

海南岛生态系统健康评价

周祖光

(海南省环境科学研究院,海口 570206)

摘 要:海南岛自然资源丰富,生态环境质量良好,是中国唯一的热带海岛。海南岛生态系统健康评价指标选取着重体现出生态系统的特征,反映出生态系统健康变化的总体趋势。通过海南岛生态系统的活力、组织结构、恢复力、生态系统服务功能的维持、人类健康影响 5 个方面来构建海南岛生态系统健康评价指标体系,并以此衡量海南岛生态系统健康状况。采用模糊数学评价模型进行计算,得出 2005 年海南岛生态系统属“健康状态”,隶属度为 0.298 2。

关键词:海南岛;生态系统;健康评价

中图分类号:X171.1

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2007)04-0201-04

Health Evaluation of Ecosystem in Hainan Islands

ZHOU Zu-guang

(Hainan Province Environmental Scientific Research Institute, Haikou 570206, China)

Abstract :The natural resources of Hainan Islands, the unique tropical island in China, is abundant, the ecosystem environment quantity is good. The selection of health evaluation index reflects the characteristics of eco-system and a total trend for the ecosystem health changes. The health ecosystem is constructed by five indexes including the vitality of the ecosystem, organization, instauration dint, ecosystem service function and human health, which is used to evaluate Hainan Islands eco-system health. Moreover, the Hainan Islands eco-system belongs to the "health appearance" in 2005 by fuzzy mathematics evaluation model and belonging to degree as 0.298 2.

Key words :Hainan Islands; eco-system; health evaluation

生态系统在人类的干扰和压力下表现出整体性、有限性、不可逆性、隐性性、持续性和灾害放大性等重要特征。人为干扰是多方面、全方位和深远的,它往往会改变生态系统的发展方向,加速生态系统改良和退化的过程。生态系统健康的涵义应该包括两个方面:满足人类社会合理要求的能力和生态系统本身自我维持与更新的能力。生态系统健康与生态环境的服务功能密切相关,只有服务功能完善的生态系统才是健康的。区域生态系统健康的最大特点是,它不仅强调从生态学角度出发的生态系统结构合理、功能高效与完整,而且更强调生态系统能维持对人类的服务功能,以及人类自身的健康及社会

经济健康不受损害^[1]。生态系统健康给环境管理带来了一种新思维方式,它是用整体论的眼光去看待生态系统发生的变化^[2,3]。生态系统健康理论与评价方法在湖泊、江河流域、森林等生态系统已得到广泛的应用^[4]。研究海南岛生态系统健康,对海南生态环境管理和生态省建设具有现实而重要的意义。

1 评价区域简介

海南岛是仅次于台湾岛的中国第二大岛,也是中国的唯一热带海岛,位于北纬 18°10' ~ 20°10',东

* 收稿日期:2007-04-04

基金项目:海南省科技项目计划(琼科函[2006]132号);

作者简介:周祖光(1955-),男,高级工程师,海南海口人,从事环境科研与规划工作。

经 $108^{\circ}37' \sim 111^{\circ}03'$, 总面积 3.41 万 km^2 。海南岛地形较为复杂, 是一个穹形山体的海岛, 中部偏南为山岳地带, 以五指山(海拔 $1\,867 \text{ m}$)、英歌岭(海拔 $1\,811.6 \text{ m}$)为隆起中心向四周低倾, 逐级递降, 从中低山区至丘陵台地、沿海平原, 环岛海岸线长达 $1\,528 \text{ km}$; 海拔 500 m 以上的山地占全岛面积的 25.4% , $100 \sim 500 \text{ m}$ 的丘陵占 13.3% , 100 m 以下的台地占 32.6% , 阶地和平原占 28.1% , 陆地的水域占 0.6% ; 海南岛周围大陆架 $-5 \sim -10 \text{ m}$ 的地区 $2\,330.6 \text{ km}^2$, 相当于陆地面积的 6.8% 。

海南岛日照时数年平均为 $1\,750 \sim 2\,750 \text{ h}$, 西部东方市年平均日照时数最高, 达 $2\,750 \text{ h}$, 中部山区琼中最少, 为 $1\,750 \text{ h}$; 太阳总辐射量年平均约 $0.46 \sim 0.58 \text{ MJ/cm}^2$, 其中东方市 0.58 MJ/cm^2 , 中部山区约 0.46 MJ/cm^2 。海南岛多年平均降雨量为 $1\,758 \text{ mm}$, 约为 557 亿 m^3 , 多年平均降雨量最大的是万宁市、琼中县, 分别为 $2\,326 \text{ mm}$, $2\,314 \text{ mm}$, 最小的是东方市, 为 $1\,277 \text{ mm}$ 。

2005 年海南省生产总值 (GDP) 903.60 亿元 , 其中, 第一产业增加值 301.10 亿元 , 第二产业增加值 228.91 亿元 , 第三产业增加值 373.59 亿元 ; 三产业结构为 $33.32 \quad 25.33 \quad 41.35$; 年末全省常住人口为 828.00 万人 , 人口自然增长率为 8.93% 。

2 评价指标体系的建立

2.1 评价指标的选择原则

决定健康评价是否成功的关键是如何选择适宜的评价指标与评价标准, 以构成科学合理的评价指标体系。生态系统健康必须基于生态服务功能来确定指标, 特别是评价其干扰后的恢复能力, 包括其完整性、适应性和效率^[5]。生态系统服务功能的维持是人类评价生态系统健康的一条重要标准。

只有通过筛选出有效可靠的、可操作的、可广泛推广的, 并能为决策者提供指导信息的健康评价指标, 才能使得海南岛生态系统健康评价具有现实意义。海南岛生态系统健康评价指标的选取着重体现出生态系统的特征, 反映出生态系统健康变化的总体趋势。指标的选择从自然、经济、社会 3 个方面着手, 自然方面侧重于生态环境、森林覆盖率、生物多样性、土地利用、环境污染等; 经济方面侧重于资源再生和综合利用水平、经济增长、消费结构等; 社会

方面侧重于人与自然和谐、社会保障、公共设施等。指标选择的原则为: 完整性——评价指标能反映海南岛生态系统的整体格局, 形成一个完整体系, 充分体现社会、经济、资源、环境、生物等各个侧面的本质特征, 全面反映生态系统的服务功能, 并且各指标之间具有不可替代性; 实时性——评价指标可以有效地重复获取, 可以进行生态系统的实时监测, 在不同尺度的影响因素之间能建立函数关系, 并进行评价; 前瞻性——评价指标能反映海南岛生态系统特有的、重要的、不可替代的或不可恢复的服务功能, 能表述过去和现状资源、经济、社会和环境各要素之间的关系, 借以指示未来的发展趋向; 可操作性——评价指标的原始数据可通过调查、监测等手段获得, 且概念明确, 便于统计、计算和环境管理; 可比性——评价指标在时间和空间上具有敏感性, 与生态环境现状及可持续的能力存在可比性。

2.2 评价指标体系

通过选择适宜的可定量的指标, 构建指标体系来评价海南岛生态系统健康状况。通过生态系统的活力、组织结构、恢复力、生态系统服务功能的维持、人类健康影响 5 个方面来衡量海南岛生态系统健康状况, 并针对每个方面所涵盖的内涵提出相应的指标, 同时将健康标准划分为 5 级: 病态、不健康、临界状态、健康、很健康, 最后构成海南岛生态系统健康评价指标体系 (表 1)^[6,7]。

活力即生态系统的活性、代谢及初级生产力。在一定范围内, 生态系统的活性越大, 代谢就越强, 活力就越高。海南岛生态系统活力主要以经济生产力、能流的利用效率来表示。

组织结构指生态系统组成及途径的多样性。结构是功能和动态的基础, 会随生态系统的次生演替而发生变化和作用, 包括经济结构、社会结构、自然结构。一般来说, 生态系统的组织结构越复杂多样就越健康^[8]。

恢复力是生态系统维持结构与格局的能力, 即生态系统受到压力胁迫后, 能够保持或恢复结构和功能稳定性的能力。一般认为受胁迫生态系统比不受胁迫生态系统的恢复力更小。海南岛生态系统恢复力主要以环境废物处理指数、物质循环利用率、环保投资指数来表征。

表 1 海南岛生态系统健康评价指标体系及分级标准

评价要素	评价指标	具体指标	病态	不健康	临界值	健康	很健康	2005 年
活力	经济生产力	人均 GDP/ 万元	0.3	1.2	2.0	4.0	8.0	1.1
	能耗效率	单位 GDP 能耗/ 吨标煤	1.2	0.9	0.7	0.5	0.2	0.9
组织 结构	经济结构	R &D 经费占 GDP 比重/ %	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	1.5
	经济结构	信息产业占 GDP 比重/ %	5	10	15	20	25	20
	社会结构	城镇人口密度/(万人 · km ⁻²)	3.0	2.5	2.0	1.5	1.1	1.3
	社会结构	城镇居民基尼系数	0.50	0.40	0.30	0.25	0.20	0.25
	自然结构	森林覆盖率/ %	30	35	40	45	50	56
	自然结构	自然保护区覆盖率/ %	3	5	7	9	11	8
恢 复 力	环境废物处理指数	城镇生活垃圾无害化率/ %	20	40	60	80	100	60
	环境废物处理指数	城镇生活污水处理率/ %	20	40	60	80	100	51
	环境废物处理指数	机动车尾气排放达标率/ %	20	40	60	80	100	80
	环境废物处理指数	工业固废综合利用率/ %	20	40	60	80	100	71
	物质循环利用率	工业用水重复利用率/ %	10	25	40	55	70	50
	环保投资指数	环保投入占 GDP 比重/ %	0.5	1.0	1.5	2.0	3.0	1.1
生态 系统 服务 功能	环境质量状况	环境质量综合指数	30	50	70	90	100	93
	生活便利程度	城镇人均公共绿地/(m ² · 人 ⁻¹)	4	7	10	16	20	10
	生活便利程度	人均住房面积/(m ² · 人 ⁻¹)	7	10	15	17	20	21
	生活便利程度	城镇人均道路面积/(m ² · 人 ⁻¹)	6	10	15	20	28	14
人群 健康 状况	人群健康	恩格尔系数/ %	59	50	40	30	25	44
	人群健康	人均期望寿命/ 岁	65	68	73	78	80	76
	文化水平	人口平均教育年限/ a	3	5	7	11	13	9

注： R &D 经费 = 基础研究经费 + 应用研究经费 + 试验发展经费； 基尼系数 —— 用来描述收入整体差距程度的指标；
恩格尔系数 = 平均家庭食品支出总额 ÷ 平均家庭消费支出总额 × 100 %； 城镇人口密度仅以海口和三亚市市区计。

生态系统服务功能的维持是人类评价生态系统健康的一条重要标准。健康的生态系统对人类服务功能的质和量均会增加,反之则会减少。区域生态系统对人类的服务功能主要表现在它是提供人类生产、生活的载体,区域环境质量的好坏及人们的生活便利程度直接影响着生态系统服务功能的优劣。

人群自身的健康可作为生态系统健康的反映。生态系统的变化可通过多种途径影响人类健康,健康的生态系统是与人类相关且对人类产生的负面影响小或没有负面影响的生态系统。作为海南岛生态系统评价要素之一的人群健康状况主要以人群健康和文化水平来表达。

3 评价模型

生态系统健康状况的好坏是相对于标准值而言,健康与否只是一个相对概念,很难对某生态系统是健康的或是不健康的作出明确的结论。因此,区域生态系统健康与否可以作为一个模糊问题来处理,采用模糊数学建立海南岛生态系统健康评价模型,进而将各指标值代入进行计算,最后得出评价结果。海南岛生态系统健康评价采用模型为：

$$H = W \cdot R \tag{1}$$

$$R = \begin{pmatrix} R_{11} & R_{12} & R_{13} & \dots & R_{1j} \\ R_{21} & R_{22} & R_{23} & \dots & R_{2j} \\ R_{31} & R_{32} & R_{33} & \dots & R_{3j} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ R_{i1} & R_{i2} & R_{i3} & \dots & R_{ij} \end{pmatrix} \tag{2}$$

$$R_{ij} = (\begin{matrix} r_{1j} \\ r_{2j} \\ M \\ r_{kj} \end{matrix}) \tag{3}$$

式中： H —— 海南岛生态系统健康状况矩阵； W —— 生态系统健康评价要素的权矩阵, W = (1, 2, ..., s)； R —— 生态系统健康评价各要素对各级健康标准的隶属度矩阵； R_{ij} —— 第 i 个评价要素对第 j 标准的隶属度； r_k —— 各评价要素中对第 k 个指标所赋予的权重； r_{kj} 为第 k 个指标对第 j 标准的隶属度,其计算公式对正向指标 (指标值越大,健康程度越高) 和负向指标 (指标值越小,健康程度越低) 有所不同。

4 评价结果

将海南岛 2005 年的具体指标值及其在评价要素中的权重代入(3)式进行计算,得出(2)式隶属度矩阵 R 值为:

$$R = \begin{bmatrix} 0.0555 & 0.9445 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0750 & 0.1500 & 0.4750 & 0.3000 \\ 0.0000 & 0.1875 & 0.3967 & 0.4158 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0400 & 0.3600 & 0.2100 & 0.3900 \\ 0.0000 & 0.1200 & 0.4900 & 0.3900 & 0.0000 \end{bmatrix}$$

海南岛生态系统健康各评价要素的权矩阵设为:

$$W = (0.2000 \quad 0.2000 \quad 0.2000 \quad 0.2000 \quad 0.2000)$$

将隶属度矩阵 R 值和权矩阵 W 值代入(1)式计算,最后得出海南岛生态系统健康评价结果如下:

$$H = (0.0111 \quad 0.2734 \quad 0.2793 \quad 0.2982 \quad 0.1380)$$

按最大隶属度原则,2005 年海南岛生态系统属健康状态,隶属度为 0.298 2。

5 结 语

生态系统健康给环境管理带来了一种新思维方式,对促进海南生态省建设的健康发展具有现实而重要的意义。从自然、经济和社会 3 个方面选择海南岛生态系统健康指标,并依据完整性、实时性、前

瞻性、可操作性、可比性的指标选取原则构建科学可靠的指标体系及分级标准,采用模糊数学建立评价模型,经计算得出海南岛生态系统健康评价结果为:“病态”隶属度 0.011 1、“不健康”隶属度 0.273 4、“临界值”隶属度 0.279 3、“健康”隶属度 0.298 2、“很健康”隶属度 0.138。根据最大隶属度原则,2005 年海南岛生态系统属“健康”状态。

参考文献:

- [1] 刘明华,董贵华.城市生态系统健康评价指标体系的构建[J].中国疗养医学,2005,14(3):161-164.
- [2] 张志诚,牛海山,欧阳华.“生态系统健康”内涵探讨[J].资源科学,2005,27(1):136-145.
- [3] 曾晓舵,丁常荣,郑习健.生态系统健康评价及其问题[J].生态环境,2004,13(2):287-289.
- [4] 王广成,闫旭骞.矿区生态系统健康评价指标体系研究[J].煤炭学报,2005,30(4):534-538.
- [5] 宋兰兰,陆桂华,刘凌,等.区域生态系统健康评价指标体系构架[J].水科学进展,2006,17(1):116-121.
- [6] 李建龙.城市生态绿化工程技术[M].北京:化学工业出版社,2004.140-168.
- [7] 郑远强.海南省城镇居民收入分配差异程度测度分析[J].海南大学学报(人文社会科学版),2003,21(3):264-268.
- [8] 吴春华,牛卫华.论河流生态系统健康[J].人民黄河,2006,28(2):10-12.

(上接第 200 页)

- [3] 史辅成.河口镇-龙门区间降雨径流关系变化的原因[J].人民黄河,2006,28(4):24-26.
- [4] 康玲玲,王国庆,王云璋,等.黄河中游河龙区间降水分布及其变化特点分析[J].人民黄河,1999,21(8):3-6.
- [5] 王云璋,康玲玲,王国庆,等.河龙区间近 10 年降水特点及其变化趋势分析[J].人民黄河,1999,21(8):6-8.
- [6] 施雅风,沈永平,李栋梁,等.中国西北气候由暖干向暖湿转型问题评估[M].北京:气象出版社,2003.17-44.
- [7] 白爱娟,刘晓东.从气候标准的改变分析西北地区的气候变化[J].干旱区研究,2005,22(4):458-464.
- [8] 王遵娅,丁一汇,何金海.近 50 年来中国气候变化特征的再分析[J].气象学报,2004,62(2):228-236.
- [9] 李新周,刘晓东,马柱国.近百年来全球主要干旱区的干旱化特征分析[J].干旱区研究,2004,21(2):97-103.
- [10] 周晓红,赵景波.黄土高原气候变化与植被恢复[J].干旱区研究,2005,22(1):116-119.
- [11] Houghton J T, Jenkins G J, Ephraums J J. Climate Change: The IPCC scientific assessment [M]. Cambridge University Press, 1990.
- [12] 刘春荣.气候变化对水文水资源影响及适应对策研究[R].85-913-03-03 专题技术报告.北京:水利部信息中心,1996.