

Study on Ecological Security Assessment of Hubei Province

Tang Shang-ying, Song Sheng-bang

(The school of Economics and Management of China University of Geosciences, Wuhan, 430074, China)

Abstract: In this paper, the ecological security evaluation index system and synthetic evaluation method was established based on the PSR (Pressure—State—Response) model, and the concept of coordination degree was introduced, so as to make objective appraisal to the Hubei Province's ecological security condition from 1994 to 2008. The results showed that 1994—2008 year Hubei province's ecosystem pressure index, state index, response index and the system of ecological security composite index showed a steady growth in the whole, and it's ecological security level from the unsafe condition and the criticality safety condition, entered to the secure state, the ecological security overall condition has shown significant improvement; coordination degree index and ecological security comprehensive index has high correlation, which showed better coordination of ecosystem internal pressure, state and response system.

Keywords: ecological security; PSR model; assessment; Hubei province

湖北省生态安全评价研究

汤尚颖, 宋胜帮

(中国地质大学(武汉)经济管理学院, 湖北 武汉, 430074)

摘要: 本文建立了基于 PSR 模型(压力—状态—响应模型)的生态安全评价指标体系和综合评价方法,同时引入了协调度概念,以对湖北省 1994—2008 年的生态安全状况做客观的评价。结果表明:1994—2008 年湖北省生态系统的压力指数、状态指数、响应指数和系统生态安全综合指数在整体上呈稳步增长之势,其生态安全水平从较不安全状态和临界安全状态,进入到较安全状态,生态水平状况整体明显好转;系统协调度指数与系统生态安全综合指数有较高的正相关关系,说明生态系统内压力、状态和响应系统之间的协调性较好。

关键词: 生态安全; PSR 模型; 评价; 湖北省

一、引言

随着科技的进步和生产水平的提高,人类正以前所未有的规模和强度改造着自然生态系统,然而正当人类为自己所创造的巨大物质财富和灿烂的精神文明欢呼的时候,与之相伴随的一系列生态环境问题在给人类的生产生活带来严重的阻碍和破坏的同时,也使人类所处的生态系统受到极大的损害。因此对生态安全问题的研究已经上升到国家的高度,并日益成为热点问题。

1977 年 L. R. Brown 最早提出了生态安全的概念^[1]; Wackernagel 等提出了“生态足迹”的概念及模型,以对区域的可持续发展能力状况作出客观的评价^[2]; Jerry 等人以古巴首都为例,通过采用压力—状态—暴露—影响—响应(DPSEEA)模型,对建立

生态系统健康评价指标体系的方法进行了研究^[3];国内对生态安全的研究起步相对较晚,在实际研究中,赵丽惠提出了生物多样性保护的区域生态安全格局模式^[4];程淑兰和曲格平等对生态安全的概念和特点做了论述,并提出了实现我国生态安全的战略措施^{[5][6]};吴国庆对农业的生态安全状况做了系统的评价和研究^[7];肖笃宁等对生态安全、生态系统健康和生态风险之间的联系做了阐述^[8];不少学者对城市和干旱区的生态安全问题做了探讨^{[9][10]};还有一些学者对牧区草原的生态安全和我国的生态建设成效状况做了评价研究^{[11][12]}。国内外的相关研究具有十分重要的理论和实践意义,但是我们应该看到相关研究在评价指标的选取和评价方法的运用上并没有获得共识,同时对研究区域做时间序

列的动态分析及对其未来发展变化的趋势做研究的还有所不足。本文针对湖北省的实际情况，以湖北省突出的生态环境问题为中心，建立了一个基于PSR模型（压力—状态—响应模型）的生态安全评价指标体系和综合评价方法^[13]，对湖北省1994—2008年的生态安全状况做客观的评价，并建立了相应的预测模型，以其为保障湖北省生态环境的安全和实现可持续发展提供科学的理论依据。

二、评价指标体系的构建与评价方法

（一）评价指标体系的构建

本文在进行湖北省生态安全评价指标的选择时，根据生态安全的内涵和PSR模型，在力求全面考虑影响湖北省生态安全各种因素的基础上，遵循科学性、典型性和数据的易得性等原则，从压力、状态和响应三个层面构建了湖北省生态安全评价指标体系（见表1）。

表1 湖北省生态安全评价指标体系及其权重

目标层	准则层	权重	指标层	权重
生态安全综合指数	压力	0.33	人口自然增长率（%）	0.149
			人口密度（人/平方公里）	0.081
			人均耕地面积（公顷/人）	0.108
			人均日生活用水量（升/人）	0.081
			城市化率（%）	0.164
			万元GDP能耗（吨标煤/万元GDP）	0.103
			万元GDP工业废水排放量（吨/万元GDP）	0.104
			万元GDP工业固体废物产生量（吨/万元GDP）	0.106
			万元GDP工业废气排放量（m ³ /万元GDP）	0.104
	状态	0.33	建成区绿化覆盖率（%）	0.241
			人均公共绿地面积（平方米/人）	0.352
			城镇居民家庭恩格尔系数（%）	0.104
			农村居民家庭恩格尔系数（%）	0.160
			人均GDP（元/人）	0.031
			农民人均纯收入（元/人）	0.068
			人均财政收入（元/人）	0.045
	响应	0.33	R & D投入占GDP的比重（%）	0.194
			环境污染治理投资占GDP的比重（%）	0.302
			工业废水排放达标率（%）	0.098
			工业固体废弃物综合利用率（%）	0.137
			工业二氧化硫排放量达标率（%）	0.216
			第三产业占GDP的比重（%）	0.053

（二）数据的处理和评价指标权重的确定

鉴于本文中的指标有效益型（指标值越大越好）和成本型（指标值越小越好）之分，故采用如下公式分别对其原始数据进行标准化处理：

$$\text{效益型指标: } Z_{ij} = \frac{x_{ij} - \min(x_j)}{\max(x_j) - \min(x_j)}$$

$$\text{成本型指标: } Z_{ij} = \frac{\max(x_j) - x_{ij}}{\max(x_j) - \min(x_j)}$$

式中： X_{ij} 和 Z_{ij} 分别是第*i*年第*j*个指标的原始值和标准化后的值， $\max(X_j)$ 和 $\min(X_j)$ 分别是第*j*个指标的最大值和最小值。指标权重的大小反映了该指标对评价对象影响程度的轻重，本文采用层次分析法（AHP法）来确定指标的权重，各判断矩阵通过一致性检验（结果见表1）。

（三）生态安全综合指数的计算

生态安全综合指数是系统压力、系统状态和系统响应这三个方面的指数的加权值，在得到各个评价指标的标准值和其权重的基础上，就可得到生态安全综合指数：

$$T = k_1 * \sum_{j=1}^9 W_j * Z_{ij} + k_2 * \sum_{j=10}^{16} W_j * Z_{ij} + k_3 * \sum_{j=17}^{22} W_j * Z_{ij} \quad (1)$$

其中T为生态安全综合指数， W_j 为第*j*个指标的权重， k_1 、 k_2 和 k_3 分别是压力、状态和响应系统的权重。

为了全面的衡量湖北省的生态安全状况，本文引入协调度的概念，以客观的评价压力、状态和响应系统的协调水平。

$$C = (T_p + T_s + T_r) / \sqrt{(T_p^2 + T_s^2 + T_r^2)} \quad (2)$$

其中C为协调度指数，其值越大，表明压力、状态和响应系统的协调性越高，湖北省生态环境的质量就越好，生态安全水平就越高，反之则越低。

(四) 生态安全综合指数评判标准

为了对湖北省的生态安全状况有一个清晰的认识，本文在参考相关文献和咨询专家的基础上^{[7][9]}，并结合本文的计算结果，建立了一个5个等级的生态安全水平度量标准(表2)。

表2 生态安全指数度量标准

生态安全综合指数	[0, 0.25]	(0.25, 0.45]	(0.45, 0.55]	(0.55, 0.75]	(0.75, 1]
等级	很不安全	较不安全	临界安全	较安全	安全

三、实证分析

本文相关数据主要取自《湖北统计年鉴》(1995—2009年)和相关的调查资料，由于本文所取的指标数值时间跨度较长，极个别指标的少部分年份数

据不完整，因此本文取该指标相邻年份数据的平均值来代替。根据公式(1) — (2)即可得到湖北省生态系统的压力指数、状态指数、响应指数、生态安全综合指数及其协调度指数(表3、图1)。

表3 1994—2008年湖北省生态安全水平变化综合评价表

年份	压力指数	状态指数	响应指数	生态安全综合指数	协调度指数
1994	0.237	0.386	0.155	0.257	1.626
1995	0.420	0.482	0.186	0.359	1.634
1996	0.439	0.555	0.146	0.376	1.578
1997	0.453	0.503	0.357	0.433	1.716
1998	0.526	0.522	0.406	0.480	1.721
1999	0.533	0.504	0.529	0.517	1.732
2000	0.662	0.568	0.420	0.545	1.704
2001	0.677	0.513	0.452	0.542	1.706
2002	0.652	0.414	0.433	0.495	1.693
2003	0.674	0.561	0.651	0.622	1.727
2004	0.691	0.418	0.494	0.529	1.693
2005	0.691	0.411	0.675	0.586	1.693
2006	0.695	0.450	0.688	0.605	1.703
2007	0.740	0.658	0.677	0.685	1.730
2008	0.775	0.669	0.704	0.709	1.729

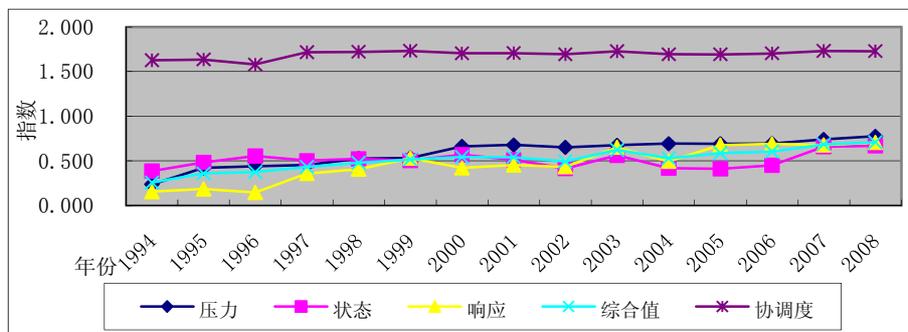


图1 1994—2008年湖北省生态安全变化综合评价图

(一) 系统压力指数变化

从表 3 和图 1 可知, 1994—2008 年湖北省生态系统压力指数整体上呈稳步增加之势, 从 1994 年的 0.237 增长到 2008 年的 0.775, 年均增长 10.2%。由于生态系统压力指数是逆向指标, 因此该指标值的增加, 说明在 1994—2008 年的经济社会发展中湖北省十分注重生态环境的保护和建设, 开展节能降耗工作, 积极引进新技术新设备提高资源利用效率, 因而人们的各种生产生活活动对生态环境造成的压力呈减小的趋势, 主要表现在湖北省的人口自然增长率、万元 GDP 能耗、万元 GDP 工业废水排放量、万元 GDP 工业固体废物产生量和万元 GDP 工业废气排放量分别以年均 13.1%、9.3%、23.6%、10% 和 9% 的速率逐步减少, 利用 SPSS13.0 可以得到湖北省生态系统压力指数的动态变化模型为: $y_1 = 0.343 + 0.031x$ ($R^2 = 0.857$, 通过显著性检验), 可见其未来发展变化呈增长之势。

(二) 系统状态指数变化

1994—2008 年湖北省生态系统状态指数整体上呈增长之势 (见表 3), 从 1994 年的 0.386 增长到 2008 年的 0.669, 增幅较大。这一变化主要得益于在这十五年间湖北省的建成区绿化覆盖率、人均 GDP 和农民人均纯收入的快速增加, 以及湖北省城镇和农村居民家庭恩格尔系数的不断减少。随着经济社会的快速发展, 湖北省的各项事业取得了很大的成绩, 人均 GDP 从 1994 年的 2991.33 元增长到 2008 年的 19860 元, 经济的快速发展, 使人们的收入水平和生活水平有了很大的变化, 相应的农民人均纯收入从 1170.06 元增长到 4656.38 元, 城镇和农村居民家庭恩格尔系数分别从 47.8% 和 64.1% 逐步减少到 42.2% 和 46.9%, 城市建成区绿化覆盖率从 22.4% 增长到 37.6%。湖北省生态系统状态指数的动态变化模型为: $y = 0.271 + 0.139x - 0.022x^2 + 0.001x^3$ ($R^2 = 0.642$, 通过显著性检验), 可见其未来发展变化呈增长之势。

(三) 系统响应指数变化

表 3 和图 1 告诉我们, 1994—2008 年湖北省生态系统响应指数总的发展变化趋势是逐步增长的, 其主要原因是在经济社会的发展中, 湖北省的环保和研发的投入占 GDP 的比重不断加大, 分别从 1994 年的 0.68% 和 1.08% 增加到 2008 年的 0.8% 和 1.31%, 加之湖北省大力推进节能减排工作和努力

推进第三产业的快速发展, 使得湖北省的工业废水排放达标率、工业固体废弃物综合利用率和工业二氧化硫排放量达标率不断提高, 第三产业占 GDP 的比重不断增长。湖北省生态系统响应指数的动态变化模型为: $y = 0.142 + 0.04x$ ($R^2 = 0.860$, 通过显著性检验), 其未来发展呈增长之势。

(四) 系统生态安全综合指数变化

从表 3 和图 1 中可以发现, 1994—2008 年湖北省生态系统生态安全综合指数整体上呈快速上升之势, 从 1994 年的 0.257 快速增加到 2008 年的 0.709, 年均增长 12.9%。结合表 2 可知, 1994—2008 年湖北省的生态安全水平状况可以以 1997 年和 2004 年为界, 从 1994—1997 年的较不安全状态和 1998—2004 年的临界安全状态, 进入到 2005—2008 年的较安全状态。其生态安全综合指数的动态变化模型为: $y = 0.311 + 0.026x$ ($R^2 = 0.871$, 通过显著性检验), 其未来发展呈增长之势。可见, 湖北省的生态环境整体上得到了明显的改善, 生态安全水平较高。

从生态安全综合指数的组成来看, 压力指数占生态安全综合指数的比重从 1994 年的 30.4% 增长到 2002 年的 43.5%, 之后不断下降到 2008 年的 36.1%, 其占生态安全综合指数的平均比重为 37.6%; 状态指数占生态安全综合指数的比重从 1994 年的 49.6% 减少到 2008 年的 31.2%, 其占生态安全综合指数的平均比重为 33.9%; 响应指数在生态安全综合指数中所占的比重整体上成递增之势, 从 1994 年的 20% 增长到 2008 年的 32.8%, 其占生态安全综合指数的平均比重为 28.5%。这表明 1994—2008 年湖北省生态安全水平的提高是开展节能降耗工作, 增加科技投入, 积极引进新技术新设备以提高资源利用效率等的结果。

(五) 系统协调度指数的变化

从图 1 可知, 系统协调度指数整体变化不大, 其与系统生态安全综合指数基本上呈同方向的变化之势, 通过相关分析可知两者的相关系数为 0.753 (在 1% 的水平上通过显著性检验), 也就是说系统生态安全综合指数越高, 系统协调度指数就越大, 反之亦然。再结合表 3 可知, 压力、状态和响应系统之间处于协调发展的状况之中。

四、结论

本文建立了一个基于压力—状态—响应模型 (PSR 模型) 的生态安全评价指标体系和综合评价

方法,对湖北省 1994—2008 年的生态安全状况做客观的评价。结果表明 1994—2008 年湖北省生态系统生态安全综合指数整体上呈快速上升之势,预测模型显示其未来的发展呈不断增长之势。湖北省的生态安全状况从 1994—1997 年的较不安全状态,1998—2004 年的临界安全状态和进入到 2005—2008 年的较安全状态。同时压力、状态和响应系统之间的协调性较好。由此可见,目前湖北省的生态安全水平状况较好,整体上得到不断的改善。

我们也应看到 1994—2008 年间湖北省的人口密度处于不断增加的状态,再加上城市化等的推进,未来湖北省的生态环境系统仍将会受到很大的压力。从长远来看,要提高生态安全水平,以实现湖北省经济社会的健康持续发展,控制人口的规模,增加研发和环保的投入力度,大力发展和利用新能源,积极推进循环经济,提高资源利用效率。

References (参考文献)

- [1] Lester-R-Brown. To establish a sustainable development of society [M]., BeiJing Science and technology literature press 1984
- [2] Wackernagel, M., W. Rees. Our Ecological Footprint —Reducing Human Impact on the Earth[M]. New Society Publishers, 1996
- [3] Jerry M S, Mariano B, Anna leeY etal. Developing ecosystem health indicators in Centro Habanera: a community based approach[J].Ecosystem Health, 2001, 7 (1): 15-26
- [4] Zhao L-H. National key basic research and development planning project: The Project profile of the Biodiversity changes and sustainable utilization and regional ecological security in the ChangJiang river basin [J]., Journal of plants 2000, 42(8): 879-880
- [5] Cheng S-L, Chen Y.High recognition on national ecological security strategy[J].Ecol Ecom, 1999(5):9-11
- [6] Qu G-P. Ecological security concerns(2) Influence of Ecological security Problems in China [J].Journal of Environmental Protection:2002 (7): 3-6.
- [7] Wu G-Q. The Sustainable Development of Regional Agriculture Ecological Security and its Evaluation [J]. Journal of Natural Resources 2001 (3): 227-233
- [8] Xiao D-N, Chen W-B, Chen F-L., The basic concept of ecological security and the research content [J]Journal of Application Ecology 2002 (3): 354-358
- [9] Xie H-L, Zhang X-S., Measures and countermeasures of Suburban Ecological security level [J].2004 (3): 23-26
- [10] GuoM, Xiao D-N, LiXin .Ecological security pattern analysis of jiuquan oasis landscape inThe heihe river basin [J]Journal of Ecology 2006 (2): 458-466
- [11] JiaY-H, ZhaoJ, NanZ-R.Entropy weight method of application in Grassland ecological safety evaluation[J] Arid resources and the environment 2007 (1): 17-20
- [12] Gao-S, Huang X-J 1953-2008 Chinese ecological construction effectiveness evaluation [J]Based on the PSR framework 2010 (2) :341-349
- [13] Tong C. Review on environmental indicator research[J]. Research On Environmental Science, 2000, 13(4): 53