



基于 PSR 模型的海南南丽湖湿地健康评价

李云哲¹, 孙 涛¹, 张 晨², 袁 腾², 蒲凌海¹

(1. 海南大学 热带农林学院, 海南 海口 570228; 2. 海南大学 经济管理学院, 海南 海口 570228)

摘要:为更好地保护和发展海南重要的南丽湖湿地资源,采用压力-状态-响应模型,选取能充分反映南丽湖湿地生态安全的 20 项指标,运用层次分析法确定各指标的权重,计算南丽湖各指标健康指数分值,对海南南丽湖湿地进行健康评价。结果表明:南丽湖湿地的生态安全综合指数得分为 0.764,湿地目前处于良好的健康状态。当前南丽湖处于正在建设时期,资金投入量充足,湿地保护程度日益加深;人均 GDP、周围人口素质和旅游活动强度指标得分低于 0.6,说明湿地周围居民的经济和文化水平偏低,游客人数偏多,同时伴随有上升的趋势,人类活动对南丽湖湿地健康影响较大,不利因素较多。水体 DO 和金属元素含量两项指标得分低于 0.8,说明水体质量受到其它污染地区的轻微影响,如不加强监管、治理,水质有继续恶化的趋势,植被覆盖率指标得分低于 0.8,说明南丽湖植被覆盖率较低,影响了南丽湖湿地的生物多样性。

关键词:湿地;PSR 模型;健康评价;南丽湖

湿地享有“地球之肾”的美称,具有净化空气,涵养水源,调节气候等功效^[1]。湿地系统的健康与否,对全球的生态环境都有着深远的影响。但是,近年来海南省的湿地生态系统出现了面积缩小、结构受损、功能退化等不良趋势^[2]。因此,评价湿地系统的健康状态是湿地的研究工作之一。王树功等^[3]对淇澳岛湿地及李晓^[4]对天津滨海湿地的研究等均为本研究提供案例。目前,湖泊湿地的健康评价方法主要可以分为生物监测法和多指标综合评价法^[5]。其中 PSR 模型(“压力-状态-响应”模型)是多指标综合法中常用的方法之一。近些年来,南丽湖湿地收到众多因素的影响,局部地区出现污染问题。因此,基于“压力-状态-响应”模型建立的湿地健康评价方法,通过具体的数字结果来评估湿地的健康状态,能综合多重指标分析多方位的因素对南丽湖湿地的影响,寻找影响南丽湖湿地的主要因素,并结合现状预测湿地未来的演变趋势,为南丽湖湿地系统的保护和规划工作提供指导和方向。

1 南丽湖简介

南丽湖,位于海南省定安县,其地理坐标为 N19° 27' 21" ~ 19° 31' 23", E110° 20' 11" ~ 110° 23' 52"。南丽湖湿地是海南省典型的水库型

人工湿地,总面积约 46 hm²,其中湖区面积约 26 hm²。当地的气候类型为热带海洋性季风气候^[6]。干季,雨季明显,冬春比较干旱,夏秋多风多雨,风、洪涝等气候灾害比较频繁。年平均气温 24 °C,年降雨量 2 300 mm^[7]。湖区的东、西、南三面约有 0.2 万 hm² 胶林、茶园、防护林、果林和其它经济作物林,主要有椰子、菠萝蜜等^[8]。南丽湖所处的定安县,城镇经济仍以农业为主导^[9],农业用地较多。

2 研究方法 with 数据

2.1 方法原理

基于压力-状态-响应(PSR)模型,南丽湖湿地健康评价体系可分为 3 个准则层。每个准则层将依据相对应的指标,划分出各个指标层。从而构建完整的南丽湖湿地健康评价模型。结合 3 个准则层以及同一准则层次内各项指标间的相互关系,采用 T L Saaty (Saaty, 1980) 的 1-9 标度法^[10],利用 YAHP 软件计算得到各个指标的归一化权重。

根据各项指标的权重及其得分,湿地生态系统健康综合指数(Q)用公式计算:

$$Q = \sum_{i=1}^n h_i \times k_i$$

式中, h_i 为第 i 项指标的指标总权重, k_i 为第 i 项指标的单项得分。根据各项指标的权重及得分,即可得到湿地生态系统健康综合指数(Q)。

2.2 数据及来源

2.2.1 压力指标层 包括人口密度、人均 GDP、

收稿日期:2017-12-06

基金项目:海南省自然科学基金面上资助项目(20164161)。

第一作者简介:李云哲(1997-),男,河南省陕县人,在读学士,从事湿地生态学研究。E-mail: 869714417@qq.com。

湿地周围人口素质、旅游活动强度:海南省地方统计公报和统计年鉴(2016);外来物种入侵(已发现入侵植物包括微甘菊、飞机草、假臭草、光夹含羞草、蟛蜞菊和五爪金龙):海南南丽湖国家湿地公园科研监测报告(2016)。

2.2.2 状态指标层 包括植被覆盖率、DO、COD、BOD₅、水中金属元素含量、降雨量、水位波动、土壤环境状况、底栖动物多样性指数(海南南丽湖国家湿地公园科研监测报告)。

2.2.3 响应指标层 污水处理率:海南省地方统计公报和统计年鉴(2016);资金投入量:海南省地方统计公报和统计年鉴(2016)。

表 1 南丽湖湿地健康指标的等级划分标准

Table 1 The classification standard of healthy index in Nanli Lake

指标名称 Index name	指标评分级别等级划分标准 Grade classification standard of index grade				
	完全病态(0~0.2)	极健康(0.8~1.0)	健康(0.6~0.8)	亚健康(0.4~0.6)	略病态(0.2~0.4)
人口密度/(人·km ²)	<200	200~400	400~600	600~800	>800
人均 GDP/万元	>5	3~5	2~3	1~2	<1
外来物种入侵	基本没有外来物种	外来物种具有小 规模	外来物种和本地 物种相当	外来物种已取得 优势地位	外来物种基本 取代本地物种
土地利用强度	低	较低	适度	较高	高
旅游活动强度/%	<0	0~10	10~20	20~40	>40
湿地周围人口素质/%	>20	15~20	10~15	5~10	<5
植被覆盖率/%	>70	60~70	50~60	30~50	<30
底栖动物多样性指数	>3.5	2.5~ 3.5	1.5~ 2.5	1.0~ 1.5	<1.0
DO/(mg·L ⁻¹)	>7.5	6~7.5	5~6	3~5	2~3
COD/(mg·L ⁻¹)	<15	15~20	20~30	30~40	>40
BOD ₅	I	II	III	IV	V
水中金属元素含量	安全	警戒线	轻污染	中度污染	重污染
降雨量/mm	>1500	1000~1500	600~1000	200~400	<200
水位波动/m	<0.5	0.5~1.0	1.0~2.0	2.0~4.0	>4.0
土壤环境状况	安全	警戒线	轻污染	中度污染	重污染
湿地退化率/%	<5	5~15	15~25	25~35	>35
污水处理率/%	80~100	60~80	40~60	20~40	<20
政策法规及保护区建设	完善	较完善	一般	不完善	无
湿地保护程度/%	>70	50~70	30~50	15~30	15
资金投入量/万元	>2000 以上	2000~1500	1000~1500	500~1000	<500

人均 GDP、湿地周围人口素质是描述湿地地区居民的生活状态的指标。人均 GDP 和湿地人口素质越低,表明居民越缺乏合理开发湿地资源的意识,是未来保护湿地资源的重大隐患。外来物种入侵:外来入侵种一般具有较强的适应能力和繁殖能力。在生境较差地区,会挤占本地物种的生态位,造成局部或大面积群落多样性减少,往

2.3 南丽湖湿地健康指标的等级划分标准及选取依据

在本次研究中,各项指标的等级划分,主要依据相关国家标准、海南省特有环境以及相关领域的科学研究。指标的等级主要划分为 5 个等级,各等级的评价标准见表 1,各等级的得分均在[0,1]区间内。

2.3.1 压力指标层 人口密度、旅游活动强度:是直接衡量环境负荷大小的重要指标。人口密度和旅游活动强度越大,说明环境负荷越大,人类对资源利用越多,其生产生活产生的废水、垃圾等对湿地水体和土壤的健康的潜在威胁越大。

往行成单优群落,不利于植物充分利用空间资源,影响植被的生态功能发挥。土地利用强度可以体现人类对湿地资源的利用程度。开发程度越小的湿地,受人类的影响越小,则土地利用强度越低,有利于环境保持相对的健康状态。

2.3.2 状态指标层 植被覆盖率指森林面积占土地总面积之比。植被覆盖率可以直接反映森林

资源的丰富程度以及湿地环境的绿化程度,对湿地环境的生物多样性也有一定的影响。底栖生物多样性:底栖生物是南丽湖湿地生态系统的重要组成部分。底栖生物的多样性指数越高,有利于湿地环境形成较为复杂的食物网,则湿地对外来影响的抵抗能力越强,对维持南丽湖湿地的生态稳定具有积极意义。DO、COD、BOD 和水中金属元素含量是直接衡量湿地水质环境是否受污染的重要指标,也是水质环境监测的必要指标。通过对这些指标的实施监控,能判断湿地生态环境的受污染状况,针对水质环境变化做出及时调整。降雨量、水位波动能够反映南丽湖湿地水资源的波动情况,能体现某段时间内南丽湖湿地的气候变化规律以及台风天气的影响,同时也会直接影响各项水质监测指标的监测结果。

土壤环境状况是衡量土壤受污染状况的指标,体现对土壤质量的评价状况。

湿地退化率是直观体现湿地的变化状况的指标,通过湿地面积的变化来衡量目前湿地的健康

状态,同时可预测湿地未来的变化趋势。

2.3.3 响应指标层 资金投入量、政策法规及保护区建设。资金和政策法规是南丽湖湿地保护工作的重要保障,一定程度上影响了南丽湖湿地未来的变化趋势,对南丽湖湿地保护以及规划具有引导作用。湿地保护程度是目前南丽湖湿地保护现状的指标,用其评估现有保护工作对南丽湖湿地的保护程度。污水处理率是评价人类活动对水质改善效果的指标。污水处理率越高,说明相关地区治理污水的措施越有效,对未来的水质改善措施具有借鉴意义;或是相关地区无重大污染源,应加强防范。

2.4 南丽湖湿地健康指标权重及量化标准

根据南丽湖湿地等湖泊湿地系统的特点,增加了旅游活动强度、DO、COD、BOD₅、水中重金属元素含量、降雨量、水位波动和湿地保护程度等指标,使其更加准确的评价南丽湖湿地系统。

南丽湖各个准则层权重,以及各个准则层中指标层在准则层内的权重详见表 2。

表 2 南丽湖湿地系统各个指标的权重和量化标准

Table 2 The weight and quantization standard of each index in Nanli Lake wetland system			
目标层 Destination Layer	准则层 Criteria layer	指标层 Index layer	量化标准 Quantization standard
基于 PSR 框架 的南丽湖湿地 生态系统健康 综合评价	压力(0.307)	人口密度(0.163)	南丽湖周围人口密度
		人均 GDP(0.189)	南丽湖周围地区生产总值/地区常驻人口
		外来物种入侵(0.096)	外来物种的规模与本地物种的比率
	状态(0.436)	土地利用强度(0.193)	岸线向陆 5 km 范围内,表征人类社会的土地开发利用对湿地环境影响
		旅游活动强度(0.223)	以年度旅游人数变化率表示
		湿地周围人口素质(0.136)	以高中以上文化程度人口占周边人口的百分率表示
		植被覆盖率(0.084)	南丽湖周围植被面积/周围总面积
		底栖动物多样性指数(0.094)	以底栖动物的多样性指数来表示
		DO(0.109)	参考《地表水环境质量标准》
		COD(0.109)	参考《地表水环境质量标准》
		BOD ₅ (0.109)	参考《地表水环境质量标准》
		水中重金属元素含量(0.122)	参考《地表水环境质量标准》
		降雨量(0.116)	以该地区年平均降雨量表示
		水位波动(0.076)	一年内湖泊最高水位和最低水位的差值
		土壤环境状况(0.079)	以中华人民共和国国家标准土壤环境质量标准表示
湿地退化率(0.102)	以退化的湿地面积的百分率表示		
污水处理率(0.341)	经处理污水占总体污水的百分率		
响应(0.257)	政策法规及保护区建设(0.213)	以自然保护区级别和面积评定	
	湿地保护程度(0.263)	以保护区湿地的面积占流域湿地总面积的比例	
	资金投入量(0.183)	以环境保护的投入资金	

3 结果与分析

经分析,南丽湖湿地各项指标权重及得分结果见表 3。南丽湖湿地的生态安全指数得分 $Q=0.764$,说明南丽湖湿地目前处于良好健康状态。

根据计算所得湿地生态系统健康综合指数,南丽湖湿地目前处于良好的健康状态。当前南丽湖处于正在建设时期,资金投入量充足,湿地保护程度日益加深;但是部分指标得分较低。人均 GDP 和周围人口素质指标得分低于 0.6,说明湿地周围居民的经济和文化水平偏低。同时旅游活动强度指标得分低于 0.6,说明游客人数偏多,同时伴随有上升的趋势,人类活动对南丽湖湿地健康影响较大,不利因素较多;除此之外,水体 DO 和金属元素含量两项指标得分低于 0.8,说明水体质量受到其它污染地区的轻微影响,如果不加强监管和治理工作,水质有继续恶化的趋势;植被覆盖率指标得分低于 0.8,说明南丽湖植被覆盖率较低,影响了南丽湖湿地的自然性,南丽湖湿地的保护强度仍需加强。

表 3 南丽湖湿地系统各个指标的等级划分标准
Table 3 The classification standard of each index in Nanli Lake wetland system

指标名称 Index name	指标状态 Index state	指标总权重 Index total weight	得分 Score
人口密度/(人·km ⁻²)	246.34	0.050041	0.754
人均 GDP/万元	2.86	0.058023	0.572
外来物种入侵	基本没有外来物种	0.029472	0.900
旅游活动强度/%	18.9	0.068461	0.578
湿地周围人口素质/%	13.5	0.041752	0.540
植被覆盖率/%	59.46	0.036624	0.589
土地利用强度	低 ^[11]	0.059251	0.900
底栖动物多样性指数	3.61	0.040984	0.900
DO/(mg·L ⁻¹)	≥6	0.047524	0.700
COD/(mg·L ⁻¹)	<15	0.047524	0.900
BOD ₅	I	0.047524	0.900
水中金属元素含量	II	0.053192	0.700
降雨量/mm	1960	0.050576	0.900
水位波动/m	0.69	0.033136	0.724
土壤环境状况	安全	0.034444	0.900
湿地退化率/%	3.5	0.044472	0.900
污水处理率/%	74.28	0.087637	0.743
政策法规及保护区建设	较完善	0.054741	0.700
湿地保护程度/%	64	0.067591	0.740
资金投入量/万元	>2000	0.047031	0.900

4 结论与讨论

加强南丽湖湿地水源保护工作和水质监测工

作。相关环境监管部门应建立长期、连续的监管工作,同时调查湿地周围是否有污染企业,防止其它地区的污染波及湿地。水质各项指标需保持良好,甚至达到优秀标准。

自海南省提出建设国际旅游岛的战略,近年来定安县的国内旅游密度指数逐步上升,国内旅游发展势头较好^[11]。因此,旅游游客将是对南丽湖湿地影响较大的因素之一。如何合理地调控游客数量,管理游客行为是今后南丽湖湿地景区的重要工作。

定安地区是较为著名的橡胶种植地区,橡胶种植面积较大。但橡胶生长的不同时期需要氮肥、磷肥多种搭配,混合使用^[12]。在雨天,废料中的 N、P 元素会随地表径流进入水体;除此之外,定安黑猪养殖发展势头显著^[13],其养殖场的粪便露天堆放、场地冲洗等会排放大量 N、P,处理问题较为严峻。综上所述,定安地区农业发展对南丽湖湿地有重大影响。易造成大量含 N、P 有机物进入水体和土壤中,引起南丽湖湿地水质 COD、BOD,等指标含量增加,导致水体富营养化。应加强管控,针对农业种植有计划的进行施肥管理,针对畜禽养殖的粪便进行统一集中处理。

参考文献:

[1] 尹小娟,宋晓谕,蔡国英. 湿地生态系统服务估值研究进展[J]. 冰川冻土,2014,36(3):759-766.

[2] 周梦瑶,宋垚彬,李文兵,等. 海南湿地保护现状及主要威胁因素探析[J]. 杭州师范大学学报(自然科学版),2015,14(6):602-607,640.

[3] 王树功,郑耀辉,彭逸生,等. 珠江口淇澳岛红树林湿地生态系统健康评价[J]. 应用生态学报,2010,21(2):391-398.

[4] 李 晓. 基于 PSR 模型评价天津滨海湿地生态系统健康[J]. 海洋信息,2014(4):39-43.

[5] 李冰,杨桂山,万荣荣. 湖泊生态系统健康评价方法研究进展[J]. 水利水电科技进展,2014,34(6):98-106.

[6] 陈键,符国基. 水利风景区生态服务价值对土地利用变化的响应——以海南省南丽湖风景名胜区的为例[J]. 水土保持研究,2016,23(2):229-235,242.

[7] 秦送玲. 基于土地利用规划的地质灾害防治研究[D]. 海口:海南大学,2015.

[8] 胡祥英. 南丽湖旅游资源及其开发构想[J]. 地域研究与开发,1994(4):49-51.

[9] 张忠惠,苏庆岑. 海南省定安县小城镇发展现状、问题与对策[J]. 海南金融,2009(2):86-88.

[10] Saaty T L. The analytic hierarchy process, McGraw-Hill[J]. New York. 1980.

[11] 刘木莲,符国基,王玉君,等. 基于生态足迹的景区可持续发展评估——以海南南丽湖风景名胜区的为例[J]. 海南大学学报(自然科学版),2012,30(2):154-162.

[12] 高玉尧,许文天,刘实忠. 氮磷钾不同施肥水平对橡胶草生长发育的影响[J]. 热带作物学报,2017,38(2):199-205.

[13] 张中宝. 定安现代农业蓄势崛起[N]. 海南日报,2009-08-18(A04).



老龄化社会背景下风景园林规划设计研究进展

尹中健,张绿水

(江西农业大学 园林与艺术学院,江西 南昌 330045)

摘要:随着中国老年人口的增长,中国已进入了老龄化社会,因此,如何给老人营造高质量的户外休闲环境已经成为风景园林行业必须面对的课题。以“老龄化社会”“景观”“户外空间”等为关键词,在对中国期刊网数据库(CNKI)进行文献检索的基础上,梳理了老龄化社会背景下的风景园林设计及规划的相关研究文献。相关研究主要集中在5个方面:老年人户外心理需求及行为特征;老年人社区环境和户外空间理论;老年人户外环境需求;老龄化社会背景下风景园林规划设计应对方法;老年人的户外活动调查与研究方法。最后总结并展望了今后的相关研究趋势。

关键词:老龄化社会;风景园林;户外休闲

随着人口老龄化的加快,老年人的养老问题已经成为全球需要共同解决的严峻问题。依据联

合国的最新标准,“老龄化社会”是指一个区域65岁以上的老人比例超总人口的7%。在全球206个国家和地区中,已成为“老龄化社会”的达到了70多个。目前意大利已成为世界老龄化人口程度第一的国家,有25%的老年人口比例,德国、希腊和日本位居其二,均为24%,瑞典也达到了23%的高比例数据^[1]。根据最新的《2015年全国1%人口抽样调查主要数据公报》显示,我国有2.22亿60岁及以上人口,占16.15%,其中有1.44亿

收稿日期:2017-12-23

基金项目:江西省高校人文社会科学研究资助项目(YS1531);教育部人文社会科学研究一般资助项目(16YJC760073)。

第一作者简介:尹中健(1994-),男,江西省赣州市人,在读硕士,从事风景园林研究。E-mail:imabadboy1994@qq.com。

通讯作者:张绿水(1976-),男,江西省鄱阳县人,博士,副教授,从事园林规划设计理论研究。E-mail:zhanglvshui@ sina.com。

Health Evaluation of Nanli Lake of Hainan Province Based on PSR Model

LI Yun-zhe¹, SUN Tao¹, ZHANG Chen², YUAN Teng², PU Ling-hai¹

(1. Tropical Agriculture and Forestry Department, Hainan University, Haikou 570228, China; 2. College of Economics and Management, Hainan University, Haikou 570228, China)

Abstract: In order to better protection and development of important wetland resources of Nanli Lake of Hainan. This paper adapts the Pressure-State-Response(PSR) model, selects 20 indexes which can fully reflect the ecological security of Nanli Lake wetland, to evaluate the health status of Hainan Nanli Lake Wetland. Based on this evaluation index system, the scores of health index of 20 indexes were calculated. The results showed that the ecological security index score Nanli Lake wetland was 0.764, wetland was currently in good health. The current Nanli Lake wetland was in the construction period, the amount of capital investment was sufficient, the wetland protection degree was deepened; the per capita GDP, around the quality of the population and tourism activity intensity index below 0.6 points, indicating the wetland surrounding residents economic and cultural level was low, the number of visitors more, with a rising trend, human activities had great influence on our the wetland health, many unfavorable factors. The water DO and the content of metal elements of two indicators below 0.8 points, indicating the water quality were slightly affected by the other polluted areas, such as the strengthening of supervision and management, water quality continues to deteriorate trend, the vegetation coverage index below 0.8 points, indicating nanly lake vegetation coverage rate was low, the effect of Nanli Lake wetland biodiversity.

Keywords: wetland; PSR model; health assessment; Nanli Lake