{X})(X_j-\bar{X})}{\sum_{i=1}^N(X_i-\bar{X})^2} \tag{3}$$

全局空间自相关不能反映区域内部单元的空间集聚特征,而局部空间自相关可识别不同空间位置上的高值集聚和低值集聚,并揭示其空间异质性^[24]。计算公式为:

$$I'=\frac{n(X_i-\bar{X})\sum_{j=1}^N W_{ij}(X_j-\bar{X})}{\sum_{i=1}^N(X_i-\bar{X})^2} \tag{4}$$

式中:*X_i*为区域*i*的观测值;*W_{ij}*为行标准化的空间权重矩阵;*I'*的取值一般在[-1,1]之间,小于 0 表示负相关,值越小,相关性越高;大于 0 表示正相关,值越大,相关性越高;接近 0 表示观测值独立随机分布,无相关性。此外,局部空间关联模式可划分为 HH,LL,LH 和 HL4 种类型,分别表示高一高值、低—低值、低—高值、高一低值这 4 种空间集聚模式。

2 结果与分析

2.1 生态系统和经济系统呈明显的空间分异特征

根据上述方法,分别计算江苏省县域生态系统和经济系统的评价分值,其空间分布特征见图 1。由图 1 可见,江苏省县域生态发展水平存在明显的区域差异,其空间集聚特征显著。具体而言,生态系统(ELS)得分在 0.25~0.28 之间的县市共 7 个,主要分布在苏北的睢宁县、灌南县、沭阳县等地。ELS 为 0.28~0.35 的县市共 24 个,集聚分布在苏北东北部和苏中南部等地。ELS 为 0.35~0.41 的县市共 15 个,主要分布在沿江地区和苏南山丘地区。ELS 为 0.41~0.56 的县市共 14 个,集中分布在江苏省中部地区和环太湖地区等地。ELS 为 0.56~0.75 的县市包括洪泽县和金湖县,位于洪泽湖地区。其中,洪泽湖地区、东部沿海地区以及苏南山丘地区的生态系统发展水平较高,原因是该地区水域、湿地和林地等生态用地占比较高,生态服务功能较强。而沿江地区和苏北中部等地的生态系统水平较低,前者是因为沿江地区的工业化和城镇化发展水平较高,导致县域生态环境和生态服务水平降低;后者是因为苏北经济实力相对较弱,生态环境保护和建设水平相对较低。

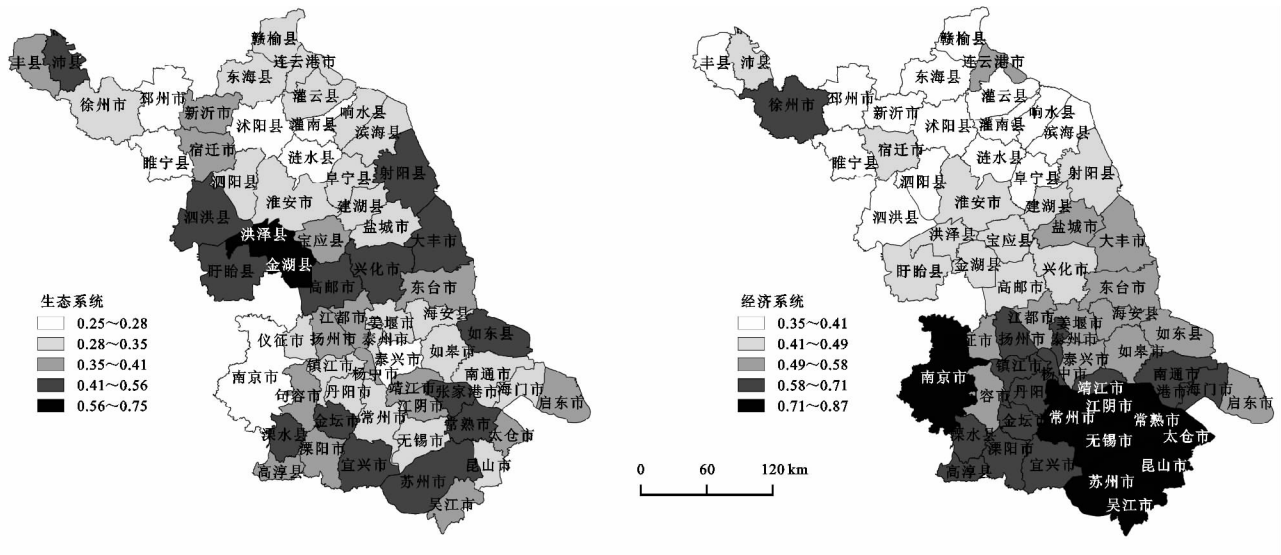


图 1 江苏省县域生态系统和经济系统的空间差异

全省县域经济发展水平呈现明显的南北梯度分布特征,苏南、苏中、苏北区域差异显著。具体而言,经济系统(ENS)得分在 0.35~0.41 的县市共 14 个,集中分布在连云港市、宿迁市等苏北北部地区。ENS 为 0.41~0.49 的县市共有 12 个,主要分布在江苏省中部地区。ENS 为 0.49~0.58 的县市共有 12 个,主要位于苏中地区以及大丰市、东台市等地。ENS 为 0.58~0.71 的县市共有 14 个,主要位于溧水县、溧阳市、金坛市等苏南山地丘陵地区,以及沿江县市等地。ENS 为 0.71~0.87 的县市共有 11 个,集聚分布在苏锡常地区。由图 1 可见,传统的南北区域经济差异依旧存在,但是苏中与苏南的差距逐渐缩小,而苏北北部县市与苏北南部县市的差距逐渐凸显。此外,全省经济发展水平还呈现出一种以太湖地区为中心、同心环分布的格局,即环太湖地区经济水平居于全省前列,随着同心环向外扩展,县域经济发展水平呈逐渐降低的趋势。

2.2 生态—经济系统协调度呈显著的空间集聚特征

根据公式(1,2)计算江苏省县域生态—经济系统协调度,结果显示江苏省北部地区县市的协调度普遍高于南部地区,东部沿海县市的协调度普遍高于中西部地区(图 2)。具体而言,生态—经济系统协调度(EEH)高度失调县市共有 11 个,集聚分布在苏南的环太湖地区;EEH 中度失调县市共有 18 个,主要集中在沿江地区和苏南南部等地;EEH 濒临失调县市共有 13 个,其空间分布整体上比较分散,分别集聚分布在苏北中部、苏中中部以及苏南西南部山丘地区;EEH 中度协调县市共有 13 个,集中分布在苏北东北部和苏北西南部等地;EEH 高度协调县市共有 8 个,集中分布在江苏省东部沿海和苏北西北部等地。

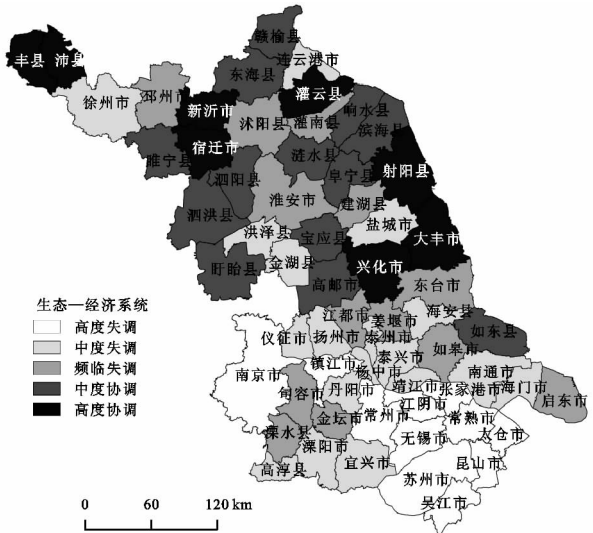


图 2 江苏省县域生态—经济系统协调度的空间差异

为了验证县域生态—经济系统协调度的空间集聚程度,本研究选择 1 阶 queen 邻接规则构建空间权重矩阵,根据公式(3)计算县域生态系统、经济系统、生态—经济系统协调度的全局 Moran's I 值及相关指标(表 4)。

表 4 生态—经济系统的全局 Moran's I

项目	生态系统	经济系统	生态—经济系统协调度
Moran's I	0.419	0.771	0.526
E(I)	-0.016	-0.016	-0.016
Z(I)	5.665	8.270	6.024
显著性水平	0.005	0.010	0.010

由表 4 可见,其 Moran's I 均显著为正,表明县域生态、经济系统发展水平呈显著的空间集聚特征,即高值区与高值区聚集、低值区与低值区聚集。经济系统 Moran's I 值高达 0.771,表明江苏省县域经济发展水平呈现出空间极化特征,发达地区和落后地区的集聚分布特征比较明显。生态—经济系统协调度

较高的县市主要为经济实力较弱的地区,协调型县市共 21 个,其生态系统平均分值为 0.38,略高于全省平均分值的 0.37,但其经济系统平均分值只有 0.41,明显低于全省平均分值的 0.56。失调型县市共 29 个,其生态系统平均分值为 0.38,经济系统平均分值为 0.68,均高于全省平均分值。这表明生态—经济系统协调度低值区主要受经济因素的影响,具体而言,失调型县市往往也具有良好的自然地理条件,生态系统发展基础较好,但城镇化和工业化程度较高,耕地、水域等生态用地大量减少,且生态环境保护和治理投入多、回报周期长,导致生态系统与经济系统发展水平差距显著。

3 影响因素解析

生态—经济系统协调发展受自然地理环境、城镇化、工业化、人口密度、土地开发强度等因素的影

响^[12,16,24,26]。江苏省地形条件相对单一,以平原为主,气温、降水等自然地理环境相对稳定,自然因素对县域生态—经济系统协调发展的影响有限。因此,本研究着眼于人文因素,在借鉴相关研究成果基础上^[12,24,26],结合江苏实情,确定 7 个影响因素指标:(a)城镇化率、(b)土地开发强度、(c)人口密度、(d)工业化率、(e)第三产业比重、(f)道路密度、(g)区位优势度,其内涵及计算方法见表 5。然后采用空间相关性分析方法揭示县域生态—经济系统协调度空间分异的主要因素及其作用强度。

采用局部空间自相关分析方法,根据公式(4)计算局部 Moran 指数,并进行检验(表 6)。然后将 Moran 散点图与 LISA 显著性水平相结合,得到 Moran 指数显著性水平图,显示出显著的 LISA 区域,并分别标识出对应于 Moran 散点图不同象限的相应区域(图 3)。

表 5 影响因素的评价指标及其含义

影响因素指标	内涵及计算方法
(a)城镇化率	反映县域人口城镇化发展水平,用城镇常住人口占县域常住总人口的比重来表示
(b)土地开发强度	反映县域土地开发与利用程度,用县域建设用地总量占行政区域面积的比例来表示
(c)人口密度	反映县域人口密集程度和人口承载力,用县域总人口与行政区域面积的比值来表示
(d)工业化率	反映县域工业化发展水平,用县域工业增加值占 GDP 的比重来表示
(e)第三产业比重	反映县域产业结构和经济发展质量,用县域第三产业增加值占 GDP 比重来表示
(f)道路密度	反映县域交通便利程度,用各县市交通用地面积与县域总面积的比值来表示
(g)区位优势度	反映县域的区位条件,通过计算各县市与中心城市间的交通距离来表示,式中:选择上海、南京和徐州作为中心城市,并采用其 GDP 密度作为权重

表 6 生态—经济系统与影响因素间的 Moran 指数

系统	城镇化率	土地开发强度	人口密度	工业化率	第三产业比重	道路密度	区位优势度
生态系统	-0.023	-0.186	0.015	-0.025	0.039	-0.183	0.151
经济系统	0.419	0.443	0.316	0.705	0.219	0.444	0.721
生态—经济系统协调度	-0.298	-0.362	-0.254	-0.590	-0.124	-0.411	-0.630

结果表明,县域生态—经济系统与上述影响因素之间呈现出比较复杂的关系。具体而言:(1)生态系统与各影响因素的相关性普遍较低,其中土地开发强度、道路密度和区位优势度的影响相对显著。除了区位优势度、人口密度、第三产业比重,其他因素均与生态系统呈现负相关关系。从 LISA 图来看,低—低值区集聚分布在苏北东北部地区,低—高值区集聚分布在苏北地区的西南部,而高一—高值区和高一—低值区分布范围较小。(2)经济系统与各影响因素均呈现显著的正相关关系,其中区位优势度、工业化率、土地开发强度、城镇化率等因素影响强度较大,表明良好的区位条件以及工业化、城镇化的快速发展对县域经济系统具有显著促进作用。从 LISA 图来看,高一—高值区集聚分布在环太湖地区和沿江地区,高一—低值区主要分布在苏北西部地区,低—高值区主要分布在苏南低山丘陵地区或苏州地区,低—低值区分布面积较

广,集聚分布在苏北中北部地区。

生态—经济系统协调度与各影响因素之间的相关性差异比较明显。其中,区位优势度对协调度的影响最为显著,其原因是中心城市及周边县市的经济实力较强,而生态发展水平下降明显。土地开发强度和道路密度对其负向作用较为显著,表明建设用地的大量增加对县域生态—经济系统协调度产生明显抑制作用。工业化率对生态—经济系统协调度的影响也比较显著,一方面是因为工业化发展会产生工业废物排放等,对生态环境产生不利影响;另一方面是工业化发展往往会占用大量生态用地,导致生态服务功能降低。而其他因素的影响相对较小。从 LISA 图来看,相关关系显著县域的分布比较集中,高一—高值主要分布在苏北西北部,低—低值区主要分布在苏南沿江地区或苏州市辖区等地,而低—高值区和高一—低值区的分布范围较高,分别集聚分布在苏北东部沿海地区、苏南的苏锡常地区。

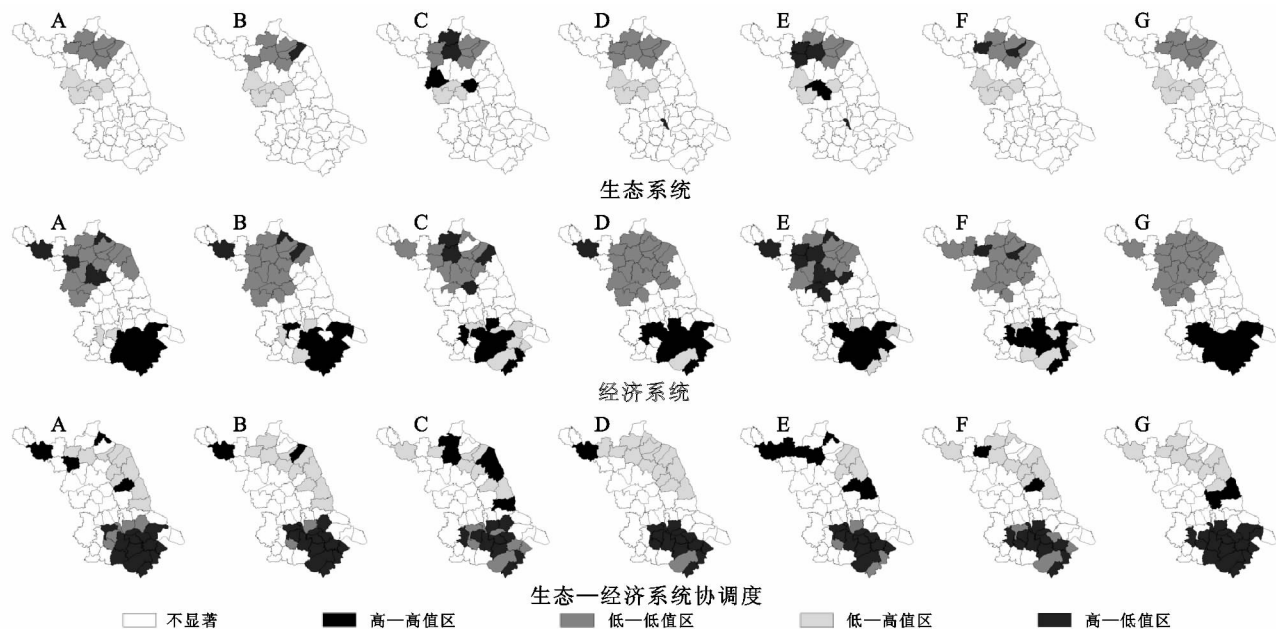


图3 生态-经济系统与影响因素 LISA 聚类图

4 结论与讨论

(1) 江苏省县域生态发展水平存在明显的区域差异,高值区集聚分布在江苏省中部地区以及苏南山丘和环太湖地区,低值区集聚分布在苏北东北部地区和沿江地区。县域经济发展水平仍旧延续传统的南北梯度空间分布格局,但呈现出一种以太湖地区为中心的同心环空间分布特征,随着同心环不断向外扩展,县域经济发展水平逐渐降低。

(2) 全省生态-经济系统协调度呈现北部高、南部低,东部高、西部低的空间格局,且空间集聚分布特征显著。协调度高值区集聚分布在东部沿海和苏北北部地区,中值区主要分布在苏中北部和苏南山丘等地,低值区集聚分布在环太湖地区和沿江地区。生态-经济系统失调型县市主要为经济发达地区,它们往往具有较高的生态发展水平,但城镇化和工业化程度较高,导致生态用地大量减少、生态环境不断下降,使得县域生态系统与经济系统的发展差距显著。

(3) 县域生态-经济系统协调度的空间分异特征受城镇化率、工业化率、土地开发强度、道路密度等因素的影响,但各因素的作用方向和影响强度差别明显。① 经济系统与区位优势度、工业化率、城镇化率、道路密度等存在显著的正相关关系,其中苏南为高一高值集聚区、苏北为低-低值集聚区。② 生态系统与城镇化率、工业化率、道路密度等因素呈现负相关关系,并受到土地利用/覆被变化的显著影响。③ 城镇化和工业化的快速发展以及土地开发强度的增加均会对县域生态-经济系统协调发展产生明显

的抑制作用,但全省协调型县市和失调型县市均具有较高的生态系统发展水平,表明生态系统和经济系统发展之间并不存在绝对矛盾,而生态系统和经济系统是否同步发展是影响协调度评价的重要原因。

本研究首次同时选取生态环境指标和基于土地利用的生态服务指标,提高了县域生态系统评价的准确性。并运用模糊数学方法对生态-经济系统协调度进行评价,提高了评价的客观性。但本文仅选择1个年份进行评价,未能揭示县域生态-经济系统演化特征及其一般性规律,今后有待进一步深入研究。

参考文献:

- [1] 黄和平,彭小琳,孔凡斌,等. 鄱阳湖生态经济区生态经济指数评价[J]. 生态学报, 2014, 34(11): 3107-3114.
- [2] 陈端吕,彭保发,熊建新. 环洞庭湖区生态经济系统的耦合特征研究[J]. 地理科学, 2013, 23(11): 1338-1346.
- [3] 王振波,方创琳,王婧. 1991年以来长三角快速城市化地区生态经济系统协调度评价及其空间演化模式[J]. 地理学报, 2011, 66(12): 1657-1668.
- [4] 党晶晶,孙斌. 基于 DPSIR 概念模型的黄土丘陵区协调发展预测评估:以志丹县为例[J]. 水土保持研究, 2016, 23(4): 143-148.
- [5] 李苒,曹明明,胡胜,等. 县域生态环境与经济协调发展的时空演替分析:以陕西省榆林市为例[J]. 人文地理, 2014, 29(5): 101-108.
- [6] Hayha T, Franzese P P. Ecosystem services assessment: A review under an ecological-economic and systems perspective [J]. Ecological Modelling, 2014(289): 124-132.
- [7] 刘海龙,石培基,李生梅,等. 河西走廊生态经济系统协调度评价及其空间演化[J]. 应用生态学报, 2014, 25

- (12):3645-3654.
- [8] 刘春腊,刘卫东,徐美. 基于生态价值当量的中国省域生态补偿额度研究[J]. 资源科学,2014,36(1):148-155.
- [9] 熊传合,杨德刚,张新焕,等. 新疆生态经济系统可持续发展空间格局[J]. 生态学报,2015,35(10):3428-3436.
- [10] 张荣天,焦华富. 泛长江三角洲地区经济发展与生态环境耦合协调关系分析[J]. 长江流域资源与环境,2015,24(5):719-727.
- [11] 仲俊涛,米文宝,吴昕燕,等. 宁夏限制开发区县域生态经济位比较研究[J]. 水土保持研究,2014,21(2):234-245.
- [12] 梅艳,何蓓蓓,刘友兆. 江苏省生态足迹与经济增长关系的计量分析[J]. 自然资源学报,2009,24(3):476-482.
- [13] 李雪铭,李婉娜. 1990年代以来大连城市人居环境与经济协调发展定量分析[J]. 经济地理,2005,25(3):383-390.
- [14] 熊鹰,曾光明,董力三,等. 城市人居环境与经济协调发展不确定性定量评价:以长沙市为例[J]. 地理学报,2007,62(4):397-406.
- [15] 魏晓旭,赵军,魏伟,等. 基于县域单元的中国生态经济系统协调度及空间演化[J]. 地理科学进展,2014,33(11):1535-1545.
- [16] 吴建寨,李波,张新时. 生态系统服务价值变化在生态经济协调发展评价中的应用[J]. 应用生态学报,2007,18(11):2554-2558.
- [17] 中华人民共和国国家统计局. 中国统计年鉴[M]. 北京:中国统计出版社,2015.
- [18] Wang Z B, Fang C L, Cheng S W. Evolution of coordination degree of eco-economic system and early-warning in the Yangtze River Delta[J]. Journal of Geographical Sciences, 2013,23(1):147-162.
- [19] Kijima M, Nishide K, Ohyama A. Economic models for the environmental Kuznets curve: A survey[J]. Journal of Economic Dynamics and Control, 2010,34(7):1187-1201.
- [20] 谢高地,甄霖,鲁春霞,等. 一个基于专家知识的生态系统服务价值化方法[J]. 自然资源学报,2008,23(5):911-919.
- [21] 谢高地,张彩霞,张雷明,等. 基于单位面积价值当量因子的生态系统服务价值化方法改进[J]. 自然资源学报,2015,30(8):1243-1254.
- [22] Costanza R, D'Arge R, Groot RD, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature, 1997(387):253-260.
- [23] Costanza R, Groot R D, Sutton P, et al. Changes in the global value of ecosystem services[J]. Global Environmental Change, 2014,26(1):152-158.
- [24] 李平星,陈雯,孙伟. 经济发达地区乡村地域多功能空间分异及影响因素:以江苏省为例[J]. 地理学报,2014,39(6):797-807.
- [25] 安瓦尔·买买提明,张小雷,塔世根·加帕尔. 基于模糊数学的新疆南疆地区城市化与生态环境的和谐度分析[J]. 经济地理,2010,30(2):214-219.
- [26] 陈永林,谢炳庚,钟业喜,等. 县域交通优势度与经济发展的空间关联[J]. 地域研究与开发,2014,33(5):21-26.

~~~~~

(上接第208页)

- [10] 杨绍聪,吕艳玲,杨庆华,等. 玉溪市耕作土壤有效微量元素含量状况[J]. 土壤,2001,33(2):102-105.
- [11] 魏孝荣,郝明德,邵明安. 黄土高原旱地长期种植作物对土壤微量元素形态和有效性的影响[J]. 生态学报,2005,25(12):3196-3203.
- [12] 王政权. 地质统计学及在生态学中的应用[M]. 北京:科学出版社,1999.
- [13] 李亮亮,依艳丽,凌国鑫,等. 地统计学在土壤空间变异研究中的应用[J]. 土壤通报,2005,36(2):265-268.
- [14] 王淑英,于同泉,王建立,等. 北京市平谷区土壤有效微量元素含量的空间变异特性初步研究[J]. 中国农业科学,2005,41(1):129-37.
- [15] 黄昌勇. 土壤学[M]. 北京:中国农业出版社,2000.
- [16] 于洋,赵业婷,常庆瑞. 渭北台塬区耕地土壤速效养分时空变异特征[J]. 土壤学报,2015,52(6):1251-126.
- [17] 崔云玲,马忠明,杨君林,等. 甘肃省土壤养分丰缺状况及肥效研究进展[J]. 中国农学通报,2010,26(21):182-185.