

基于 PSR 框架模型的赣江上游 生态系统健康评价

陈美球^{1,2}, 许莉¹, 刘桃菊², 黄宏胜^{1,2}

(1. 江西农业大学 国土资源与环境学院 江西 南昌 330045; 2. 江西省鄱阳湖流域农业生态工程技术研究中心 江西 南昌 330045)

摘要: 针对赣江上游生态系统特征, 运用“压力-状态-响应”(PSR)框架模型, 构建赣江上游流域生态系统健康评价的指标体系和评价模型, 并以县为评价单元对 2005 年赣江上游生态系统健康进行评价, 研究结果表明: 赣江上游流域生态系统健康状态总体上比较好, 属于健康二级区, 在 16 个县(市、区)中, 除赣州市中心城区所在的章贡区, 属于相对极差的健康五级区外, 其它县(市、区)的生态系统健康水平差别并不大, 崇义、安远、石城等 11 个县(市、区)处于健康二级区, 占绝大部分比例, 兴国、赣县、于都、南康等 4 个县(市、区)处于健康三级区。研究还根据各县(市、区)制约生态系统健康最主要的因素, 有针对性地提出提升健康水平的对策建议。

关键词: 生态系统; 健康评价; PSR; 赣江上游流域

中图分类号: S718.55⁺7 文献标志码: A 文章编号: 1000-2286(2012)04-0839-07

Ecosystem Health Assessment of Gan River Upstream based on PSR Model

CHEN Mei-qiu^{1,2}, XU Li¹, LIU Tao-ju², HUANG Hong-shen^{1,2}

(1. College of Land Resources and Environmental Sciences, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China; 2. Jiangxi Provincial Research Center for Agricultural Ecology of Po-yang Lake Watershed, Nanchang 330045, China)

Abstract: According to the characteristics of the ecosystem Gan River upstream basin using the ‘pressure-state-response’ (PSR) frame model, the ecosystem health evaluation index system and evaluation model of Gan River upstream were established, with which the ecosystem health in Gan River upstream basin in 2005 was evaluated. The results showed that: the overall situation of ecosystem health in Gan River upstream basin is good which belongs to the second level of health. Of 16 counties, Zhanggong area of Ganzhou belongs to the fifth level which is relatively poor, Chongyi, Anyuan, Shicheng etc 11 counties belong the second level of health, accounting for the majority of proportion, Xingguo, Ganxian, Yudu, Nankang counties belong to the third level of health. In addition, in accordance with the main factors which restrict ecosystem health of each county, some countermeasures to improve health level are put forward.

Key words: ecosystem; health assessment; PSR; Gan River upstream basin

流域作为由分水线所包围的河流集水区, 是一个独立的地貌单元, 具有生态完整性, 同时也是人类社会活动相对活跃的区域, 是一个典型的社会、经济、自然复合生态系统, 以丰富的水资源哺育着人类,

收稿日期: 2012-02-12 修回日期: 2012-03-28

基金项目: 江西省自然科学基金项目(2009GZN0026)和江西省教育厅科技项目(GJJ10415)

作者简介: 陈美球(1967—), 男, 教授, 博士, 博士生导师, 主要从事土地资源管理研究, E-mail: cmq12@263.net。

养育着千万种水生生物^[1-2]。随着工业化、城镇化的推进,人类活动对流域生态系统干预不断加强,流域生态系统健康问题日益突出^[3],通过开展流域生态系统健康评价,认识系统健康状态及其影响因素,对于实现流域自然、社会和经济的和谐发展,具有积极意义^[4-6]。

赣江是鄱阳湖流域第一条大河,占鄱阳湖流域面积的 51.5%,为江西境内鄱阳湖流域之首,赣江上游流域作为水源涵养区、生态环境保护与恢复的核心区,其生态环境状况是整个鄱阳湖流域生态系统赖以存续的基础,也是确保整个流域生态系统健康的前提条件^[7]。随着鄱阳湖生态经济区建设上升为国家战略,如何实现“全国生态文明与经济社会发展协调统一、人与自然和谐相处的生态经济示范区和中国低碳经济发展先行区”的战略目标^[8],维持赣江上游生态系统健康更显重要。

Pressure - State - Response (PSR) 模型是由互为因果关系的压力、状态和反应 3 部分组成的概念性框架,压力指标、状态指标和响应指标之间没有明确的界线,在分析应用过程中,必须把压力指标、状态指标和响应指标结合起来考虑,而不能仅仅依赖某一项指标。PSR 模型这种新颖的评估思路,表现出强大的应用生命力,目前已广泛运用于土地资源利用评价^[9]、城市规划环境影响评价^[10]、湿地生态系统健康评价^[11-12]等领域,近年来,不少专家也开始尝试把 PSR 模型运用于流域生态系统健康评价之中,逐渐成为了开展流域生态系统健康评价研究的主流^[13-14]。为此,本文试图运用 PSR 模型对赣江上游流域生态系统健康进行评价,以期为维持该区域生态系统健康提供参考。

1 研究区概况

根据《江西水系》中对赣江流域的界定^[15],同时考虑研究成果应用的针对性,研究依照县级行政边界,从以下两个方面来确定:①赣江上游流域边界囊括行政区域的政治经济文化中心的,将其划入研究范围;②赣江上游流域边界包括行政区域面积达 60% 以上的,将其划入研究范围。最终确定赣江上游流域的研究范围为(图 1):章贡区、赣县、南康市、信丰县、大余县、上犹县、崇义县、安远县、龙南县、全南县、宁都县、于都县、兴国县、瑞金市、会昌县、石城县等 16 个县(市、区)。



图 1 研究区域图

Fig. 1 The studied region

赣江上游流域位于江西南部,地理坐标为北纬 24°29' ~ 27°09',东经 113°54' ~ 116°38',属亚热带气候,热量丰富,雨量充沛,生物资源丰富,土壤类型多样。处于我国东南沿海地区向中部内地延伸的过渡地带,是全国重点有色金属基地之一。也是内地通向东南沿海的重要通道之一,赣江上游流域研究区域面积 35 699 km²,流域内山地丘陵面积 83%,低山岗地占 15.6%,平原仅占 1.5%。

2 评价模型构建

2.1 评价指标体系的建立

根据指标选取的整体性、空间性、可比性和可操作性等原则^[16-17],综合考虑研究区域生态系统特征,将流域生态系统健康评价指标体系分为 3 层:第一层是目标层,即生态系统健康状况;第二层是要素层,即压力、状态、响应 3 个要素;第三层是指标层。各层指标数据来源和代表的涵义(表 1)。

表 1 指标数据来源及其代表的涵义
Tab.1 The index data sources and the meaning of indicators

目标层 Target	要素层 Factor	指标名称 Index	评价函数 Function of evaluation	指标含义 Meaning of indicators
生态系统 健康状态 Health of ecosystem	压力	人口密度/(人·km ⁻²)	总人口除以土地总面积	人口压力
		人类干扰指数/%	耕地与建设用地之和除以土地总面积	人类对生态系统的干扰程度
		GDP 年增长率/%	当年 GDP 除以前一年 GDP 减 1	社会发展带来的经济压力
		农业生产压力/%	农作物播种面积除以土地总面积	农业化发展带来的压力
		工业化压力/%	独立工矿区面积除以土地总面积	工业化发展带来的压力
		城镇化压力/%	城镇用地面积除以土地总面积	城镇化发展带来的压力
	响应	人均耕地/hm ²	区域耕地面积除以区域总人口	耕地的承载负荷
		≥25° 坡耕地面积/hm ²	-	≥25° 坡耕地开垦状况
		农药施用强度/t	农药施用总量除以区域总面积	面源污染对生态系统健康状况的影响
		化肥施用强度/t	化肥施用总量除以区域总面积	面源污染对生态系统健康状况的影响
		城镇用地的增加/hm ²	当年城镇用地面积减去前一年城镇用地面积	城镇用地的增加状况
		水土流失率/%	土地侵蚀面积除以土地总面积	土壤侵蚀程度
响应	森林覆盖率/%	森林面积除以土地总面积	森林覆盖状况	
	土地集约利用水平/%	固定资产投资除以土地总面积	土地集约利用水平	
	植树造林面积/hm ²	-	林业养护状况	
	水土流失治理率/%	水土流失治理面积除以水土流失总面积	水土流失治理状况	

2.2 指标标准化

由于指标体系中的各项评价指标的类型复杂,各系数之间的量纲不一样,导致某些指标之间没有可比性,必须对指标进行标准化处理,即进行无量纲化处理。本文在对各指标进行无量纲化处理时,其取值设定在 0~1,公式如下:

$$\text{正相关的指标得分: } K_{ij} = (X_{ij} - X_{jmin}) / (X_{jmax} - X_{jmin}) \quad (1)$$

$$\text{负相关的指标得分: } K_{ij} = (X_{jmax} - X_{ij}) / (X_{jmax} - X_{jmin}) \quad (2)$$

式中: k_{ij} 为第 i 类第 j 项指标标准化分值; x_{ij} 为第 i 类第 j 项指标实际值; x_{jmax} 为第 i 类指标最大值, x_{jmin} 为第 i 类指标最小值。

2.3 指标权重的确定

采用特尔菲法(Delphi 法)确定各评价要素和指标的权重(表 2)。

2.4 综合评价标准

流域生态系统健康综合指数(E)为:

$$E = \sum_{i=1}^n W_i \times X_i \quad (3)$$

式中, W_i 为第 i 项指标权重, X_i 为第 i 项指标值。本文按照流域生态系统健康综合指数从高到低排序,反映其从优到劣的变化,按照等间距分布将评价结果分为 5 个等级: ① [0.8, 1.0] 处于良好状态; ② [0.6, 0.8] 处于较好状态; ③ [0.4, 0.6] 处于一般状态; ④ [0.2, 0.4] 处于较

表 2 赣江上游流域生态系统健康评价指标权重

Tab.2 Index weight for eco-health assessment in Gan River upstream basin

要素层(权重) Factor(weight)	指标层(权重) Index(weight)
压力指标(0.4) Pressure(0.4)	人口密度(0.1) 人类干扰指数(0.08) GDP 年增长率(0.04) 农业生产压力(0.08) 工业化压力(0.06) 城镇化压力(0.04)
状态指标(0.4) State(0.4)	人均耕地(0.04) ≥25° 坡耕地面积(0.04) 农药施用强度(0.06) 化肥施用强度(0.06) 城镇用地增加(0.04) 水土流失率(0.1) 森林覆盖率(0.06)
响应指标(0.2) Response(0.2)	土地集约利用水平(0.04) 植树造林面积(0.06) 水土流失治理率(0.1)

差状态; ⑤ [0, 0.2] 处于极差状态。然后根据流域生态系统健康综合指数 (E) 所对应的等级, 最终确定流域生态系统健康状况, 具体含义见表 3。

表 3 流域生态系统健康状况等级判别

Tab.3 The level discrimination of ecosystem health in basin

健康等级 Health level	健康状态 Health state	综合指数 Comprehensive index	指标特征 Indicator features
I	相对良好	0.8 ~ 1.0	生态结构十分合理, 受人类干扰少, 自然恢复力极强, 无生态异常出现, 生态系统的生态功能极其完善, 系统极稳定, 处于可持续状态, 社会经济协调发展, 最适合人类生存。
II	相对较好	0.6 ~ 0.8	生态结构比较合理, 格局尚完善, 受人类干扰较少, 自然恢复力较强, 无生态异常, 生态功能较完善, 系统尚稳定, 适合人类生存。
III	相对一般	0.4 ~ 0.6	生态结构完整, 具有一定的系统活力, 外界压力较大, 系统尚稳定, 但敏感性较强, 自然恢复力一般, 已有少量的生态异常出现, 可发挥基本的生态功能, 生态问题显现。
IV	相对较差	0.2 ~ 0.4	生态结构出现缺陷, 系统活力较低, 自然恢复力较差, 生态异常较多, 流域生态功能已不能满足维持流域生态系统的需要, 流域生态系统已开始退化。
V	相对极差	0 ~ 0.2	生态结构出现严重缺陷, 生态结构极不合理, 自然恢复力极差, 流域生态系统已经严重恶化, 不适合人类长期生存。

3 赣江上游流域生态系统健康评价

3.1 数据标准化

以县(市、区)为评价单元, 依据《2005 江西省统计年鉴》及 2005 年各县土地变更数据, 得出研究区域各县(市、区)压力、状态和响应各指标的标准化分值, 分别见表 4 至表 6。

表 4 赣江上游各县(市、区)压力指标标准化分值

Tab.4 The standardized value of pressure index in Gan River upstream counties

县(市、区) County	人口密度 /(人·km ⁻²) Population density		人类干扰指数/% Human interference index		GDP 年增长率/% The GDP annual growth rate		农业生产压力/% Cultural production pressure		工业化压力/% Industrial pressure		城镇化压力/% Urbanization pressure	
	指标	标准化	指标	标准化	指标	标准化	指标	标准化	指标	标准化	指标	标准化
	现状值	分值	现状值	分值	现状值	分值	现状值	分值	现状值	分值	现状值	分值
章贡区 Zhanggong	1934.00	0.00	34.83	0.00	28.87	0.45	38.81	0.00	62.47	0.00	63.00	0.00
赣县 Ganxian	191.00	0.94	12.48	0.82	40.09	0.00	18.51	0.61	3.07	0.98	7.61	0.90
信丰县 Xinfeng	234.00	0.92	15.58	0.71	26.17	0.56	21.54	0.52	7.60	0.90	3.30	0.98
大余县 Dayu	211.00	0.93	15.11	0.72	23.72	0.66	21.16	0.53	18.79	0.72	4.81	0.95
上犹县 Shangyou	185.00	0.95	9.25	0.94	24.36	0.63	12.94	0.77	2.06	0.99	1.77	1.00
崇义县 Chongyi	89.00	1.00	7.62	1.00	19.02	0.85	5.38	1.00	3.82	0.96	2.19	0.99
安远县 Anyuan	146.00	0.97	8.88	0.95	29.89	0.41	10.80	0.84	1.63	1.00	1.79	1.00
龙南县 Longnan	180.00	0.95	10.63	0.89	35.83	0.17	15.06	0.71	13.75	0.80	4.94	0.95
全南县 Quannan	119.00	0.98	8.70	0.96	15.28	1.00	14.63	0.72	6.57	0.92	2.73	0.98
宁都县 Ningdu	181.00	0.95	13.89	0.77	21.64	0.74	21.00	0.53	2.82	0.98	2.80	0.98
于都县 Yudu	326.00	0.87	16.11	0.69	30.37	0.39	26.31	0.37	6.95	0.91	1.77	1.00
兴国县 Xingguo	227.00	0.93	14.97	0.73	29.63	0.42	24.24	0.44	4.17	0.96	2.19	0.99
会昌县 Huichang	165.00	0.96	11.15	0.87	22.90	0.69	16.36	0.67	2.76	0.98	2.06	1.00
石城县 Shicheng	188.00	0.95	14.77	0.74	15.70	0.98	16.34	0.67	2.00	0.99	2.18	0.99
瑞金市 Ruijin	252.00	0.91	13.66	0.78	22.52	0.71	24.03	0.44	4.33	0.96	3.36	0.97
南康市 Nankang	443.00	0.81	23.65	0.41	19.56	0.83	35.70	0.09	6.69	0.92	6.59	0.92

表 5 赣江上游各县(市区) 状态指标标准化分值
Tab.5 The standardized value of status index in Gan River upstream counties

县(市、区) County	人均耕地/hm ² Farmland of average per capita		≥25° 坡 耕地面积/hm ² Slope farmland area of >25°		单位面积 农药施用量/t Pesticide application amount per unit area		单位面积化肥 施用量/t Chemical fertilizer application amount per unit area		城镇用地 的增加/hm ² Urban land increased		森林覆盖率/% Forest coverage rate		水土流失率/% Soil and water loss rate	
	指标	标准化	指标	标准化	指标	标准化	指标	标准化	指标	标准化	指标	标准化	指标	标准化
	现状值	分值	现状值	分值	现状值	分值	现状值	分值	现状值	分值	现状值	分值	现状值	分值
章贡区 Zhanggong	0.25	0.00	1 615.22	0.66	52.72	0.70	1 591.00	0.00	242.76	0.00	51.00	0.00	33.00	0.25
赣县 Ganxian	0.70	0.62	3 066.68	0.35	34.56	0.84	590.00	0.91	180.21	0.29	75.10	0.71	32.70	0.26
信丰县 Xinfeng	0.72	0.64	1 259.84	0.73	35.74	0.83	648.00	0.86	74.99	0.78	66.90	0.47	22.20	0.57
大余县 Dayu	0.72	0.64	0.00	1.00	58.36	0.66	778.00	0.74	50.42	0.89	76.40	0.75	16.00	0.75
上犹县 Shangyou	0.64	0.53	51.23	0.99	26.75	0.90	753.00	0.76	28.15	1.00	76.50	0.75	27.10	0.42
崇义县 Chongyi	0.83	0.79	219.89	0.95	73.70	0.54	772.00	0.74	38.42	0.95	85.00	1.00	11.40	0.88
安远县 Anyuan	0.65	0.55	1 417.83	0.70	142.64	0.00	1 137.00	0.41	33.35	0.97	83.40	0.95	7.40	1.00
龙南县 Longnan	0.59	0.47	765.47	0.84	14.35	1.00	697.00	0.81	64.25	0.83	79.00	0.82	22.10	0.57
全南县 Quannan	0.80	0.75	1 047.72	0.78	118.74	0.19	1 181.00	0.37	32.61	0.98	80.20	0.86	11.20	0.89
宁都县 Ningdu	0.91	0.90	1 535.57	0.67	42.14	0.78	559.00	0.94	90.01	0.71	71.20	0.59	26.60	0.44
于都县 Yudu	0.54	0.40	4 713.43	0.00	59.44	0.65	686.00	0.82	40.51	0.94	70.50	0.57	30.50	0.32
兴国县 Xingguo	0.68	0.59	2 573.68	0.45	46.09	0.75	491.00	1.00	55.57	0.87	72.80	0.64	25.10	0.48
会昌县 Huichang	0.76	0.70	4 510.95	0.04	55.53	0.68	983.00	0.55	44.10	0.92	79.20	0.83	26.00	0.46
石城县 Shicheng	0.98	1.00	836.28	0.82	20.22	0.95	706.00	0.80	27.27	1.00	73.70	0.67	25.30	0.48
瑞金市 Ruijin	0.58	0.45	1 385.70	0.71	14.20	1.00	570.00	0.93	65.18	0.82	72.30	0.63	30.80	0.32
南康市 Nankang	0.60	0.48	1 674.66	0.64	23.17	0.93	849.00	0.67	96.85	0.68	57.60	0.19	41.60	0.00

表 6 赣江上游各县(市区) 响应指标标准化分值
Tab.6 The standardized value of response index in Gan River upstream counties

县(市、区) County	固定资产投资/万元 Investment in fixed assets (× 10 ⁴ RMB)		植树造林面积/hm ² The area of afforestation		水土流失治理率/% Treatment rate of soil and water loss	
	指标现状值	标准化分值	指标现状值	标准化分值	指标现状值	标准化分值
	章贡区 Zhanggong	400 376	1.00	26	0.02	5.29
赣县 Ganxian	90 033	0.17	667	0.50	5.11	0.14
信丰县 Xinfeng	123 137	0.26	1 329	1.00	8.14	0.32
大余县 Dayu	90 749	0.18	0	0.00	7.08	0.25
上犹县 Shangyou	42 111	0.05	333	0.25	6.44	0.22
崇义县 Chongyi	38 369	0.04	401	0.30	4.56	0.10
安远县 Anyuan	33 675	0.02	333	0.25	19.54	1.00
龙南县 Longnan	148 520	0.33	1 333	1.00	8.27	0.33
全南县 Quannan	25 858	0.00	786	0.59	2.82	0.00
宁都县 Ningdu	59 501	0.09	0	0.00	4.73	0.11
于都县 Yudu	105 963	0.22	667	0.50	6.11	0.20
兴国县 Xingguo	93 801	0.18	0	0.00	4.97	0.13
会昌县 Huichang	32 885	0.02	0	0.00	7.08	0.25
石城县 Shicheng	32 039	0.02	667	0.50	12.39	0.57
瑞金市 Ruijin	82 827	0.16	667	0.50	6.43	0.22
南康市 Nankang	142 864	0.31	667	0.50	4.73	0.11

3.2 生态系统健康评价结果

对赣江上游流域各县(市、区) 生态系统健康综合指数进行计算,结果见表 7、8。从表中可知:除赣州市中心城区所在的章贡区生态系统综合指数只有 0.167 6,属于相对极差的 5 级健康水平外,其它县

(市、区)的生态系统健康水平差别并不大:崇义、安远、石城、龙南、上犹、全南、信丰、大余、瑞金、宁都、会昌等 11 个县(市、区)处于健康二级区,占大部分比例,兴国、赣县、于都、南康等 4 个县(市、区)处于健康三级区(表 8),区域生态系统健康综合指数平均值为 0.616 2,属于相对较好的健康二级区,说明赣江上游生态系统总体上是比较健康的。

表 7 赣江上游生态系统健康综合指数

Tab. 7 The integrated index of ecosystem health in Gan River upstream basin

县(市、区) County	压力指数 Pressure	状态指数 State	响应指数 Response	生态系统综合指数 Comprehensive index of eco-system
章贡区 Zhanggong	0.045 0	0.233 5	0.281 0	0.167 6
赣县 Ganxian	0.758 0	0.560 2	0.254 0	0.578 1
信丰县 Xinfeng	0.765 0	0.681 4	0.512 0	0.681 0
大余县 Dayu	0.751 5	0.762 3	0.161 0	0.637 7
上犹县 Shangyou	0.891 0	0.719 1	0.195 0	0.683 0
崇义县 Chongyi	0.978 0	0.831 2	0.148 0	0.753 3
安远县 Anyuan	0.891 5	0.676 4	0.579 0	0.743 0
龙南县 Longnan	0.789 5	0.751 2	0.531 0	0.722 5
全南县 Quannan	0.917 0	0.686 3	0.177 0	0.676 7
宁都县 Ningdu	0.816 5	0.684 6	0.073 0	0.615 0
于都县 Yudu	0.705 0	0.520 1	0.294 0	0.548 8
兴国县 Xingguo	0.751 5	0.669 8	0.101 0	0.588 7
会昌县 Huichang	0.864 0	0.590 1	0.129 0	0.607 5
石城县 Shicheng	0.865 0	0.766 2	0.439 0	0.740 3
瑞金市 Ruijin	0.783 5	0.661 7	0.292 0	0.636 5
南康市 Nankang	0.615 5	0.449 2	0.267 0	0.479 3
平均水平	0.761 7	0.640 2	0.277 1	0.616 2

表 8 赣江上游流域生态系统健康级别分布表

Tab. 8 The distribution of ecosystem health in Gan River upstream basin

健康等级 Health level	健康状态 Health state	综合指数 Comprehensive index	县(市、区) County
I	相对良好	0.8 ~ 1.0	无
II	相对较好	0.6 ~ 0.8	崇义、安远、石城、龙南、上犹、信丰、全南、大余、瑞金、宁都、会昌
III	相对一般	0.4 ~ 0.6	兴国、赣县、于都、南康
IV	相对较差	0.2 ~ 0.4	无
V	相对极差	0 ~ 0.2	章贡

4 讨 论

本研究是对赣江上游流域各县(市、区)生态系统健康的相对评价,进一步对各县(市、区)的压力、状态、响应与健康评价结果的关系进行分析(表 4—6),可以发现:章贡区之所以属于相对极差的健康五级区,最主要的原因就是其人口密度大,达到 1 934 人/km²,远远高于研究区域 317 人/km²的平均水平,并导致人类干扰最大,农业生产压力、工业化压力和城镇化压力最高,人均耕地最少,城镇用地面积增加最大,森林覆盖率最低;制约南康市生态系统健康最主要的因素是水土流失;制约于都县生态系统健康最主要的因素是 ≥25°坡耕地面积多;作为章江、东江和贡江的发源地崇义、安远和石城,其健康水平位于区域的前 3 位,说明河流源头地的健康保持良好,但决定生态系统健康水平最主要的原因有所不

同: 崇义县是因为人口压力最低, 人类干扰最低, 农业生产压力最低, 而森林覆盖率最高; 安远县是因为工业化和城镇化压力最低, 且水土流失率最低和水土流失治理率最高; 石城县是因为人均耕地资源最高, 城镇用地增加量最少。

根据不同县(市、区)生态系统健康不同影响因素的制约情况, 应有针对性采取相应的生态系统健康提升对策: 如章贡区应控制人口密度, 减缓城镇化和工业化的压力; 南康市应加强水土流失的治理; 于都县应适当加大 $\geq 25^\circ$ 坡耕地的退耕还林力度; 赣县应进一步加大 GDP 的增长速度; 兴国县、会昌县、宁都县和大余县应加大植树造林力度; 全南县应增加固定资产投资和加大水土流失治理力度; 安远县要减少单位面积农药施用量等。

参考文献:

- [1] 罗治敏. 基于遥感信息的流域生态系统健康评价[D]. 中国科学院, 2006.
- [2] 薛敏. 喀斯特流域生态系统健康评价与管理研究[D]. 贵州大学, 2009.
- [3] 颜利, 王金坑, 黄浩. 基于 PSR 框架模型的东溪流域生态系统健康评价[J]. 资源科学, 2008(1): 1007-1017.
- [4] Bird P M, Rapport D J. State of the environmental report for Canada[J]. Canadian Government Publishing Center, 1986: 264-265. 10(5): 635-640.
- [5] Harris H J, Harris V A, Regier H A. Importance of the nearshore area for sustainable redevelopment in the Great Lakes with observation on the Baltic Sea[J]. Ambio, 1988, 5: 163-261.
- [6] Hilden M, Rapport D J. Four centuries of cumulative impacts on a Finnish River and its estuary: and ecosystem health approach[J]. Aquatic Ecosystem Health, 1993, 2: 261-275.
- [7] 朱再昱, 陈美球. 赣江源自然保护区生态补偿机制的探讨[J]. 价格月刊, 2009, 25(11): 83-90.
- [8] 陈美球, 黄宏胜, 刘滨, 等. 鄱阳湖生态经济区地域范围确定研究[J]. 江西农业大学学报, 2008, 29(5): 933-937.
- [9] 冯科, 吴次芳, 刘勇. 浙江省城市土地集约利用的空间差异研究——以 PSR 与主成分分析的视角[J]. 中国软科学, 2007, 21(2): 103-108.
- [10] 石晓枫, 兰芬. PSR 模式在城市规划环境影响评价中的应用[J]. 环境科学与技术, 2006, 32(6C): 442-445.
- [11] 林倩, 张树深, 刘素玲. 辽河口湿地生态系统健康诊断与评价[J]. 生态与农村环境学报, 2010, 26(1): 41-46.
- [12] 陈奕, 许有鹏, 宋松. 基于“压力-状态-响应”模型和分形理论的湿地生态健康评价[J]. 环境污染与防治, 2010, 32(6): 27-31, 59.
- [13] 吴炳方, 罗治敏. 基于遥感信息的流域生态系统健康评价——以大宁河流域为例[J]. 长江流域资源与环境, 2007, 16(1): 102-106.
- [14] 陈美球, 刘桃菊, 许莉. 基于 PSR 框架模型的流域生态系统健康评价研究现状及展望[J]. 江西农业大学学报: 社会科学版, 2011, 10(3): 83-89.
- [15] 江西省水文局. 江西水系[M]. 武汉: 长江出版社, 2007.
- [16] 史永亮, 杨东峰. 基于 PSR 模型的大丰市城市生态系统健康综合评价[J]. 环境科学与技术, 2008, 31(2): 120-123.
- [17] 李兆鑫, 李春艳, 邓玉林. 沱江流域生态安全预警及其生态调控对策[J]. 生态与农村环境学报, 2009, 25(2): 1-8.