

贫困山区生态安全动态评价——以湖北省恩施自治州地区为例

李翔¹, 张家其^{2*} (1. 长江科学院, 湖北武汉 430010; 2. 华中师范大学, 湖北武汉 430079)

摘要 采用压力-状态-响应模型, 将熵值赋权法与灰色系统理论相结合, 对恩施贫困山区生态安全指数进行动态评价, 并将生态安全综合指数与贫困村数进行空间耦合。计算结果表明, 恩施八县市生态安全体现出以下特点: 恩施贫困地区生态安全整体较安全, 区域生态环境系统压力持续减小, 生态安全现状逐渐转好, 但人类面临环境问题采取的对策和措施不积极; 各县市生态安全综合指数与贫困村数存在一定负相关性, 也就是说, 贫困村数越少, 生态安全综合指数越高, 表明扶贫工作在提升贫困区整体生态安全水平上具有相当的积极作用。

关键词 生态安全综合指数; PSR 模型; 熵权; 灰色关联; 贫困山区

中图分类号 S181.3 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2013)32-12692-04

Dynamic Evaluation of Ecological Safety in Poverty Mountainous Areas—Taking Enshi Region of Hubei Province as an Example

LI Xiang et al (Changjiang River Scientific Research Institute, Wuhan, Hubei 430010)

Abstract Using pressure-state-response model, combined entropy method with grey theory, the ecological safety index of poor mountainous areas in Enshi Region was evaluated, space coupling was conducted on ecological safety comprehensive index and poverty villages. The results showed that the ecological safety of 8 counties in Enshi Region has characteristics as following: the ecology environment of Enshi poor areas is generally safe, regional eco-environment pressure is decreasing continuously, the ecological safety status is gradually improving, but mankind are not active in adopting countermeasures for environmental problems; the ecological safety comprehensive index of each county has negative correlation with poor villages, namely the ecological safety comprehensive index is higher with less of poor villages, indicating that poverty-alleviation work has positive effects on improving general ecological safety level of poverty areas.

Key words Ecological security comprehensive index; PSR model; Entropy; Grey correlation; Poor mountainous areas

生态安全是指一个国家或人类社会生存和发展所需的生态环境处于不受或少受破坏与威胁的状态, 使生物与环境、生物与生物、人类与地球生态系统之间保持正常的功能与结构^[1]。长期以来粗放型的增长模式对生态环境造成了巨大的压力, 生态环境恶化所带来的生态威胁, 已经成为我国社会经济可持续发展的重要瓶颈。贫困山区一方面经济发展滞后、医疗卫生条件较差、交通不便, 更迫切需要发展经济来摆脱贫困; 另一方面又面临生态系统脆弱, 破坏后不易恢复等特点, 在开展扶贫工作, 发展经济, 摆脱贫困的同时, 如何做到不以牺牲生态环境为代价, 找到一条适合自身可持续发展的绿色扶贫道路, 日益成为人们密切关注的问题。

目前生态安全的评价方法主要采用层次分析评价法^[2]、综合评价法^[3]、生态足迹法和模糊物元法^[4]等。由于区域差异及侧重点不同, 评价指标的选取及权重值赋予存在差异。该研究采用灰色关联度法, 基于压力-状态-响应概念模型, 构建了3个层次, 23个指标的恩施贫困山区生态安全评价指标, 运用熵权法对各指标赋权, 结合灰色关联度法对恩施贫困山区2006年至2010年生态安全进行关联度分析, 得出恩施贫困山区八县市五年生态安全指数的变化, 以期为研究区社会经济与生态环境的协调发展提供科学的决策依据。

1 研究资料与评价方法

1.1 研究区概况 恩施土家族苗族自治州位于中国湖北省西南部, 地理位置为109°4'48"~109°58'42" E, 29°50'24"~30°40'00" N。由北部大巴山脉的南缘分支—巫山山脉, 东南

部和中部属苗岭分支—武陵山脉, 西部大娄山山脉的北延部分—齐跃山脉等三大主要山脉组成的山地。受自然条件制约, 交通不便, 产业基础薄弱, 资源优势难以转化为经济优势, 经济社会发展水平相对落后, 人民生活水平普遍不高。恩施土家族苗族自治州的恩施市、利川县、建始县、巴东县、宣恩县、咸丰县、来凤县、鹤峰县八县市被列入“十二五”规划扶贫开发整村推进区, 作为此次生态安全评价的研究区。

1.2 数据来源 研究数据来自2006~2010年《恩施州国民经济和社会发展统计公报》、《恩施州统计年鉴》、《湖北省水土保持公报》、《恩施水资源公报》、《湖北省统计年鉴》、《国家级生态县、生态市、生态省建设指标》, 以及国家扶贫办的相关资料。

1.3 评价指标的确定 目前, 评价指标体系的确定主要是采用压力-状态-响应(P-S-R)模型^[5-6]。在P-S-R框架内, 某一类环境问题, 可以由资源环境压力、资源环境状态和人类响应3个相互联系的指标类型来表达: 压力指标反映人类活动给环境造成的负荷; 状态指标反映环境质量、自然资源与生态系统的状况; 响应指标反映人类面临环境问题所采取的对策与措施^[7-8]。

基于上述P-S-R模型, 根据恩施贫困山区地形复杂、经济发展滞后、医疗卫生条件较差、交通不便、资源环境压力大的地域特点, 在参考国内外区域生态安全评价体系的基础上^[9-12], 对相关生态安全评价指标进行系统分析。由于各指标之间信息可能存在重叠, 为了清晰反映各指标对生态安全的影响, 该研究采取因子(主成分)分析, 根据累计贡献率大于85%的提取原则, 构建恩施贫困山区生态安全评价指标体系(表1)。

1.4 生态安全基准值及指标权重的确定 生态安全评价基准值的确定通常有以下几种方法。①国家、行业和地方规定

作者简介 李翔(1987—), 男, 湖北武汉人, 硕士研究生, 研究方向: 水土保持及生态环境。* 通讯作者, 博士研究生, 研究方向: 区域资源开发与利用。

收稿日期 2013-10-21

的标准。国家标准是指国家已发布的环境质量标准,如国家级生态县、生态市、生态省建设指标等。②环境背景基准。以工作区域生态环境背景值或本底值作为评价基准,如区域森林覆盖率、水土流失本底值等。③类比基准。以未受人类严重干扰的相似地区,或类似条件的生态因子和功能作为类比标准。④科学研究已判定的生态效应。通过当地或相似条件下科学研究已判定的保障生态安全的绿化率要求,均可作为评价的标准或参考标准应用。

由于目前学术界没有统一认可的生态系统健康标准。基准值的选取优先采取国家标准或者是国际标准,没有国家标准的或者国际标准的指标则结合研究区的特色参考省内、国家或国际公认的或平均值(表1)。

各评价指标对生态安全度的影响大小不同,科学地确定各指标的权重对综合评价结果具有重要意义。熵权法属于客观赋权法,主要是根据各指标提供的信息量大小来计算综合指标的数学方法。在信息论中,熵值反映了信息无序化程度,其值越小,系统无序值越小,故可用信息熵评价所获系统信息的有序度及有效性,即由评价指标值构成的判断矩阵来确定指标权重。其优点是能客观准确地得到各指标的权重^[12]。

为了消除各评价指标量纲不同所带来的影响,需对样本矩阵进行无量纲化处理。该研究采取标准化处理方法计算

生态各指标的安全指数。
评价 m 个样本包括 n 个评价指标的生态安全状况,则其样本矩阵为:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{1n} \\ x_{m1} & x_{mn} \end{bmatrix} \quad X = \{x_{ij}\}_{m \times n} (0 \leq i \leq m, 0 \leq j \leq n) \quad (1)$$

生态安全评价的所有指标可划分为逆向指标和正向指标等,正向指标是指数值越大越好的指标,其标准化方法:

$$Y = (x - x_{\min}) / (x_{\max} - x_{\min}) \quad (2)$$

逆向指标是指数值越小越好的指标,其标准化方法:

$$Y = 1 - (x - x_{\min}) / (x_{\max} - x_{\min}) \quad (3)$$

式中, $x_{\min}$ 为该项指标的最小值, $x_{\max}$ 为该项指标最大值。标准化后样本矩阵转化为矩阵 $Y, Y = (y_{ij})_{m \times n}, y_{ij} \in [0, 1]$ 。

第 i 个被评价对象下第 j 个评价指标的熵为:

$$H_j = -k \sum_{i=1}^m f_{ij} \ln f_{ij} \quad (4)$$

$$f_{ij} = y_{ij} / \sum_{i=1}^m y_{ij} \quad (\text{其中}, j = 1, 2, \cdots, n) \quad (5)$$

式中, $k > 0, k = 1 / \ln m$, (当 $f_{ij} = 0$ 时, $f_{ij} \ln f_{ij} = 0$)。

计算第 j 个指标的熵权 w_j , 即

$$w_j = (1 - H_j) / \sum_{j=1}^n (1 - H_j) \quad (\text{其中}, w_j \in [0, 1], \sum_{j=1}^n w_j = 1) \quad (6)$$

表 1 恩施州生态安全评价指标及基准值

项目	类型	指标层	基准值	基准值来源
恩施生态安全 评价指数 A	资源环境压力 B ₁	人口密度(人/km ²) X ₁	200	类比参考
		人口自然增长率(‰) X ₂	8	小康社会标准
		人均水资源量(m ³ /人) X ₃	2 052	湖北省平均
		人均耕地面积(hm ² /人) X ₄	0.08	国际公认
		人均 GDP(万元/人) X ₅	2.5	国家标准
		经济密度(万元/km ²) X ₆	850	湖北省平均
		每万人拥有卫生技术人员 X ₇	44	湖北省平均
		每万人拥有教师数 X ₈	99	湖北省平均
		每万人拥有床位数 X ₉	35	湖北省平均
		路网密度(km/km ²) X ₁₀	1.11	湖北省平均
		城市化水平(%) X ₁₁	50	国家标准
	环境状态 B ₂	人均粮食产量(kg/人) X ₁₂	400	小康型生活标准
		有效灌溉面积占耕地比重(%) X ₁₃	65.8	湖北省平均
		单位面积化肥使用量(kg/hm ²) X ₁₄	250	国家标准
		单位面积农药使用量(kg/hm ²) X ₁₅	30	类比参考
		水土流失面积比重(%) X ₁₆	32.7	湖北省平均
		森林覆盖率(%) X ₁₇	75	国家标准
	人类响应 B ₃	固废无害化处理率(%) X ₁₈	100	国际公认
		废水处理率(%) X ₁₉	100	国际公认
		工业烟尘排放达标率(%) X ₂₀	100	国际公认
		科教支出占 GDP 比(%) X ₂₁	6	国家标准
		环保投资占 GDP 比例(%) X ₂₂	3.5	国家标准
		第三产业比重(%) X ₂₃	45	国家标准

1.5 灰色关联评价模型 由于每个指标都存在一个生态安全标准值,在此,生态安全标准值为各评价指标的基准值。

数值标准化后,生态安全标准序列记为 $G = (g_1, g_2, \cdots, g_{23})$, 即各评价指标转换函数值为 1,生态安全级别为优。

1.5.1 评价指标数值标准化。假设 X_n 为第 n 个评价指标的实际值, S_n 为第 n 个评价指标的基准值, P_n 为第 n 个评价指标的标准化数值, 则

正向指标: 当 $X_n > S_n$ 时, $P_n = 1$; 当 $X_n < S_n$ 时, $P_n = X_n / S_n$ 。负向指标: 当 $X_n < S_n$ 时, $P_n = 1$; 当 $X_n > S_n$ 时, $P_n = S_n / X_n$ 。

1.5.2 求差序列。 $\Delta L_{mn} = |P_{mn} - g_n|$ (7)

1.5.3 求两级最大差和两级最小差。

$$\Delta_{\max} = \max_m \max_n |P_{mn} - g_n| \tag{8}$$

$$\Delta_{\min} = \min_m \min_n |P_{mn} - g_n| \tag{9}$$

1.5.4 求关联系数。利用灰色关联系数公式计算第 n 个评价指标 X_n 与生态安全标准序列 G 的关联系数 $\zeta_m(X_n, G)$:

$$\zeta_m(X_n, G) = \frac{\Delta_{\min} + 0.5 \times \Delta_{\max}}{\Delta L_{mn} + 0.5 \times \Delta_{\max}} \tag{10}$$

表 2 基于 PSR 模型的恩施贫困地区生态安全评价综合指数

		巴东县	建始县	恩施市	利川市	鹤峰县	宣恩县	咸丰县	来凤县
压力 B ₁	2006	0.631 3	0.602 6	0.665 4	0.590 4	0.636 2	0.580 3	0.588 6	0.674 8
	2007	0.707 6	0.688 2	0.740 6	0.684 2	0.690 5	0.677 4	0.680 9	0.715 3
	2008	0.706 0	0.697 2	0.656 0	0.682 7	0.691 4	0.670 1	0.677 9	0.707 7
	2009	0.723 9	0.724 6	0.772 2	0.694 3	0.716 8	0.711 3	0.691 0	0.739 5
	2010	0.718 1	0.717 6	0.757 6	0.658 0	0.696 9	0.693 7	0.700 4	0.763 7
状态 B ₂	2006	0.703 8	0.740 4	0.670 7	0.782 4	0.703 0	0.850 9	0.799 1	0.756 9
	2007	0.642 5	0.707 2	0.656 4	0.680 7	0.788 4	0.751 8	0.702 4	0.672 3
	2008	0.620 6	0.683 5	0.627 2	0.662 5	0.756 8	0.720 3	0.670 5	0.649 4
	2009	0.644 9	0.712 1	0.651 8	0.680 8	0.782 0	0.744 3	0.694 4	0.672 2
	2010	0.651 5	0.777 6	0.666 4	0.710 3	0.787 6	0.759 2	0.772 8	0.697 9
响应 B ₃	2006	0.550 2	0.641 2	0.612 3	0.506 2	0.474 4	0.380 3	0.477 1	0.595 1
	2007	0.654 2	0.638 7	0.710 6	0.611 1	0.724 4	0.749 4	0.646 9	0.610 9
	2008	0.715 4	0.707 7	0.719 0	0.782 7	0.668 1	0.791 5	0.679 8	0.771 6
	2009	0.673 6	0.740 7	0.645 8	0.834 4	0.674 4	0.782 4	0.736 8	0.769 0
	2010	0.624 9	0.686 4	0.563 9	0.741 9	0.733 1	0.667 2	0.812 8	0.677 9
综合安全指数	2006	0.622 1	0.649 3	0.653 5	0.602 7	0.596 8	0.565 0	0.594 5	0.667 4
	2007	0.683 0	0.680 6	0.718 7	0.666 1	0.719 6	0.712 2	0.677 9	0.681 5
	2008	0.693 6	0.700 8	0.671 0	0.708 7	0.703 7	0.717 3	0.681 0	0.715 5
	2009	0.712 2	0.736 4	0.738 7	0.724 4	0.737 3	0.741 3	0.713 9	0.740 3
	2010	0.696 4	0.734 1	0.709 7	0.694 8	0.733 5	0.714 4	0.748 0	0.741 7

1.5.5 计算第 m 个评价对象与生态安全标准序列 G 的关联度 R 。即 m 的生态安全指数:

$$R = \sum_{n=1}^n w_n \times \zeta_m(X_n, G) \tag{11}$$

2 计算结果与分析

根据上述指标体系及评价方法, 计算出了恩施州 8 个县市 2006 ~ 2010 年的生态安全综合指数及各类型指标指数。

从资源环境压力来看, 巴东、建始、恩施、鹤峰、来凤、咸丰、宣恩生态安全压力指数呈现一定上升趋势(图 1), 区域生态环境系统压力持续减小, 主要由于上述地区在控制人口增长、保护耕地面积、发展经济、改善教育医疗卫生条件、加快道路交通建设等方面取得了一定成绩, 使得资源环境压力状况逐渐转好。恩施市 2008 年生态安全压力指数出现低峰值主要缘于 2008 年城市常住人口增长过快, 给医疗卫生带来巨大压力。利川市生态安全压力指数出现下降趋势, 主要由于该地区人口增长过快, 且经济发展缓慢, 给资源环境造成一定压力。

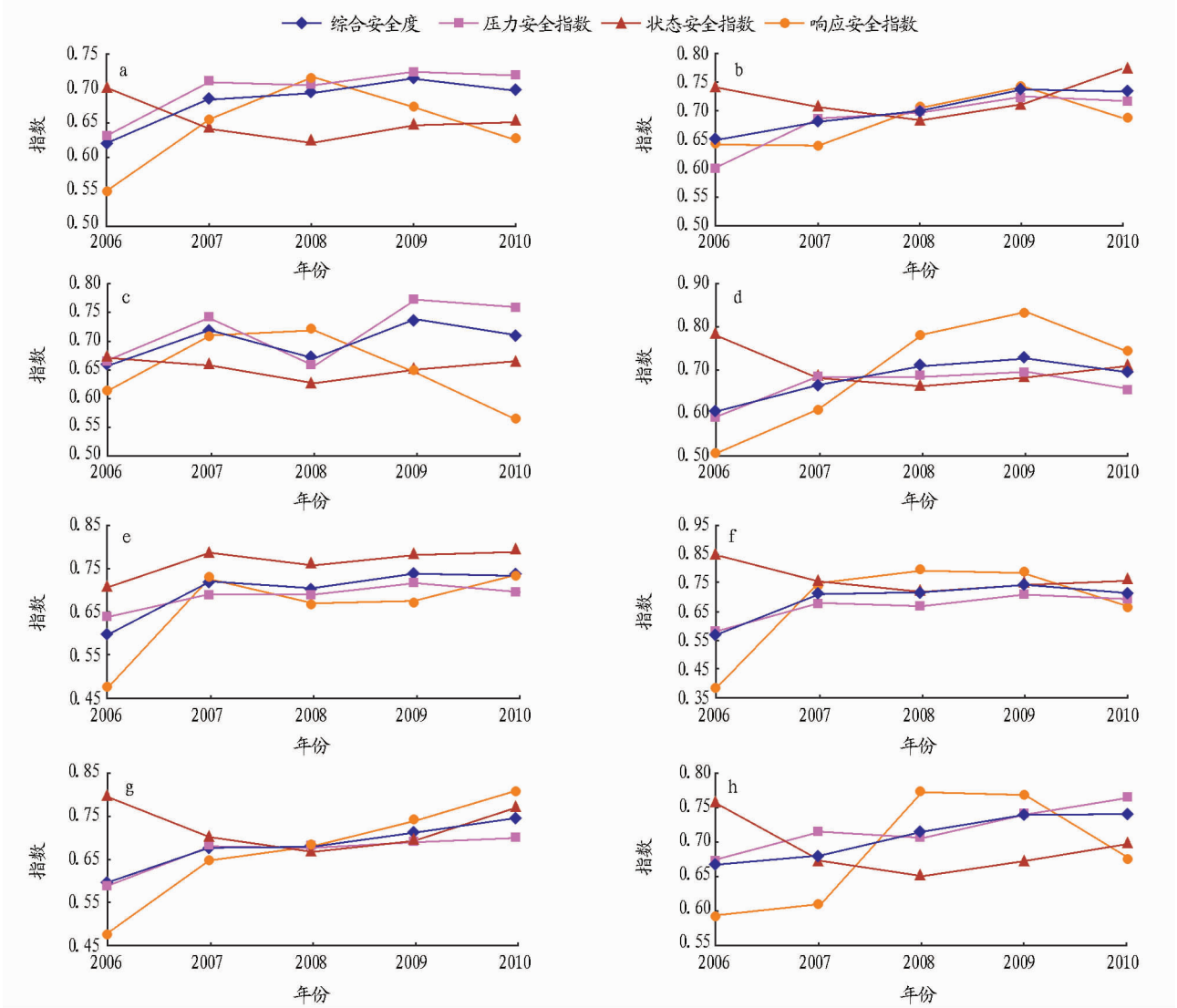
从资源环境状态来看, 除鹤峰各项状态指标变化不大, 资源环境状态较好外, 恩施贫困地区生态安全状态指数大体

呈现先降后升的态势(图 1)。2008 年以后, 该地区由于注重农田水利设施建设, 农田有效灌溉面积增加, 粮食产量得到提高, 使得资源环境状态呈现好转趋势。

从人类响应来看, 2006 ~ 2008 年恩施、巴东比较注重工业污染治理, 且环保、科教投入较大, 响应指数增长较快, 而 2008 年以后由于环保、科教投入减少, 工业污染处理率较低, 响应指数呈现下降趋势; 受环保投入及工业废水治理率的影响, 建始、利川、来凤 2009 年以前生态安全响应指数都有一定的增长, 而 2010 年却呈现下降趋势; 咸丰和鹤峰生态安全响应指数持续增长, 主要由于该地区政府面对环境问题采取了积极的措施, 注重生态环境保护, 加大了环保、科教的投入以及环境保护宣传力度。

除恩施市以外, 恩施地区生态安全综合指数整体上呈现一定的上升趋势(图 1), 恩施地区水资源丰富、耕地资源充足、森林覆盖率高、工业污染较少, 生态环境遭到的破坏较小; 但受困于社会经济发展较慢, 人民生活水平提高困难, 生态安全综合指数增长缓慢。

各县市生态安全综合指数与贫困村数存在一定负相关



注:a. 巴东;b. 建始;c. 恩施;d. 利川;e. 鹤峰;f. 宣恩;g. 咸丰;h. 来凤。

图1 恩施州各县市生态安全指数

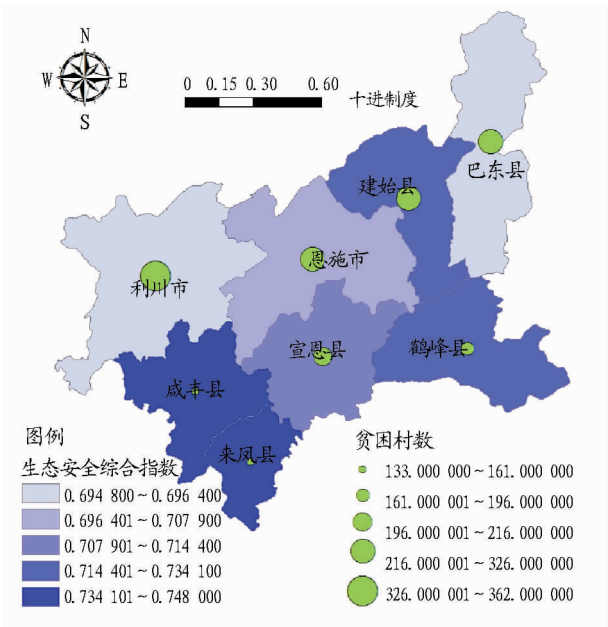


图2 生态安全综合指数与贫困村数的关系示意

性(图2),即贫困村数越少,生态安全综合指数越高,表明扶贫工作在提升贫困区整体生态安全上具有相当的积极作用。主要由于扶贫实施整村推进,以增加贫困群众收入为核心,以完善基础设施建设、发展社会公益事业、改善群众生产生活条件为重点,以促进经济社会文化全面发展为目标,一方面有利于扫除贫困,减少贫困村数,另一方面有利于改善生态环境,提高生态安全综合指数。

3 结论

(1)通过建立贫困山区生态安全评价指标体系和计算模型对恩施贫困山区生态安全进行动态评价,计算得出恩施贫困山区生态安全整体较安全,区域生态环境系统压力持续减小,生态安全现状逐渐转好,但人类面临环境问题采取的对策和措施不积极。

(2)扶贫工作在提升贫困区整体生态安全上具有相当的积极作用,应继续执行整村推进的扶贫政策,促进恩施贫困山区生态安全迈向更高水平,最终实现人与自然的和谐发展。

(下转第 12710 页)

和系统恢复能力来说欠协调,该区域压力负荷大,而支持系统相对承载能力低;遵义市的承载压力度指数接近于 1,说明该地区即将达到承载与压力平衡;其余 4 个地区承载低负荷,表明该区域在现有的人口和经济规模前提下,其资源相对有余、环境容量相对盈余。

表 5 贵州省各市(州、地)现状承载压力度指数综合评价值

地区	承载压力度指数	分级	排序
贵阳	1.532 1	超负荷	1
六盘水	1.472 7	超负荷	2
遵义	0.964 5	低负荷	5
安顺	1.231 2	超负荷	4
铜仁	0.439 5	低负荷	8
黔西南	0.563 7	低负荷	6
毕节	1.460 1	超负荷	3
黔东南	0.425 7	低负荷	9
黔南	0.515 5	低负荷	7

3.4 生态承载力综合评价 生态承载力的综合评价是通过承载压力度指数来反映,两者呈负相关关系。在对支持子系统和压力子系统分别进行综合评价的基础上,再综合考虑这两个子系统对整个区域系统的影响,从而对评价区域的生态承载力进行综合评价,贵州省 9 个市(州、地)的生态承载力综合分级评价结果见表 6。

表 6 贵州省各市(州、地)现状生态承载力综合分级评价

地区	综合评价	类型
贵阳	中载较高压	超负荷
六盘水	中载较高压	超负荷
遵义	较高载较高压	超负荷
安顺	中载中压	超负荷
铜仁	较高载低压	低负荷
黔西南	较高载低压	低负荷
毕节	中载较高压	超负荷
黔东南	高载低压	低负荷
黔南	较高载中压	低负荷

+++++

(上接第 12695 页)

(3)熵值赋权与灰色关联分析法相结合的方式应用在山地生态评价领域尚属尝试,熵权法相对于其他方法更加客观,避免了人为干扰,但是在压力-状态-响应模型下,熵权计算过于繁琐,赋权问题仍需要进一步的研究。

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):8-20.
[2] 王伟伟,廖和平,赵宏伟,等.山地城市生态安全评价—以重庆市渝北区[J].环境科学与管理,2010,35(1):147-151.
[3] 张军以,苏维词,张凤太.基于PSR模型的三峡库区生态经济区土地生态安全评价[J].中国环境科学,2011,31(6):1039-1044.
[4] 陶晓燕.基于模糊物元和熵权法的土地生态安全评价[J].统计与决策,2012(6):55-57.
[5] 郭旭东,邱扬,连纲,等.基于“压力-状态-响应”框架的县级土地

由表 6 可知,贵州省 9 个市(州、地)中承载指数小于压力指数的有贵阳市、毕节地区、六盘水市、安顺地区等 4 个,属于超负荷区。其中安顺市为中载中压超负荷区,其他 3 个均为中载较高压超负荷区。4 个市(区)总体上来说压力大于承载能力,其中主要压力来自人口增长、环境污染、资源消耗和水土流失等,而相应的支持指标中人均水资源量、人均绿地和人均耕地面积等支持能力相对较少。

另外,9 个市(州、地)中承载指数大于压力指数的有遵义市、黔西南州、黔南州、黔东南州和铜仁地区等 5 个,属于低负荷区。其中遵义市为较高载中压低负荷区,接近于承载压力平衡;其他 4 个市(州、区)为高载或较高载低压低负荷区。

综合以上分析和评价,贵州省 9 个市(州、地)在承载指数方面,有 5 个属于高载或较高承载,占 56%,4 个属于中承载,占 44%,说明贵州省整个区域承载能力中等偏上;在压力指数方面,有 4 个属于低压,占 44%,2 个属于中压,占 22%,3 个较高压,占 34%,说明整个区域承受的压力不大。在承载压力度指数综合评价方面,承载超负荷的地区占评价单元的 44%,承载低负荷的占评价单元的 56%,这说明贵州省的 9 个市(州、区)将近一半超负荷,并且部分市(州、地)的资源利用、环境容量和人口规模令人担忧,生态系统受到较为严重的干扰,已经处于超负荷状态。

4 结论

综上所述,为了实现贵州省社会、经济的持续稳定发展,首先必须保护现有较好的生态环境并使资源能够持续利用,也就是说,要实现可持续发展的目标,就要提高其生态承载力,把经济发展同环境和自然资源的保护统一起来。

参考文献

[1] 高吉喜.可持续发展理论探索—生态承载力理论、方法与应用[M].北京:中国环境科学出版社,2001.
[2] 王密.喀斯特区域生态承载力综合评价方法研究[J].贵州科学,2005,23(2):55-58.
[3] 贵州省统计局.贵州统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2012.
质量评价指标研究[J].地理科学,2005,25(5):579-583.
[6] 魏兴平.基于PSR模型的三峡库区重庆段生态安全动态评价[J].地理科学进展,2010,29(9):1095-1099.
[7] 左伟,王桥.区域生态安全评价指标与标准研究[J].地理学与国土研究,2002,18(1):61-67.
[8] JERRY M S,MARIANO B,ANNALEE Y. Developing ecosystem health indicators in Centro Habana: A community-based approach[J]. Ecosystem-Health,2001,7(1):15-26.
[9] 王耕,吴伟.基于GIS的西江河流域生态安全空间分异特征[J].环境科学,2005,26(5):28-33.
[10] 左伟.基于RS、GIS的区域生态安全综合评价研究——以长江三峡库区忠县为例[M].北京:测绘出版社,2004:66-89.
[11] 高长波,陈新庚,韦朝海,等.广东省生态安全状态及趋势定量分析[J].生态学报,2006,26(7):2191-2195.
[12] 魏兴平.基于灰色关联分析三峡库区重庆段生态安全[J].水土保持研究,2010,17(4):124-128.