

王新芸,瓦哈甫·哈力克,王芳,等. 城镇化视角下的中国生态安全空间分布及其影响因素[J]. 江苏农业科学,2018,46(7):276-282.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.07.068

城镇化视角下的中国生态安全空间分布及其影响因素

王新芸^{1,2}, 瓦哈甫·哈力克^{1,3}, 王芳^{1,2}, 阿斯古丽·木萨^{1,3}, 王亚菲^{1,3}, 黄玲^{1,2}

(1. 新疆大学绿洲生态教育部重点实验室,新疆乌鲁木齐 830046; 2. 新疆大学资源与环境科学学院,新疆乌鲁木齐 830046;
3. 新疆大学旅游学院,新疆乌鲁木齐 830046)

摘要:在城镇化视角下研究城市生态安全的空间分布及其影响因素,对协调人与环境、促进区域健康发展具有重要意义。基于 PSR 模型,构建 24 个城镇化视角下的生态安全指标。首先,计算并分析城镇化进程中的中国[除港、澳、台的 31 个省(市、自治区)]生态安全指数;其次,对城镇化视角下的中国生态安全指数格局进行空间分析;最后,分析影响生态安全指数的主要城镇化因素。结果表明,2000—2015 年全国生态安全指数总体呈上升趋势,各地区生态安全评价价值处在 0.2~0.7 之间,三大指标(压力、状态、响应)评价价值都处在 0.3 以下,少数地区处于较安全程度,大部分地区安全程度都处在不安全到临界安全状态之间。全国各地区 4 个时间截面(2000、2005、2010、2015 年)的城镇化生态安全程度尚未达到安全级别,大部分地区处在不安全到临界安全之间;东南沿海地区处在临界安全与较安全 2 个级别之间,西北地区处在不安全与较不安全 2 个级别之间。对比 Pearson 相关分析与主成分分析的结果发现,中国城镇化生态安全的影响因素主要有人均 GDP、地区生产总值、二三产业比重、卫生技术人员、每 10 万人高校平均在校人数、公园面积、城市污水日处理能力、城市清扫面积、建成区面积等。

关键词:城镇化;生态安全;空间分布;影响因素;压力评价价值;状态评价价值;响应评价价值

中图分类号: X821.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)07-0276-06

随着全球性环境问题的日趋严重,保护生态安全的问题被提上了各国及国际社会的议事日程^[1]。近年来,中国的生态环境保护工作得到了高度重视,也取得了一定的成绩。但由于中国城镇化进程较快,城市规模快速扩张,城市与城乡区域之间的和谐关系不断被打破,导致城市生态安全受到威胁^[2]。因此,从城镇化的角度研究生态安全的相关内容,对于协调人与自然的关、实现人类经济和社会的永续发展具有非常重要的意义。生态安全(ecological safety)别称环境安全(environmental safety),有广义和狭义之分,1989 年国际应用系统分析研究所提出所谓生态安全是指人具有享受健康与安乐生活的基本权利,人的生活保障来源、生存资源、社会秩序和人类适应环境变化的能力等不受威胁,包括自然生态安全、经济生态安全和社会生态安全(广义);狭义的定义指自然与半自然的生态安全^[3]。20 世纪 90 年代初期,生态安全与国家安全、食品安全、全球化的关系研究成为重点。20 世纪 90 年代后期,学者们主要是对前期研究理论的验证^[4]。21 世纪开始,生态安全与环境变化内在关系的研究成为主题,如湿地生态安全、土地生态安全等^[5-6]。国内从城镇化的角度研究生态安全始于 20 世纪 90 年代,研究的主要内容包括评价方法^[7-11]、评价模型^[12-13]、空间格局^[14-16]、价值评估^[17-19]、演变趋势^[20-21]、驱动机制^[22]、保障与预警^[23-24]。

收稿日期:2017-10-24

基金项目:国家自然科学基金地区科学基金(编号:41661106);国家自然科学基金面上项目(编号:41271168)。

作者简介:王新芸(1991—),女,甘肃张掖人,硕士研究生,主要从事干旱区人与环境相关研究。E-mail:496836680@qq.com。

通信作者:瓦哈甫·哈力克,教授,博士生导师,主要从事旅游地理与可持续发展研究。E-mail:hwahap@xju.edu.cn。

关于生态安全的研究,从最初的生态安全含义到现在生态系统自身的健康研究,学者们的研究视角有了质的飞跃,研究领域与研究对象涉及方方面面,但是以地区为单位来分析城镇化进程中的生态安全研究还很少见到,因此本试验以全国各地区[除港、澳、台的 31 个省(市、区)]为研究单位,城市生态安全为研究对象,计算并分析城镇化进程中的中国生态安全指数,对城镇化视角下的中国生态安全指数格局进行空间分析,探讨城镇化进程中生态安全指数的影响因素。

1 数据来源、指标选取与研究方法

1.1 数据来源

本研究数据来源于《中国统计年鉴(2001—2016)》《中国城市统计年鉴(2001—2016)》《中国环境统计年鉴(2001—2016)》《中国国民经济和社会发展统计公报(2001—2016)》以及各省(市、区)、各部门的统计年鉴和统计公报中相关资料。

1.2 指标选取

在参考前人大量研究成果^[8,19,25]的基础之上,除去与 PSR 模型关系不大、数据不易获得、指标内容相近的一些指标,最终筛选出关于人口、社会、经济、环境等方面,能够涵盖城镇化压力、状态、响应的 24 个指标,作为本研究的最终指标。

1.3 研究方法

1.3.1 权重计算 利用变异系数法计算指标权重,结果见表 1。

1.3.2 生态安全指数计算 生态安全指数计算公式为:

$$ESI = \sum_{i=1}^j A_{ij} W_{af}。$$

1.3.3 生态安全等级确定 参考前人研究城市生态安全的相关内容^[25-26],结合本研究指标的选取及其计算结果,将城市生态安全等级划分为 5 种,安全程度定义为 5 种,结果见表 2。

表 1 城镇化生态安全评价指标体系

准则层	序号	指标层	方向	2000 年		2005 年		2010 年		2015		均值	
				权重	排名	权重	排名	权重	排名	权重	排名	权重	排名
压力(P)	1	人口自然增长率(%)	-	0.031	4	0.030	4	0.031	3	0.030	4	0.030	5
	2	城市人口密度(人/km ²)	-	0.026	6	0.018	8	0.028	5	0.023	7	0.024	6
	3	城镇人口比重(%)	-	0.020	8	0.021	7	0.023	7	0.024	6	0.022	7
	4	城镇登记失业率(%)	-	0.029	5	0.023	5	0.048	2	0.031	3	0.033	4
	5	城镇居民恩格尔系数(%)	-	0.022	7	0.022	6	0.018	8	0.019	8	0.020	8
	6	人均 GDP(元)	+	0.064	1	0.057	1	0.050	1	0.050	2	0.055	1
	7	城市人均拥有道路面积(人/m ²)	+	0.050	2	0.034	3	0.026	6	0.024	5	0.033	3
	8	城市人均公园绿地面积(人/m ²)	+	0.045	3	0.037	2	0.030	4	0.093	1	0.051	2
状态(S)	9	性别比(女性=100)	+	0.035	6	0.026	7	0.040	5	0.046	5	0.037	7
	10	卫生技术人员数量(万人)	+	0.035	7	0.036	6	0.038	7	0.038	6	0.037	6
	11	地区生产总值(亿元)	+	0.048	3	0.052	3	0.049	3	0.047	3	0.049	3
	12	商品零售价格指数(上年=100)	+	0.019	8	0.024	8	0.021	8	0.020	8	0.021	8
	13	城镇居民可支配收入(元)	+	0.066	1	0.078	1	0.057	2	0.071	1	0.068	1
	14	建成区面积(km ²)	+	0.041	5	0.047	4	0.047	4	0.047	4	0.046	4
	15	公园面积(hm ²)	+	0.049	2	0.067	2	0.077	1	0.064	2	0.064	2
	16	森林覆盖率(%)	+	0.043	4	0.043	5	0.040	6	0.037	7	0.041	5
响应(R)	17	每 10 万人高校平均在校人数(人)	+	0.076	1	0.071	1	0.052	4	0.034	7	0.058	1
	18	二三产业比重(%)	+	0.023	8	0.020	8	0.021	8	0.022	8	0.022	8
	19	每万人拥有公共交通工具(标台)	+	0.047	4	0.045	6	0.053	3	0.044	5	0.047	5
	20	城市生活垃圾清运量(万 t)	+	0.042	6	0.047	5	0.046	6	0.047	4	0.046	6
	21	城市污水日处理能力(hm ²)	+	0.059	2	0.049	4	0.058	1	0.050	2	0.054	2
	22	城市清扫面积(hm ²)	+	0.052	3	0.054	3	0.054	2	0.053	1	0.054	3
	23	每万人拥有公厕数(座)	+	0.032	7	0.041	7	0.042	7	0.038	6	0.038	7
	24	工业污染治理完成投资(万元)	+	0.044	5	0.057	2	0.052	5	0.048	3	0.050	4

表 2 城镇化安全等级与程度

安全等级	划分标准	安全程度
I	[0,0.25]	不安全
II	(0.25,0.35]	较不安全
III	(0.35,0.50]	临界安全
IV	(0.50,0.70]	较安全
V	(0.70,1.00]	安全

1.3.4 Pearson 相关性分析 Pearson 相关性分析的计算公式为：

$$r_{(x,y)} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

式中： r 为相关系数； x 与 y 为 2 个变量，在显著水平上 r 的绝对值越接近 1，表明 2 个变量的相关程度越强。

1.3.5 主成分分析

1.3.5.1 计算相关系数矩阵 相关系数矩阵的计算公式为：

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & \cdots & r_{1p} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{p1} & \cdots & r_{pp} \end{bmatrix}。$$

式中： $r_{ij}(i,j=1,2,\cdots,p)$ 为原变量的 x_i 与 x_j 之间的相关系数，其计算公式为：

$$r_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n (x_{ki} - \bar{x}_i)(x_{kj} - \bar{x}_j)}{\sqrt{\sum_{k=1}^n (x_{ki} - \bar{x}_i)^2} \sqrt{\sum_{k=1}^n (x_{kj} - \bar{x}_j)^2}}$$

1.3.5.2 计算特征值与特征向量 对特征方程 $|\lambda_i - R| = 0$

进行求解，求出特征值 λ_i ，然后分别求出对应特征值的特征向量 e_i ，要求 $|e_i| = 1$ 。

$$\sum_{j=1}^p e_{ij}^2 = 1。$$

1.3.5.3 计算主成分贡献率及累计贡献率 主成分 z_i 的贡献率为

$$z_i \text{ 的贡献率} = \frac{\lambda_i}{\sum_{k=1}^p \lambda_k} (i=1,2,\cdots,p)。$$

累计贡献率为

$$\text{累计贡献率} = \frac{\sum_{k=1}^i \lambda_k}{\sum_{k=1}^p \lambda_k} (i=1,2,\cdots,p)。$$

1.3.5.4 计算主成分载荷 主成分载荷值的计算公式为：

$$l_{ij} = p(z_i, x_j) = \sqrt{\lambda_i e_{ij}} (i,j=1,2,\cdots,p)。$$

2 结果与分析

2.1 城镇化生态安全指数计算

通过对 4 个时间截面(2000、2005、2010、2015 年)的生态安全指数求均值，对各个地区作相应的雷达分布图(图 1)，研究结果表明，生态安全评价价值(ESI)处在 0.2~0.7 之间，最高的是广东(0.648)，最低的是西藏(0.204)，相差 0.444，少数地区处于较安全程度，大部分地区都处在不安全到临界安全状态之间。三大指标评价价值都处在 0.3 以下，压力评价价值(P)最高(0.174)是北京，最低(0.081)是贵州；状态评价价值(S)最高(0.294)是广东，最低(0.034)是宁夏；响应评价价值(R)最高(0.209)是广东，最低(0.025)是海南。各地区 S 值

和 R 值变化趋势与 ESI 变化趋势大体一致;除宁夏、青海、甘肃、内蒙古等西北地区外,受地理位置、经济等因素的限制,其他地区 P 值趋势变化与 ESI 值变化趋势一致。

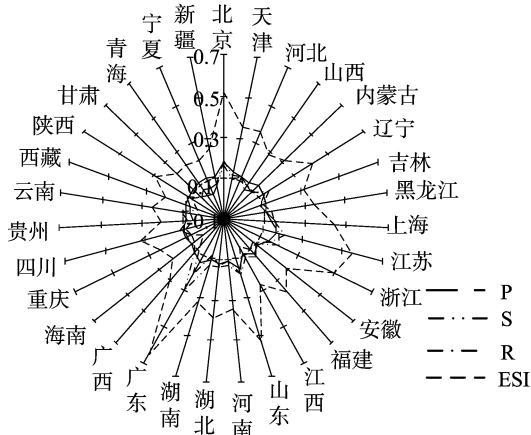


图1 城市化视角下中国生态安全指数

从图2可以看出,ESI值在2002年处于波谷,在2000—2002年处于下降阶段,2002—2015年基本处于上升阶段,其中2006、2009年这2年相对前一年呈下降趋势; P 值在2000—2015年处于波动状态,大体呈现“降—升—降—增”(缓慢增长)的趋势,最高值为0.18(2000年),最低值为0.10(2006年),变化幅度不大; S 值在2000—2015年大体上呈稳定增长趋势,除个别年份(2002、2005、2009、2012年),相比前一年有所降低,在2000—2007年之间,低于 P 值和 R 值,在2007—2015年之间,大体上都高于 P 值和 R 值,除2009年略低于 R 值; R 值与 ESI 值变化趋势基本一致,以2003年为节点,2003年前呈现下降趋势,2003年后呈现增长趋势,相比2003—2010年,2010—2015年增长速度略有所降低。

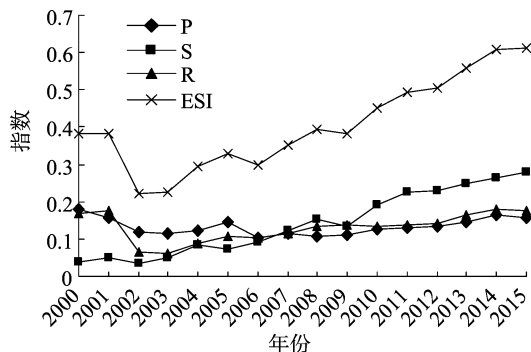


图2 全国城市化视角下生态安全变化趋势(2000年—2015年)

2.2 城镇化生态安全空间分布格局

以 ArcGIS10.2 为软件依托,按照前面生态安全格局安全等级划分的标准,对全国各地区4个时间截面(2000、2005、2010、2015年)的生态安全格局进行空间分析(图3),结果表明,全国4个时间节点的安全程度都没有达到安全级别,大部分地区都处在不安全到临界安全之间;临界安全与较安全的地区都处在东南沿海地区,西北地区都处在不安全与较不安全之间;纵观全国,2000—2005年临界安全与较安全地区分布在增多,由较不安全转变为临界安全的地区如河南、福建,由临界安全转变为较安全的地区如江苏、浙江,都是东南沿海发达地区,不安全的地区也在增多,由较不安全演变为不安全

的地区如西藏、云南、贵州等,都是西部欠发达地区;相比2005年,2010年安全程度总体降低,变化最大的是较安全与较不安全地区,如北京与浙江都由较安全转变为临界安全状态,河南、湖北、湖南、福建等地区由临界安全转变为较不安全;相比2010年,2015年大部分地区生态安全保持在2010年水平,个别地区生态安全有所降低,如除山西由较不安全转变为不安全,西北地区的青海由不安全转变为较不安全,东部一些地区生态安全状态有所好转,如浙江由临界安全转变为较安全,江苏、河北、天津由较不安全转变为临界安全;相比2000年,2015年全国生态安全两级分化比较明显,东南沿海地区,生态安全还是明显好转地区,西部地区呈退化状态,大部分由较不安全向不安全退化。

2.3 城镇化生态安全影响因素分析

2.3.1 Pearson 相关分析 用软件 SPSS 19 对压力(P)、状态(S)响应(R)指数与其指标作了相应的 Pearson 相关性分析(表3、表4、表5、表6)。表3表明,3个时间截面数据压力指数(P)与城市人均 GDP 和城市人均公园绿地面积均在 0.01 水平呈显著正相关,相关系数呈现增长趋势,说明相关性在逐渐增强;压力指数(P)与人口自然增长率在 2000—2015 年由存在相关性转变为没有相关性;压力指数(P)与城镇人口比重在 0.05 水平呈显著负相关,说明城镇化压力随城镇人口比重的增大而减小;压力指数(P)与城镇登记失业率、城镇居民恩格尔系数在 2000、2015 年不存在相关性,在 2005、2010 年在 0.05 水平呈显著正相关,可见压力指标与压力指数相关关系不是固定不变的。

状态指数预期指标的 Pearson 相关分析结果(表4)表明,4个时间截面数据,状态指数(S)与卫生技术人员数量、地区生产总值、城镇居民可支配收入、建成区面积、公园面积均在 0.01 水平极显著相关,且相关系数都在 0.5 左右,说明具有强相关性,状态指数(S)与森林覆盖率在 2000—2015 年的相关关系为“极显著(0.01)正相关—显著(0.05)正相关—不相关”。

响应指数与其指标的 Pearson 相关分析结果(表5)表明,响应指数(R)与二三产业比重、城市生活垃圾清运量、城市污水日处理能力、城市清扫面积、工业污染治理完成投资均在 0.01 水平极显著正向相关,且相关系数都在 0.5 以上,除与二三产业比重的相关系数在 2000—2015 年呈现递减趋势外,与其他指标都呈现增长的趋势,说明响应指数(R)与上述指标相关性很强;响应指数(R)与每 10 万人高校平均在校人数指标的相关显著性在 2000—2015 年由极显著(0.01)转变为显著(0.05),且相关系数也在渐渐降低,由 2000 年的 0.647 变为 2015 年的 0.368,说明 R 与每 10 万人高校平均在校人数指标的相关程度减弱;2000—2015 年响应指数(R)与每万人拥有公共交通工具的关系由不相关转变为在 0.01 极显著性正相关;响应指数(R)与每万人拥有公厕数不存在相关关系。

生态安全指数(ESI)与其指标的 Pearson 相关性分析结果(表6)表明,生态安全指数(ESI)与其三大子系统都在 0.01 水平极显著正向相关,且相关系数均在 0.6 以上,呈强或极强的相关性;在 2000—2015 年之间,除与压力指数的相关系数处于波动状态外,与状态指数、响应指数的相关系数呈现稳定的增长趋势,快接近 1,说明相比压力指数,生态安全指数

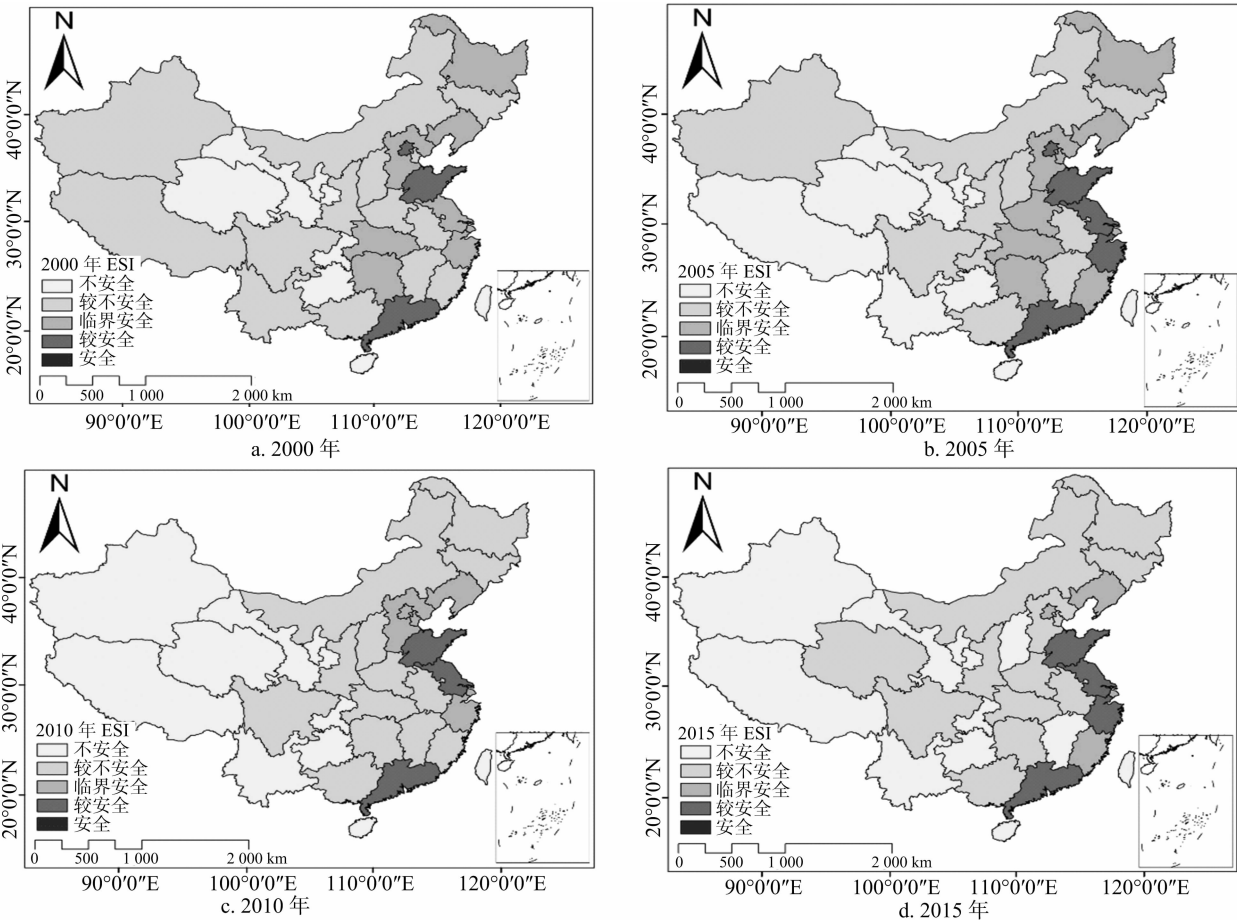


图3 2000—2015 年城市化视角下中国生态安全空间格局趋势

表 3 中国城镇化生态安全压力指数与压力指标的 Pearson 相关分析

年份	压力指数与压力指标的 Pearson 相关系数							
	人口自然增长率	城市人口密度	城镇人口比重	城镇登记失业率	城镇居民恩格尔系数	人均 GDP	城市人均拥有道路面积	城市人均公园绿地面积
2000	0.362 *	-0.510	-0.384 *	0.023	0.137	0.459 **	0.536 **	0.585 **
2005	0.566 **	0.146	-0.742 **	0.431 *	0.716 **	0.797 **	0.310	0.510 **
2010	0.476 *	0.519 **	-0.678 **	0.521 **	0.581 **	0.748 **	0.351	0.585 **
2015	0.205	0.243	-0.632 **	0.192	0.317	0.746 **	-0.100	0.748 **

注：**、* 表示在 0.01、0.05 水平上显著。表 4、表 5、表 6 同。

表 4 中国城镇化生态安全状态指数与状态指标的 Pearson 相关分析

年份	状态指数与状态指标的 Pearson 相关系数							
	性别比 (女性 = 100)	卫生技术人员数量	地区生产总值	商品零售价格指数	城镇居民可支配收入	建成区面积	公园面积	森林覆盖率
2000	-0.188	0.759 **	0.882 **	0.283	0.494 **	0.805 **	0.873 **	0.517 **
2005	-0.071	0.757 **	0.900 **	0.335	0.626 **	0.875 **	0.872 **	0.425 **
2010	0.05	0.788 **	0.891 **	-0.017	0.596 **	0.875 **	0.868 **	0.423 *
2015	0.257	0.781 **	0.911 **	-0.270	0.623 **	0.844 **	0.868 **	0.312

表 5 中国城镇化生态安全响应指数与响应指标的 Pearson 相关分析

年份	响应指数与响应指标的 Pearson 相关系数							
	每 10 万人高校平均在校人数	二三产业比重	每万人拥有公共交通工具	城市生活垃圾清运量	城市污水日处理能力	城市清扫面积	每万人拥有公厕数	工业污染治理完成投资
2000	0.647 **	0.770 **	0.237	0.747 **	0.755 **	0.734 **	0.143	0.711 **
2005	0.548 **	0.725 **	0.228	0.746 **	0.809 **	0.817 **	0.173	0.725 **
2010	0.426 *	0.636 **	0.174	0.842 **	0.760 **	0.857 **	0.148	0.611 **
2015	0.368 *	0.556 **	0.535 **	0.891 **	0.851 **	0.843 **	0.201	0.735 **

表 6 中国城镇化生态安全综合指数与 PSR 相关分析

年份	综合指数与 PSR 相关系数		
	压力指数	状态指数	响应指数
2000	0.752 **	0.896 **	0.906 **
2005	0.865 **	0.904 **	0.951 **
2010	0.780 **	0.918 **	0.930 **
2015	0.635 **	0.931 **	0.943 **

(ESI)与状态指数与响应指标的相关性更强。

2.3.2 主成分分析 由表 7 可知,提取出的主成分累计贡献

表 7 压力指标主成分分析结果

年份	主成分	主成分值							
		人口自然增长率	城市人口密度	城镇人口比重	城镇登记失业率	城镇居民恩格尔系数	人均 GDP	城市人均拥有道路面积	城市人均公园绿地面积
2000	F1	0.755	-0.665	-0.895	0.489	0.052	0.892	-0.159	-0.339
	F2	0.136	0.320	0.146	0.294	0.740	-0.249	-0.799	-0.446
	F3	0.419	0.481	-0.274	-0.637	0.211	0.201	-0.136	0.445
2005	F1	0.690	0.103	-0.972	0.388	0.581	0.921	0.179	0.428
	F2	-0.489	-0.344	0.095	0.655	-0.220	0.091	0.742	0.277
	F3	-0.143	0.816	-0.059	-0.358	-0.336	0.019	0.313	0.515
2010	F1	0.693	0.227	-0.927	0.403	0.702	0.912	-0.066	0.332
	F2	-0.275	0.521	0.182	0.062	0.148	-0.103	0.881	0.749
	F3	0.449	-0.319	0.114	-0.738	0.404	-0.188	0.108	0.177
2015	F1	0.719	-0.280	-0.916	-0.149	0.685	0.810	-0.539	0.386
	F2	-0.182	0.785	-0.293	0.734	-0.064	0.469	0.312	0.061
	F3	0.524	0.131	-0.036	-0.171	0.157	0.051	0.454	-0.786

注:2000、2005、2010、2015 年的 KMO 分别为 0.648、0.545、0.493、0.534,累计贡献率分别为 73.585%、70.909%、73.991%、72.426%。

由表 8 可知,提取出的主成分累计贡献率都在 75% 以上,说明提取的主成分具有代表性;检验值都大于 0.6,可见主成分分析是可行的。在 4 个时间截面中,第一主成分与卫生技术人员数量、地区生产总值、建成区面积、公园面积呈现极强的正相关,说明第一主成分涵盖了社会、经济、环境与空间的状态;2000、2005 年,第二主成分与森林覆盖率呈现强的正相关,在 2010 年与 2015 年相关性减弱程度很大,说明第二

率都在 70% 以上,说明提取的主成分具有代表性;除去 2010 年,其他检验值都大于 0.5,说明主成分分析是可行的。在 4 个时间截面中,第一主成分(F1)与人口自然增长率呈强相关,与人均 GDP 呈极强的正相关,与城镇人口比重呈极强的负相关,主要反映了人口压力和收入压力;第二主成分(F2)与城市人均拥有道路面积呈强相关,可见第二主成分是空间压力的代表;第三主成分(F3)与城镇登记失业率在 2000、2010 年呈现很强的负相关,与城市人口密度在 2005 年呈极强正相关,与人口自然增长率在 2015 年呈强的正相关,说明第三主成分是人口与就业压力的代表。

主成分也在随着某些因素的变化而变化,除此之外,第二主成分与性别比在 4 个时间截面呈现正相关,可以认为第二主成分是人口状态的代表;除 2005 年,第三主成分与商品零售价格指数呈现出较强的正相关,除此之外与城镇居民可支配收入在 2000、2005 年均呈现强的正相关,一方面说明第三主成分主要是经济状态的代表,另一方面说明随着一些些因素的变化,第三主成分也在变化。

表 8 状态指标主成分分析结果

年份	主成分	主成分值							
		性别比 (女性=100)	卫生技术人员数量	地区生产总值	商品零售价格指数 (上年=100)	城镇居民可支配收入	建成区面积	公园面积	森林覆盖率
2000	F1	-0.492	0.882	0.955	0.278	0.289	0.950	0.915	0.284
	F2	0.660	0.054	-0.109	0.305	-0.278	0.019	0.139	0.812
	F3	-0.143	-0.368	0.050	0.564	0.728	-0.239	0.013	0.189
2005	F1	-0.303	0.886	0.970	0.324	0.468	0.976	0.895	0.210
	F2	0.770	0.093	-0.117	0.732	-0.369	-0.025	0.080	0.725
	F3	0.302	-0.291	0.023	-0.352	0.719	-0.090	0.114	0.426
2010	F1	-0.304	0.924	0.974	-0.106	0.469	0.979	0.863	0.222
	F2	0.598	-0.224	0.006	-0.616	0.762	-0.111	0.050	0.119
	F3	0.591	-0.022	-0.047	0.588	-0.118	-0.020	0.244	0.693
2015	F1	0.039	0.915	0.960	-0.360	0.400	0.949	0.918	0.265
	F2	0.846	-0.271	-0.070	-0.365	0.662	-0.193	0.093	-0.061
	F3	0.148	-0.024	0.204	0.649	0.172	0.159	0.004	-0.801

注:2000、2005、2010、2015 年的 KMO 分别为 0.627、0.705、0.626、0.641,累计贡献率分别为 78.875%、84.749%、81.598%、80.777%。

由表 9 可知,提取出的主成分累计贡献率都在 75% 以上,说明提取的主成分具有代表性;检验值都大于 0.6,说明

主成分分析是可行的。在 4 个时间截面中,第一主成分与二三产业比重、城市生活垃圾清运量、城市污水日处理能力、城

市清扫面积、工业污染治理完成投资都呈现出强或极强的正相关,说明第一主成分可以代表城市经济政策和城市环境响应;第二主成分与每 10 万人高校平均在校人数、每万人拥有公共交通工具呈强正相关,可以认为第二主成分是人口响应和空间响应的代表;第三主成分与每万人拥有公厕数呈强或极强的正相关,说明第三主成分是环境卫生响应代表。

表 9 响应指标主成分分析结果

年份	主成分	主成分值							
		每 10 人高校 平均在校人数	二三产业比重	每万人拥有 公共交通工具	城市生活垃圾 清运量	城市污水日 处理能力	城市清扫面积	每万人拥有 公厕数	工业污染治理 完成投资
2000	F1	0.415	0.733	-0.054	0.864	0.781	0.859	-0.021	0.854
	F2	0.813	0.471	0.810	-0.314	0.137	-0.308	0.052	-0.245
	F3	0.165	0.471	-0.243	-0.314	0.137	-0.308	0.962	-0.245
2005	F1	0.291	0.589	-0.097	0.872	0.888	0.952	0.090	0.846
	F2	0.829	0.664	0.783	-0.208	-0.040	-0.201	0.209	-0.176
	F3	-0.075	0.129	-0.285	0.229	-0.074	-0.057	0.947	-0.201
2010	F1	0.325	0.523	-0.235	0.919	0.871	0.942	-0.182	0.704
	F2	0.646	0.708	0.644	-0.029	-0.146	-0.098	0.506	-0.129
	F3	-0.592	-0.237	0.377	0.241	0.174	0.248	0.693	-0.108
2015	F1	0.356	0.560	0.460	0.946	0.910	0.910	-0.042	0.710
	F2	0.827	0.573	0.662	-0.200	-0.250	-0.355	0.025	-0.253
	F3	-0.182	0.064	0.156	-0.073	-0.104	-0.081	0.961	0.330

注:2000、2005、2010、2015 年的 KMO 分别为 0.727、0.667、0.641、0.741,累计贡献率分别为 80.817%、82.684%、78.515%、82.139%。

3 讨论与结论

3.1 讨论

本研究靶区是中国各个地区,研究对象是城镇化的生态安全现状评价空间分布及影响因素分析,而前人关于城市生态安全的研究都是以城市为单位,因此,研究结果更能反映某一地区的实际情况,同时也会与实际有一定出入。在城市生态安全评价结果中,状态评价价值(S)和响应评价价值(R)变化趋势与生态安全评价价值(ESI)大体一致,说明本研究关于P和R的指标选取较好,能较为明显地反映各地区城市生态安全与状态和响应的关系,压力评价价值(P)除宁夏、青海、甘肃、内蒙古等西北地区外,其他地区趋势变化与ESI值变化趋势一致,说明上述地区受地理位置及经济的限制,城市生态压力较大,同时也说明压力指数的指标不能全面反映各地区城市压力状态。

本研究遵循系统性原则,将全国各地区的PSR指数进行空间分析与关联分析,指出各系统综合指数与其指标的相关关系,受到数据的局限性,对ESI变化趋势的分析只是针对系统的相应指标来分析,不能全面地反映各地区的生态安全状况与发展情况,有一定的缺陷性,因此,在今后的研究中应多方面收集资料数据,参考更多的因子来分析各地区生态安全发展趋势以及。

3.2 结论

本试验在参考前人研究的基础上选择城镇化视角下的24个指标,基于PSR模型作4个时间截面上的中国各地区的生态安全现状评价的空间表达及影响因素分析,研究结论主要有以下4个方面:全国各地区生态安全(ESI)评价价值处在0.2~0.7之间,三大指标评价价值都处在0.3以下,ESI值与PSR值最高值都出现在东南沿海及经济发达地区如北京、广东等,最低值都出现在西北及经济落后地区如西藏、贵州等;少数地区处于较安全程度,大部分地区都处在不安全到临界安全状态之间。总体而言,全国2000—2015年的ESI及其

PSR三大子系统的指数整体上呈现上升趋势,表明中国生态安全程度有所好转;就局部而言,各地区4个时间节点的安全程度都没有达到安全级别,大部分地区都处在不安全到临界安全之间,临界安全与较安全的地区都处在东南沿海地区,西北地区都处在不安全与较不安全之间,因此,各地区政府要结合当地实际情况,带动人民群众,重视城市生态安全问题。通过主成分分析得出三大系统与其指标的相关系数、显著性水平随着年份的不同而不同,表明各指数与其指标的相关关系不是固定不变的,而是随着年份及其他因素而发生变化。通过Pearson相关分析结果与主成分分析结果进行对比分析,得出中国生态安全的影响因素主要是经济(人均GDP、地区生产总值、二三产业比重)、人口质量(卫生技术人员、每10万人高校平均在校人数)、环保(公园面积、城市污水日处理能力、城市清扫面积)、市政设施建设(建成区面积)等。因此,今后在研究城市生态安全的问题中应该主次分明,重点研究上述问题。

参考文献:

[1]刘 华,安晓勇. 中国西部的生态安全及其立法探究[C]// 中国法学会环境资源法学会研究会 2011 年会——2011 年全国环境资源法学会研讨会暨中国环境资源法学会筹备会议. 桂林:桂林电子科技大学,2011.

[2]吴志强,李德华. 城市规划原理[M]. 4 版. 北京:中国建筑工业出版社,2010:83.

[3]杨京平. 生态安全的系统分析[M]. 北京:化学工业出版社,2002:131-132.

[4]汪劲柏. 城市生态安全空间格局研究[D]. 上海:同济大学,2006.

[5]Gao J J,Lv S H,Zheng Z R,et al. Ecological safety assessment in hulunbeier steppe based on the landscape pattern[J]. Advanced Materials Research,2013,726-731:1121-1129.

[6]Zhu J,Tao X. Evaluation of land ecological safety based on fuzzy Matter-Element theory[J]. Journal of Computers,2011,6(12):

向 丽. 长江经济带土地生态安全综合评价及比较研究[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(7): 282-286.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.07.069

长江经济带土地生态安全综合评价及比较研究

向 丽^{1,2}

(1. 哈尔滨工业大学管理学院, 黑龙江哈尔滨 150001; 2. 贺州学院旅游与体育健康学院, 广西贺州 542899)

摘要:保障区域土地生态安全, 对于促进长江经济带经济社会可持续发展具有重要意义。以长江经济带 11 省(市)为研究样本, 基于压力-状态-响应(PSR)模型构建土地生态安全评价指标体系, 采用因子分析法和聚类分析法, 对长江经济带土地生态安全水平进行综合评价和比较分析。结果表明, 长江经济带整体土地生态安全水平不高, 具有明显的地区异质性, 且呈现“上游地区 > 中游地区 > 下游地区”的空间分布特征。云南省的土地生态安全水平最高, 其次是贵州省, 四川省排名第 3。长江经济带 11 省(市)的土地生态安全水平可划分为 4 个不同分区。其中, 云南省、贵州省和四川省位于土地生态安全区; 安徽省和重庆市位于土地生态相对安全区; 江西省和湖北省位于土地生态临界安全区; 湖南省、江苏省、浙江省和上海市均位于土地生态不安全区。

关键词:长江经济带; 土地生态安全; PSR 模型; 因子分析; 聚类分析

中图分类号: X826 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)07-0282-05

长江经济带建设现已上升为新一轮国家战略, 2014 年出台的《国务院关于依托黄金水道推动长江经济带发展的指导意见》明确了长江经济带在我国经济发展中“生态文明建设的先行示范带”的战略定位。作为我国经济发展的重要战略区, 长江经济带 11 省(市)资源优势突出, 且具备良好的产业

融合基础。土地资源是区域资源禀赋的核心要素和产业发展的重要载体, 强化土地资源的合理配置和集约利用, 保障区域土地生态安全, 对于促进长江经济带经济社会可持续发展具有重要意义。土地生态安全最早可追溯至 Leopold 在 1949 年提出的“土地健康”的概念^[1], 之后学者们开始关注土地生态系统问题^[2-3]。学界以人地关系理论、可持续发展理论、景观生态学理论、突变理论、耗散理论、复杂科学理论、土地安全预警理论、适宜性评价理论等为研究基础, 从区域生态安全、生态风险、土地健康、土地利用安全格局、耕地资源生态安全、土

收稿日期: 2016-11-11

基金项目: 国家社会科学基金(编号: 15BMZ080)。

作者简介: 向 丽(1982—), 女, 四川内江人, 博士研究生, 副教授, 研究方向为区域经济可持续发展。E-mail: xiang30185@163.com。

2639-2646.

[7] 周文华, 王如松. 城市生态安全评价方法研究——以北京市为例[J]. 生态学杂志, 2005, 24(7): 848-852.

[8] 谢花林, 李 波. 城市生态安全评价指标体系与评价方法研究[J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 2004, 40(5): 705-710.

[9] 张 杨, 彭文英, 刘艳芳. 基于空间格局的城市热环境生态安全评价[J]. 生态经济, 2016, 32(8): 165-169.

[10] 郭秀锐, 杨 莹, 陈东升, 等. 北京城市生态安全评价研究[J]. 安全与环境学报, 2009, 9(2): 72-76.

[11] 赵 清, 杨志峰, 陈 彬. 城市自然生态安全动态评价方法及其应用[J]. 生态学报, 2009, 29(8): 4138-4146.

[12] 魏兴萍. 城市生态安全多种评价模型及应用[J]. 信阳师范学院学报(自然科学版), 2010, 23(3): 410-414.

[13] 伍 阳, 蒋加洪, 甘 欣. 京津沪渝生态安全评价指标体系的选择及其评价[J]. 四川环境, 2017, 36(1): 89-95.

[14] 杨 俊, 李雪铭, 张 云. 基于因果网络模型的城市生态安全空间分异——以大连市为例[J]. 生态学报, 2008, 28(6): 2774-2783.

[15] 李 绥, 石铁矛, 付士磊, 等. 南充城市扩展中的景观生态安全格局[J]. 应用生态学报, 2011, 22(3): 734-740.

[16] 胡海德, 李小明, 杜宇飞. 大连城市生态安全格局的构建[J]. 东北师大学报(自然科学版), 2013, 45(1): 138-143.

[17] 曹先磊, 刘高慧, 张 颖, 等. 城市生态系统休闲娱乐服务支付

意愿及价值评估——以成都市温江区为例[J]. 生态学报, 2017, 37(9): 2970-2981.

[18] 谭明亮, 段争虎, 陈小红, 等. 半干旱区城市人工森林生态系统服务价值评估——以兰州市南北两山环境绿化工程区为例[J]. 中国沙漠, 2012, 32(1): 219-225.

[19] 彭 建, 王仰麟, 陈燕飞, 等. 城市生态系统服务功能价值评估初探——以深圳市为例[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2005, 41(4): 594-604.

[20] 王 耕, 钟春利. 基于 P-S-R 框架辽宁省 2003—2012 年城市生态安全演变趋势研究[J]. 环境科学与管理, 2016, 41(2): 121-127.

[21] 陶晓燕. 资源枯竭型城市生态安全评价及趋势分析——以焦作市为例[J]. 干旱区资源与环境, 2014, 28(2): 53-59.

[22] 陈 爽, 刘云霞, 彭立华. 城市生态空间演变规律及调控机制——以南京市为例[J]. 生态学报, 2008, 28(5): 2270-2278.

[23] 徐建华. 计量地理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006: 95-98.

[24] 黄国和, 安春江, 范玉瑞, 等. 珠江三角洲城市群生态安全保障技术研究[J]. 生态学报, 2016, 36(22): 7119-7124.

[25] 高长波, 陈新庚, 韦朝海, 等. 熵权模糊综合评价法在城市生态安全评价中的应用[J]. 应用生态学报, 2006, 17(10): 1923-1927.

[26] 郑泽娜, 周 伟. 基于主成分的河北省地级城市生态安全预警评价[J]. 中国农学通报, 2013, 29(14): 118-123.