

DOI:10.11830/ISSN.1000-5013.201810026



长江三角洲区域生态安全时空演变

陈燕¹, 罗婵¹, 陈星宇¹, 邱晓敏², 宋新山¹, 王宇晖¹

(1. 东华大学 环境科学与工程学院, 上海 201620;

2. 密苏里州立大学 地理地质规划系, 斯普林菲尔德 65897)

摘要: 采用压力-状态-响应(PSR)模型,选取人口密度、人均 GDP、植被覆盖率等 14 个指标,运用层次分析法和综合指数法对长江三角洲(简称长三角)的生态安全进行评价,分析其在时间、空间尺度上的演变规律,以及其主要影响因子。利用重心分析模型,分析 2000、2014 年长三角生态安全重心的迁移趋势与方向,并对其未来的发展方向进行预测。结果表明:长三角生态安全综合指数随着年份的增加而提升,但不同城市的增长速率差异明显;整体生态安全水平不高,各城市差异较大,且呈现出明显的南部区域高于北部区域的空间分布特征;生态安全分区为安全区(湖州)、低安全区(无锡、上海、泰州、苏州)和中安全区(其他城市);影响生态安全等级的主要限制因子为人口自然增长率、植被覆盖率、第三产业比重、用于教育的财政支出比率、环保投资比重 5 项指标;生态重心由西向东转移 9.303 9 km,但仍位于区域中部,转移速度较慢,未来有向东南方向转移的趋势。

关键词: 生态安全; 压力-状态-响应模型; 时空演变; 生态重心; 长江三角洲

中图分类号: X 821 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-5013(2019)01-0085-08

Spatial and Temporal Evolution of Ecological Security in Yangtze River Delta

CHEN Yan¹, LUO Chan¹, CHEN Xingyu¹,
QIU Xiaomin², SONG Xinshan¹, WANG Yuhui¹

(1. College of Environmental Science and Engineering, Donghua University, Shanghai 201620, China;

2. Department of Geographical and Geological Planning, Missouri State University, Springfield 65897, America)

Abstract: Using the pressure-state-response (PSR) model, 14 indicators such as population density, per capita GDP and vegetation coverage rate were selected, and the ecological security of the Yangtze River Delta (Yangtze River Delta for short) was evaluated by using the analytic hierarchy process and the comprehensive index method, and its evolution rules on time and space scales and its main influencing factors were analyzed. The center of gravity analysis model was used to analyze the migration trend and direction of the ecological security center in the Yangtze River Delta in 2000 and 2014 and predict its future development direction. As the results shown, the ecological safety comprehensive index increases with the year, but the growth rate of each city is different. The ecological security levels of the cities in the Yangtze River Delta are quite different and the overall level is not high. The ecological security of the Yangtze River Delta presents the spatial distribution characteristics of Southern region higher than Northern region. The ecological security zone is divided into sa-

收稿日期: 2018-10-12

通信作者: 陈燕(1976-),女,副教授,博士,主要从事生态安全、环境遥感与环境信息系统的研究. E-mail:chenyan-hjxy@dhu.edu.cn.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(41471089);中央高校专项科研基金资助项目(2232016D3-11)

fety zone (Huzhou), low safety zone (Wuxi, Shanghai, Taizhou, Suzhou) and central security zone (other cities). The main limiting factors affecting the level of ecological security are the natural population growth rate, vegetation coverage, the proportion of the tertiary industry to GDP, the ratio of fiscal expenditure for education, and the proportion of environmental protection investment. The ecological security center of the Yangtze River Delta has shifted from west to east by 9.303 9 km at a slower pace, but it is still in the middle of the region. In the future, the ecological center of gravity has a tendency to shift to the southeast.

Keywords: ecological security; pressure-state-response model; spatial and temporal evolution; ecological center of gravity; Yangtze River Delta

美国国际应用系统分析研究所(IASA)对生态安全作出如下定义:在人类的生活、健康、安乐、基本权利、生活保障来源、必要资源、社会次序和人类适应环境变化的能力等方面不受威胁的状态,即为生态安全,它包括自然生态安全、经济生态安全和社会生态安全^[1-3].生态安全是国家安全的重要表现特性之一,对区域生态安全进行评价研究,能及时了解研究区的生态安全现状和生态问题,并对研究区未来的经济与生态建设规划提供理论参考.将生态安全指数和研究区坐标相结合,并利用生态安全重心模型,可以得到研究区的生态安全重心的迁移变化过程,由此可分析区域生态状况的变化趋势与方向^[4].目前,对于生态安全的研究主要是对不同要素的评价,如土地^[5-6]、森林^[7],以及较小区域^[8-9].而对跨省、市的经济圈的生态安全研究还很少.本文采用层次分析法,利用压力-状态-响应(PSR)模型评价长江三角洲(简称长三角)的生态安全,分析并预测生态安全重心的迁移途径与方向.

1 研究区概况及数据来源

1.1 研究区概况

长三角面积约为 110 800 km²,经济总量占国内生产总值的 20%左右,是我国第一大经济区,是世界公认的六大城市群之一^[10].长三角包括上海市,江苏省的南京、苏州、无锡、常州、镇江、扬州、泰州、南通,浙江省的杭州、嘉兴、湖州、绍兴、宁波、舟山、台州在内的 16 个城市.在经济快速发展的同时,由于一系列不合理的自然和人为干扰,区域生态环境受到严重威胁,如水土流失、酸雨污染、太湖蓝藻爆发等,在一定程度上降低了区域的生态安全水平,不利于区域的可持续发展.

通过评价长三角生态安全的时空演变及重心演变特性,分析生态安全随时间的变化态势及重心的转移途径与方向,确定等级较低的城市并预测长三角未来的生态安全重心发展方向.通过对中、低安全区及重心迁移方向区域的资源、能源和土地利用方式等的合理规划调控,提升区域整体生态安全水平,实现长三角区域的可持续发展,同时,为其他跨省区经济圈的生态安全调控提供借鉴和参考.

1.2 数据来源

数据来源包括 2000,2014 年的《长江和珠江三角洲及港澳特别行政区统计年鉴》、《上海市统计年鉴》、《浙江省统计年鉴》、《江苏省统计年鉴》、《中国城市统计年鉴》;16 个城市的《国民经济与发展统计公报》、《环境质量状况公报》、《水资源公报》;长三角行政区划图;江苏省行政区划图;BIGMAP 中提取的长三角 16 个城市中心坐标.

2 评价方法及计算过程

2.1 评价指标体系的构建及权重的确定

科学合理的评价指标体系是评价的关键基础,PSR 模型是由经济合作与发展组织(OECD)和联合国环境规划署(UNEP)共同发展起来的,用于研究环境问题的概念模型体系,其在国内外生态系统评价中使用较多,其理论方法也较于成熟.该模型以因果关系为基础,具体为如下 3 点:1) 人类活动对环境施加一定的压力;2) 因为这些压力,环境改变了其原有的性质或自然资源的数量(状态);3) 人类又通过环境、经济和管理策略等对这些变化作出反应,以恢复环境质量或防止环境退化. PSR 模型由目标层、准则层和指标层构成.

长三角生态安全评价指标体系,如表 1 所示.表 1 中:B1 包含 5 个压力指标;B2 包含 6 个状态指

标;B3 包含 3 个响应指标. 确定评价指标体系后,利用层次分析法,通过构造判断矩阵、一致性检验、层次总排序等步骤确定指标的权重.

表 1 长三角生态安全评价指标体系
Tab. 1 Index system of ecological security evaluation in Yangtze River Delta

目标层	准则层	指标层	指标属性
长江三角洲生态安全(A)	资源生态环境压力(B1)	人口密度(C1)/人·km ⁻²	逆向
		人口自然增长率(C2)/%	逆向
		人均 GDP (C3)/元	正向
		人均耕地面积(C4)/hm ² ·人 ⁻¹	正向
		植被覆盖率(C5)/%	正向
	生态系统状态指标(B2)	建成区绿化覆盖率(C6)/%	正向
		饮用水源水质达标率(C7)/%	正向
		人均公共绿地面积(C8)/m ²	正向
		工业废水排放达标率(C9)/%	正向
		固废综合利用率(C10)/%	正向
		环境噪声达标区覆盖率(C11)/%	正向
		第三产业占 GDP 比重(C12)/%	正向
	人文社会响应(B3)	用于教育的财政支出比率(C13)/%	正向
		城市环境保护投资指数(C14)/%	正向

2.2 评价指标基准值的确定及指标标准化的选择

以生态环境部公布的全国环境保护重点城市“城考结果”中的数据为主要参照,同时,借鉴相关研究成果来选取指标基准值. 评价指标包括正向型和逆向型两种. 正向型指标是指属性值越大,其效果越好的指标;逆向型指标是指属性值越小,其效果越好的指标.

在标准化过程^[11]中,正向指标 $P(X_i)=\begin{cases} X_i/S_i, & X_i<S_i, \\ 1, & X_i>S_i, \\ 1, & X_i=S_i, \end{cases}$ 逆向指标 $P(X_i)=\begin{cases} 1, & X_i<S_i, \\ 1, & X_i=S_i, \\ X_i/S_i, & X_i>S_i. \end{cases}$ 其

中; $P(X_i)$ 为该指标的安全指数, $P(X_i)$ 越大,表示该指标评价越优;反之,则评价越差; X_i 为实际值; S_i 为生态安全评价指标的标准值.

2.3 生态安全指数的计算

生态安全综合指数(ESCV)^[12]表示城市生态安全程度,其计算式为 $ESCV = \sum_{i=1}^n P(X_i) \cdot W_i$. 其中, ESCV 为评价区域综合安全值,ESCV 值越大,表明城市生态安全程度越高,ESCV 值越小,表明生态安全程度越低,生态风险越大; W_i 为各指标权重; n 为指标总项数.

2.4 生态安全等级的划分

结合生态安全划分原则及参考相关研究^[13-14],将长三角生态安全划分为 6 级,级别越高对应的生态安全水平越高,如表 2 所示.

表 2 生态安全等级
Tab. 2 Ecological security level

生态安全等级	ESCV	生态安全状态	不同生态等级特征
I 级	0~0.55	极不安全	生态系统接近无法运转的状态,自我修复能力几乎为零,需要人为修复和重点保护
II 级	0.55~0.65	不安全	系统自我修复能力较弱,环境退化异常严重,系统功能大大减弱
III 级	0.65~0.75	临界安全	生态系统遭到破坏,环境退化比较严重,人类安全受生态灾害影响较为严重
IV 级	0.75~0.85	较安全	生态问题较少,生态系统功能比较健全,受人类活动影响较小
V 级	0.85~0.90	安全	基本无生态问题,生态系统功能健全,生态灾害少
VI 级	0.90~1.00	理想安全	生态安全状态良好,生态系统功能健全,无生态灾害

2.5 生态安全重心分析模型

重心是衡量某种属性在区域总体分布状况时的一个指标,其分布趋势可揭示属性在空间分布的不均衡程度^[15-16].将重心方法引入长三角生态安全研究有助于揭示区域生态安全的动态演变过程、迁移途径,并预测发展方向.生态安全重心坐标计算式^[17]为

$$X = \sum_{i=1}^n \text{ESCV}_i \times X_i / \sum_{i=1}^n \text{ESCV}_i, \quad Y = \sum_{i=1}^n \text{ESCV}_i \times Y_i / \sum_{i=1}^n \text{ESCV}_i.$$

上式中: X, Y 为生态安全重心坐标; X_i, Y_i 为评价区域内各城市的中心经纬度坐标.

重心迁移距离的计算式^[18]为

$$D_{i-j} = R \times \sqrt{(Y_i - Y_j)^2 + (X_i - X_j)^2}.$$

上式中: D_{i-j} 为重心从第 i 年到第 j 年的迁移距离; $R=111.111$.

3 长三角生态安全时空演变分析

根据节 2.3 得到 2000,2014 年的长三角生态安全指数,如表 3 所示.各指数的变化趋势,如图 1,2 所示.图 1,2 中: η 为增长率;ESI 为生态安全指数.

表 3 2000,2014 年长三角 16 个城市的生态安全指数

Tab. 3 Ecological security index of 16 cities in Yangtze River Delta in 2000 and 2014

城市	时间	指标								
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
上海	2000 年	0.005	0.034	0.030	0.026	0.004	0.019	0.068	0.009	0.147
	2014 年	0.003	0.034	0.084	0.014	0.004	0.033	0.064	0.027	0.141
杭州	2000 年	0.027	0.007	0.019	0.051	0.073	0.022	0.068	0.014	0.143
	2014 年	0.024	0.005	0.086	0.039	0.073	0.028	0.063	0.024	0.144
宁波	2000 年	0.018	0.008	0.019	0.062	0.073	0.024	0.068	0.012	0.141
	2014 年	0.016	0.005	0.086	0.049	0.073	0.035	0.065	0.030	0.146
嘉兴	2000 年	0.012	0.010	0.014	0.073	0.003	0.028	0.069	0.016	0.146
	2014 年	0.011	0.005	0.083	0.070	0.003	0.031	0.066	0.038	0.146
湖州	2000 年	0.023	0.008	0.013	0.073	0.073	0.026	0.068	0.015	0.146
	2014 年	0.022	0.012	0.064	0.073	0.073	0.032	0.066	0.039	0.146
绍兴	2000 年	0.019	0.007	0.016	0.058	0.073	0.024	0.068	0.015	0.136
	2014 年	0.018	0.014	0.083	0.049	0.073	0.027	0.066	0.053	0.142
舟山	2000 年	0.014	0.023	0.010	0.036	0.073	0.025	0.069	0.016	0.138
	2014 年	0.014	0.012	0.086	0.033	0.073	0.025	0.064	0.039	0.145
台州	2000 年	0.017	0.003	0.011	0.045	0.073	0.030	0.067	0.016	0.146
	2014 年	0.016	0.004	0.049	0.038	0.073	0.032	0.069	0.027	0.138
南京	2000 年	0.012	0.001	0.016	0.061	0.035	0.035	0.067	0.017	0.146
	2014 年	0.010	0.001	0.086	0.039	0.034	0.038	0.065	0.029	0.140
无锡	2000 年	0.011	0.001	0.024	0.044	0.030	0.031	0.064	0.016	0.134
	2014 年	0.007	0.003	0.086	0.027	0.031	0.037	0.066	0.029	0.146
常州	2000 年	0.013	0.001	0.015	0.069	0.021	0.027	0.069	0.011	0.138
	2014 年	0.008	0.002	0.086	0.048	0.021	0.037	0.067	0.026	0.144
苏州	2000 年	0.015	0.001	0.023	0.058	0.007	0.027	0.066	0.011	0.140
	2014 年	0.014	0.01	0.086	0.025	0.007	0.036	0.065	0.029	0.144
南通	2000 年	0.010	0.034	0.008	0.073	0.006	0.024	0.068	0.013	0.143
	2014 年	0.010	0.007	0.077	0.073	0.001	0.037	0.066	0.033	0.147
扬州	2000 年	0.015	0.003	0.009	0.073	0.003	0.031	0.066	0.016	0.138
	2014 年	0.010	0.001	0.086	0.073	0.002	0.038	0.065	0.035	0.148
镇江	2000 年	0.015	0.002	0.015	0.073	0.031	0.030	0.065	0.012	0.146
	2014 年	0.011	0.003	0.086	0.067	0.031	0.037	0.067	0.036	0.147

续表

Continue table

城市	时间	指标								
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
泰州	2000 年	0.012	0.023	0.007	0.073	0.001	0.022	0.067	0.006	0.147
	2014 年	0.010	0.007	0.075	0.073	0.001	0.035	0.069	0.018	0.141
城市	时间	指标					综合 指数	生态 级别	安全 状态	
		C10	C11	C12	C13	C14				
上海	2000 年	0.119	0.086	0.030	0.024	0.068	0.669	Ⅲ	临界	
	2014 年	0.125	0.087	0.039	0.024	0.065	0.742	Ⅲ	临界	
杭州	2000 年	0.118	0.094	0.025	0.025	0.046	0.731	Ⅲ	临界	
	2014 年	0.120	0.093	0.033	0.030	0.061	0.824	Ⅳ	较安全	
宁波	2000 年	0.119	0.094	0.022	0.021	0.066	0.746	Ⅲ	临界	
	2014 年	0.116	0.095	0.027	0.027	0.064	0.834	Ⅳ	较安全	
嘉兴	2000 年	0.113	0.093	0.018	0.030	0.057	0.681	Ⅲ	临界	
	2014 年	0.118	0.093	0.025	0.030	0.070	0.790	Ⅳ	较安全	
湖州	2000 年	0.116	0.093	0.018	0.030	0.061	0.763	Ⅳ	较安全	
	2014 年	0.115	0.088	0.026	0.030	0.068	0.853	V	安全	
绍兴	2000 年	0.119	0.094	0.018	0.030	0.070	0.745	Ⅲ	临界	
	2014 年	0.117	0.092	0.026	0.030	0.059	0.850	Ⅳ	较安全	
舟山	2000 年	0.114	0.091	0.023	0.030	0.055	0.717	Ⅲ	临界	
	2014 年	0.118	0.094	0.023	0.022	0.061	0.809	Ⅳ	较安全	
台州	2000 年	0.115	0.097	0.017	0.030	0.061	0.730	Ⅲ	临界	
	2014 年	0.114	0.093	0.028	0.030	0.074	0.785	Ⅳ	较安全	
南京	2000 年	0.114	0.094	0.034	0.024	0.070	0.726	Ⅲ	临界	
	2014 年	0.114	0.088	0.034	0.025	0.061	0.765	Ⅳ	较安全	
无锡	2000 年	0.118	0.096	0.029	0.030	0.079	0.642	Ⅱ	不安全	
	2014 年	0.118	0.093	0.029	0.026	0.053	0.749	Ⅲ	临界	
常州	2000 年	0.113	0.091	0.029	0.030	0.064	0.691	Ⅲ	临界	
	2014 年	0.117	0.091	0.029	0.027	0.053	0.754	Ⅲ	临界	
苏州	2000 年	0.112	0.096	0.029	0.021	0.077	0.682	Ⅲ	临界	
	2014 年	0.115	0.089	0.029	0.027	0.042	0.718	Ⅳ	较安全	
南通	2000 年	0.113	0.093	0.027	0.030	0.064	0.706	Ⅲ	临界	
	2014 年	0.115	0.089	0.027	0.030	0.057	0.769	Ⅳ	较安全	
扬州	2000 年	0.114	0.093	0.026	0.030	0.072	0.690	Ⅲ	临界	
	2014 年	0.118	0.088	0.026	0.030	0.066	0.785	Ⅳ	较安全	
镇江	2000 年	0.114	0.088	0.028	0.030	0.064	0.712	Ⅲ	临界	
	2014 年	0.118	0.092	0.028	0.030	0.070	0.821	Ⅳ	较安全	
泰州	2000 年	0.105	0.096	0.026	0.027	0.057	0.669	Ⅲ	临界	
	2014 年	0.115	0.090	0.026	0.027	0.050	0.738	Ⅲ	临界	

由表 3 可知:长三角生态安全级别在 2000 年为Ⅲ级,处于临界状态;在 2014 年为Ⅳ级,处于较安全状态,城市生态安全等级没有发生改变的有上海、泰州和苏州,城市生态安全等级提高一级的有无锡、嘉兴、镇江、绍兴、扬州、舟山、杭州、湖州、宁波、常州、南通、台州、南京。

由图 1 可知:2000,2014 年,16 个城市的生态安全指数增长速率差异明显,增长速率由高到低依次为:无锡、嘉兴、镇江、绍兴、扬州、舟山、杭州、湖州、宁波、上海、泰州、常州、南通、台州、南京、苏州,其中,无锡、嘉兴、镇江、绍兴、扬州、舟山、杭州、湖州、宁波 9 个城市的增长率均高于 16 个城市的平均水平。

由图 2 可知:16 个城市状态指数均呈上升趋势;上海、嘉兴、南京、无锡、常州、苏州、南通、扬州、镇江及泰州的压力指数呈上升趋势,其余城市呈下降趋势;上海、杭州、宁波、嘉兴、湖州、台州及镇江的响应指数呈上升趋势,其余城市呈下降趋势.因此,压力指数和响应指数是影响生态安全总指数提升的主要限制因子。

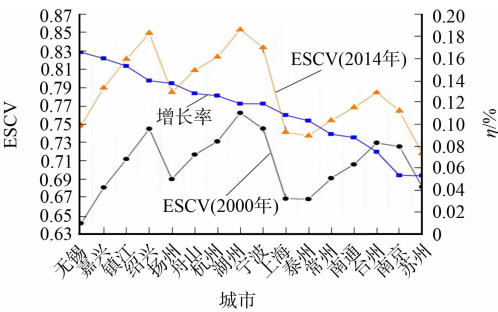


图 1 长三角生态安全综合指数变化趋势
Fig. 1 Trends in Yangtze River Delta ecological safety composite index

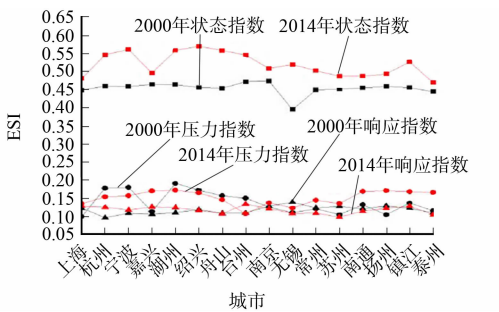


图 2 长三角生态安全子系统指数变化趋势
Fig. 2 Trends in index of ecological security subsystem in Yangtze River Delta

4 长三角生态安全空间的演变分析

长三角生态安全水平的空间分布格局,如图 3 所示.由图 3 可知:2000 年,长三角生态安全指数在Ⅱ~Ⅳ级之间,各城市等级由高到低依次为湖州、宁波、绍兴、杭州、台州、南京、舟山、镇江、南通、常州、扬州、苏州、嘉兴、上海、泰州、无锡,其中,无锡为Ⅱ级不安全城市,湖州为Ⅳ级较安全城市,其他 14 个城市处于Ⅲ级临界状态;2014 年,长三角生态安全指数上升到Ⅲ~Ⅴ级之间,各城市等级由高到低依次为湖州、绍兴、宁波、杭州、镇江、舟山、嘉兴、扬州、台州、南通、南京、常州、无锡、上海、泰州、苏州,其中,无锡、上海、泰州和苏州为Ⅲ级临界状态,湖州处于Ⅴ级安全城市,其他 11 个城市为Ⅳ级较安全城市.

由图 3 还可知:长三角整体生态安全水平不高,各城市间差异较大.以湖州、嘉兴及舟山为界,呈现较为明显的“包括湖州、嘉兴、舟山在内的下游区域高于上游区域”空间分布特征.根据生态安全等级空间分布及生态安全指数增长情况,可将长三角城市划分为 3 个不同的生态安全水平区,即安全区有湖州,中安全区包括宁波、绍兴、杭州、镇江、舟山、台州、南京、扬州、南通、嘉兴、常州 11 个城市,低安全区包括无锡、上海、泰州、苏州 4 个城市.

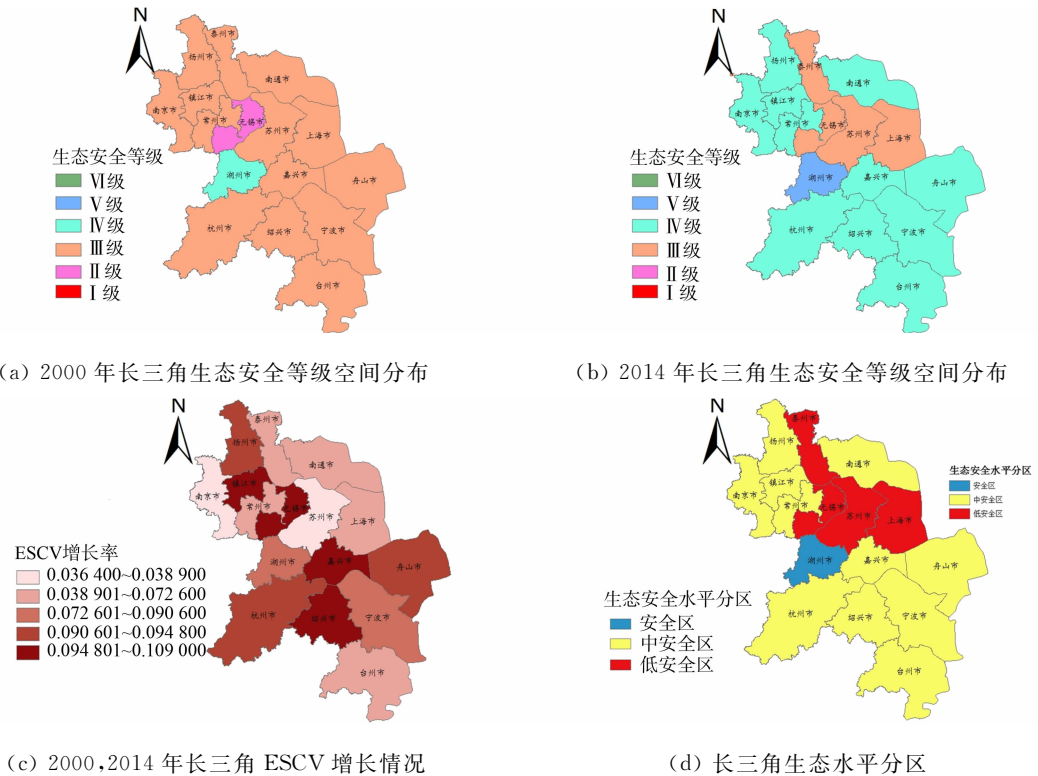


图 3 长三角生态安全水平空间分布格局
Fig. 3 Spatial distribution pattern of ecological security level in Yangtze River Delta

5 长三角生态安全重心的演变分析

由生态安全重心分析模型可得长三角生态安全重心转移信息. 对比 2000,2014 年,长三角的生态安全重心从 $120^{\circ}24'17.85''\text{E}, 31^{\circ}04'23.52''\text{N}$ (苏州市吴中区东山镇)移至 $120^{\circ}29'19.29''\text{E}, 31^{\circ}04'21.51''\text{N}$ (苏州市吴中区临湖镇),迁移速度较慢,南北向迁移 0.062 0 km,东西向迁移 9.303 9 km,迁移方向主要为自西向东. 迁移速度慢说明各城市的生态安全较为平衡. 重心集中在中部的苏州市内,原因是由于长三角生态安全指数变化较大的城市集中在中部区域,上下两极区域变化较为平稳(图 3). 具体的迁移过程,如图 4 所示. 未来长三角生态安全重心仍会处于区域的中部,由于现阶段呈现较为明显的“下游地区生态安全水平高于上游地区”空间分布特征,故生态安全重心有向东南方向发展的趋势.

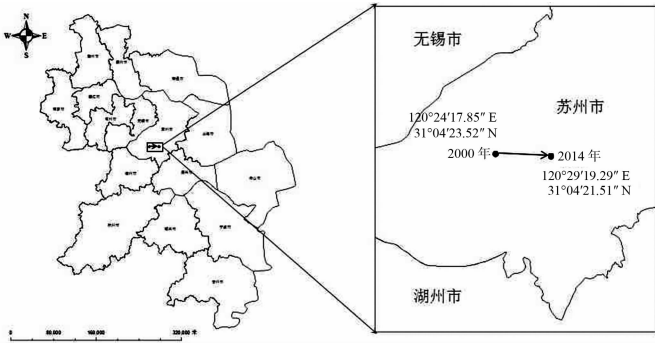


图 4 长三角生态安全重心演变过程

Fig. 4 Evolution of ecological security center of Yangtze River Delta

6 结果与讨论

运用层次分析法及综合指数法对长三角的生态安全进行评价,并利用重心分析模型分析长三角 2000,2014 年生态安全重心的迁移趋势与方向,得出以下 3 点结论.

1) 2014 年的长三角生态安全综合指数均高于 2000 年,但各城市的增长速率差异明显,最高的是无锡 16.57%,最低的是苏州 5.34%. 空间上,长三角整体生态安全水平不高,各城市差异较大,以湖州、嘉兴及舟山为界,呈现较为明显的“下游地区生态安全水平高于上游地区”空间分布特征. 未来生态调控应重点关注低安全区的城市,如上海、无锡、苏州、泰州,对应的中安全区城市应加强统一规划与管理.

2) 长三角生态安全的主要限制因子来自于压力子系统的人口自然增长率、植被覆盖率,响应子系统中的第三产业比重、用于教育的财政支出比率、环保投资比重. 要提高生态安全需重点减少压力和增强响应能力,即需要重点关注降低人口自然增长率,提高植被覆盖率,增大第三产业比重,增加对于教育及环保的投资.

3) 长三角的生态安全重心位于长三角的中部,对比 2000,2014 年,生态安全重心自西向东转移了 9.303 9 km,速度较慢,未来有向东南方向发展的趋势,对于位于西北方向生态安全指数较低的城市,如扬州、镇江、泰州等城市应加大生态环境建设,优化生态发展策略,通过提高环保投资,扩大退耕还林面积等政策,减少与长三角下游城市生态安全值之间的差距,从而改善整个长三角区域的生态安全.

根据长三角目前的生态安全现状及其未来发展趋势,为提高长三角未来的生态安全水平,实现发展的可持续性,从以下 2 个方面提出调控措施.

1) 增加环保投资,加强河湖水域、耕地、林地等生态环境保护,减轻资源生态环境压力.

对比 2000,2014 年,长三角 16 个核心城市群中,有 10 个城市的环境保护投资指数明显下降,13 个城市的饮用水源地水质达标率明显下降,分别占到了总城市的 62.50%和 81.25%. 生态环境压力的增大,严重限制区域生态安全水平. 可以通过增加环境保护投资,加强太湖、邵伯湖、钱塘江、秦淮河等水域及林地、耕地等的生态环境保;可以通过禁止盲目围垦,适当退田还湖,多植树种,草涵固水土等^[19]方式来减轻长三角资源生态环境压力,进而达到提升长三角未来生态安全的目的.

2) 调整经济增长模式,提升第三产业比重,增强生态安全响应能力.

第三产业占 GDP 的比重是评价一个国家现代化的重要标志之一. 欧美发达国家的第三产业占比基本在 70% 以上, 如美国、法国、澳大利亚分别为 71.4%, 71.7%, 70.6%^[20]. 2014 年, 长三角的第三产业占比最高的上海也只达到 64.8%, 最低的舟山只有 38.7%, 远没有达到现代化需求的标准. 可以通过调整经济增长模式, 加大金融、保险、物流等新兴行业的扶持, 给予第三产业政策和支持; 可以采用绿色生态园区模式代替原有工业发展模式^[21]等方式来增强长三角未来生态安全的响应能力, 从而进一步提升长三角未来的生态安全水平.

参考文献:

- [1] 陈星, 周成虎. 生态安全: 国内外研究综述[J]. 地理科学进展, 2005, 24(6): 9-10. DOI: 10.3969/j.issn.1007-6301.2005.06.002.
- [2] 吴平平. 我国生态安全评价研究进展[J]. 环境与发展, 2018, 30(3): 190-191. DOI: 10.16647/j.cnki.cn15-1369/X.2018.03.113.
- [3] 崔胜辉, 洪华生, 黄云凤, 等. 生态安全研究进展[J]. 生态学报, 2005, 25(4): 861-866. DOI: 10.3321/j.issn:1000-0933.2005.04.031.
- [4] 贺文龙, 霍晶, 门明新, 等. 怀来县土地利用变化与景观生态安全评价[J]. 土壤通报, 2016, 47(1): 15-20. DOI: 10.19336/j.cnki.trtb.2016.01.003.
- [5] 李洁, 赵锐锋, 梁丹, 等. 兰州市城市土地生态安全评价与时空动态研究[J]. 地域研究与开发, 2018, 37(2): 151-156. DOI: 10.3969/j.issn.1003-2363.2018.02.028.
- [6] 陈伊多, 杨庆媛, 杨人豪, 等. 基于熵权物元模型的土地生态安全评价[J]. 干旱区地理, 2018, 41(1): 185-192. DOI: 10.19336/j.cnki.trtb.2016.02.07.
- [7] 刘心竹, 米锋, 张爽, 等. 基于有害干扰的中国省域森林生态安全评价[J]. 生态学报, 2014, 34(11): 3115-3127. DOI: 10.5846/stx6201310132462.
- [8] PEI Liang, DU Liming, YUE Guijie. Ecological security assessment of Beijing based on PSR model[J]. Procedia Environmental Sciences, 2010, 2(2): 832-841. DOI: 10.1016/j.proenv.2010.10.094.
- [9] BAI Xiaorui, TAGN Jingchun. Ecological security assessment of Tianjin by PSR model[J]. Procedia Environment Sciences, 2010, 2(6): 881-887. DOI: 10.1016/j.proenv.2010.10.099.
- [10] 张祥建, 唐炎华, 徐晋. 长江三角洲城市群空间结构演化的产业机理[J]. 经济理论与经济管理, 2003(10): 65-69. DOI: 10.3969/j.issn.1000-596X.2003.10.012.
- [11] 罗平. 武汉都市农业生态安全评价[J]. 中国科技论坛, 2010(4): 126-131.
- [12] 丁道军. 基于 PSR 模型的川西生态脆弱区生态安全评价研究[D]. 南充: 西南石油大学, 2015: 49-50.
- [13] 邱高会, 广佳. 区域生态安全动态评价及趋势预测[J]. 生态经济, 2015, 31(4): 129-132.
- [14] 朱卫红, 苗承玉, 郑小军, 等. 基于 3S 技术的图们江流域湿地生态安全评价与预警研究[J]. 生态学报, 2014, 34(6): 1379-1389. DOI: 10.5846/stxb201211241666.
- [15] 钟业喜, 陆玉麒. 鄱阳湖生态经济区人日与经济空间耦合研究[J]. 经济地理, 2011, 31(2): 195-200.
- [16] 刘斌涛, 陶和平, 宋春风, 等. 基于重心模型的西南山区降雨侵蚀力年内变化分析[J]. 农业工程学报, 2012, 28(21): 113-119. DOI: 10.3969/j.issn.1002-6819.2012.21.016.
- [17] 汤旭, 冯彦, 鲁莎莎, 等. 基于生态区位系数的湖北省森林生态安全评价及重心演变分析[J]. 生态学报, 2018, 38(3): 886-888. DOI: 10.5846/stx6201612152581.
- [18] 彭文军, 苏英格. 喀斯特山区县域耕地景观生态安全及演变过程[J]. 生态学报, 2018, 38(3): 852-854. DOI: 10.5846/stx6201612062513.
- [19] 孙荣. 龙感湖演变驱动力分析及生态保护策略[J]. 华侨大学学报(自然科学版), 2012, 33(4): 412-416. DOI: 10.11830/issn.1000-5013.2012.04.0412.
- [20] 李江帆. 城市现代化与第三产业的发展[J]. 消费经济, 2002(6): 43-46.
- [21] 商婕, 曾悦. 绿色经济理念的生态工业园区综合评价指标体系[J]. 华侨大学学报(自然科学版), 2015, 36(6): 698-702. DOI: 10.11830/ISSN.1000-5013.2015.06.0698.

(编辑: 李宝川 责任编辑: 陈志贤 英文审校: 刘源岗)