

基于 PSR 模型的云贵高原湿地生态系统健康评价

秦 趣^{1,2}, 黄 艳¹, 崔小平³

(1.六盘水师范学院 旅游与历史文化学院, 贵州 六盘水 553004;
2.乌蒙山区发展研究院, 贵州 六盘水 553004;
3.湖南省有色地质勘查局 247 队, 湖南 长沙 410129)

摘要: 威宁草海湿地生态系统健康对我国云贵高原生态安全格局建设具有重要意义。为了保护高原湿地威宁草海的基本生态系统服务功能, 促进其生态系统健康发展, 通过对威宁草海湿地的生态系统健康进行评价, 为湿地生态恢复和环境保护提供决策支持。利用 PSR(Pressure-State-Response)模型框架, 从压力(P)、状态(S)和响应(R)3 个方面建立评价指标体系, 采用熵权法和模糊数学法建立评价模型, 把草海湿地生态系统健康分为“很健康、健康、较健康、不健康、疾病”5 个等级。结果表明, 威宁草海湿地生态系统健康属于“不健康”等级, 隶属度值为 0.2934、0.3415、0.2061、0.1077、0.0513; 其中, 压力要素为“疾病”等级, 隶属度值为 0.4323、0.2862、0.1768、0.0241、0.0806; 状态和响应要素均为“不健康”等级, 状态要素隶属度值为 0.2202、0.3174、0.2361、0.1128、0.1135, 响应要素隶属度值为 0.1534、0.4273、0.2307、0.0866、0.1020。压力要素的影响因素主要包括人口过多、环保压力大、化肥施用强度大、农药施用多; 状态要素的影响因素主要包括湿地流域保水能力差、水量稳定性低、植被覆盖率不高、水土流失严重、土地生产力下降; 响应要素的影响因素主要包括地保护意识不强、环保投入少、污水处理率低、物质生活指数不高。在草海生态系统建设过程中, 应控制人口增长、减少农药和化肥施用量、提高植被覆盖率、治理水土流失。

关键词: PSR 模型; 湿地生态系统健康; 评价指标; 威宁草海湿地

中图分类号: Q332 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-3075(2019)05-0026-06

目前, 受经济快速发展的影响, 生态环境和生态安全问题不断出现, 湿地生态安全成为学界研究的热点(Qu, 2002)。湿地具有调节气候、净化环境、涵养水源、保护生物多样性等生态功能, 对生态系统健康评价有利于加强湿地生态安全及其资源管理水平, 促进湿地资源的保护与利用(Mclaughlin et al, 2013; Fr Anco et al, 2014)。

近年来, 湿地生态系统的评价方法较多, 国外常见的评价方法有 2006 年美国环保署(US EPA)提出的 3 层湿地评价方法, 即景观评估、快速评估和集中的现场评估(Reiss, et al, 2007); 这些方法在美国湿地评价与监测中得到广泛应用(Miller, et al,

2006; Carey, et al, 2011; Lane et al, 2012; Whigham et al, 2014)。泰国学者在主成分分析的基础上得到二次数据, 并以此建立湿地生态系统健康指数, 评价了泰国夜功府下游湿地生态系统健康(Somphinit et al, 2012)。国内学者朱爽等(2016)运用物元可拓理论建立评价模型, 对衡水湖国家湿地保护区生态系统健康进行了评价; 蒋卫国等(2009)利用遥感与 GIS 技术, 对洞庭湖区湿地的生态系统健康进行了研究; 王斌等(2012)应用层次分析法评价了华北地区滨海湿地生态系统健康; 王莹等(2010)运用神经元网络模型对崇明东滩湿地生态系统健康进行了评估。这些评价方法从不同角度对湿地生态系统健康进行了研究, 但也存在着权重求值较主观、基础数据不易获取等问题。针对这些问题, 本研究拟运用熵权法和模糊数学建立评价模型, 并以贵州省威宁草海湿地为例, 对高原湿地生态系统健康进行评价, 以为有关部门决策提供参考。

1 资料与方法

1.1 区域概况

草海湿地地处云贵高原乌蒙山区贵州省威宁彝

收稿日期: 2017-10-10
基金项目: 贵州省科技合作计划项目(黔科合 LH 字[2015]7625 号, 黔科合基础[2017]1506); 贵州省教育厅创新群体重大项目(黔教合 KY 字[2016]056 号); 贵州省科技计划项目(黔科合基础[2017]1506); 六盘水市科技计划项目(52020-2018-03-08); 六盘水师范学院重点学科建设项目(LPSSYZDXK201701); 六盘水师范学院科技创新团队项目(LPSSYKJTD 201604)。
作者简介: 秦趣, 1978 年生, 男, 教授, 主要从事城市规划、旅游规划及人居环境研究。E-mail: qinqu2008@126.com

族回族苗族自治县(26°47′32″~26°52′52″N, 104°10′16″~104°20′40″E),是典型的喀斯特高原淡水湖泊,为长江水系。草海湿地平均水深 2.4 m,最大水深 5.0 m(段素明等,2013)。湖泊长 14.2 km,平均宽 1.76 km,最大宽 6.2 km;为亚热带半湿润季风气候,干湿季分明,光照充足,温暖湿润。年均气温 10.6℃,年均相对湿度 79%,年降水量 950.9 mm,5-10 月降水占全年降水量的 88%(秦趣等,2015)。

1.2 评价方法

1.2.1 评价指标体系建立 湿地生态系统是一个复杂的复合系统,单一指标或观测不能科学对此进行描述。因此,在高原湿地生态系统现状的基础上,利用 PSR(Pressure-State-Response)模型框架,将高原湿地生态系统健康评价指标体系分为压力(P)、状态(S)和响应(R)3 个方面(林和山等,2012;秦趣等,2014a)。压力指标由人口自然增长率、人口压力、化肥施用强度、农药施用强度和湿地自然灾害

共 5 个指标构成;状态指标由物种多样性、水质状况、观光旅游功能、洪水调控功能、栖息地状况、植被覆盖率、土地生产力、水土流失和水量稳定性共 9 个指标反应;响应指标由物质生活指数、环保投资指数、污水处理率、人口健康状况和湿地保护意识共 5 个指标构成。具体评价指标如表 1。

1.2.2 评价标准 在参考前人研究的基础上(张凤太等,2008;徐浩田等,2017;秦趣等,2018;邓渠成等,2019),结合草海湿地的实际情况,把其生态系统健康分为“很健康、健康、较健康、不健康、疾病”5 个等级,各等级标准依据国颁布相关环境标准和行业标准,把全国最高值和最低值分别作为“很健康”和“疾病”的标准值,以前者为基础,向下浮动 20%作为“健康”和“较健康”的标准值,以后者为基础,向上浮动 20%作为“不健康”和“较健康”的标准值,再把两次得到的“较健康”的标准值进行调整,从而得到“较健康”的标准值。分级标准与权重值如表 2。

表 1 威宁草海湿地生态系统健康评价体系
Tab.1 Ecosystem health assessment system for the Weining Caohai wetland

目标层	准则层	指标层	量化标准
湿地生态系统	压力(P)	人口自然增长率 X_1	(出生人口-死亡人口)/总人口
		人口压力 X_2	用人口密度表示
		化肥施用强度 X_3	用年均单位面积施用化肥量表示(kg/hm ²)
		农药施用强度 X_4	用年均单位面积施用农药量表示(kg/hm ²)
		湿地自然灾害 X_5	用年度灾害天数表示
生态系统	状态(S)	物种多样性 X_6	用湿地动植物物种多样性指数
		水质状况 X_7	用《地面水环境质量标准》中Ⅲ类水质标准测定
		观光旅游功能 X_8	用景观美学价值高低及湿地旅游活动日的增减衡量
		洪水调控功能 X_9	用防洪附加费的增加率表示
		栖息地状况 X_{10}	用适宜野生动物栖息地和育雏地占总面积表示
		植被覆盖率 X_{11}	森林面积/土地总面积×100%
		土地生产力 X_{12}	用农业生产年收获量增长情况计算
		水量稳定性 X_{13}	用湿地水量的年度变化表示
		水土流失 X_{14}	用水土流失面积/土地总面积表示
健康	响应(R)	物质生活指数 X_{15}	用人均年收入水平表示(元/a)
		环保投资指数 X_{16}	用环保投入占 GDP 比重(%)表示
		污水处理率 X_{17}	用污水废水处理率(%)表示
		人口健康状况 X_{18}	用发病率包括死亡率(‰)表示
		湿地保护意识 X_{19}	用有湿地保护意识人员占总人口的比例(%)统计

1.2.3 权重值确定 各个指标对湿地生态系统健康的影响不同,其对健康程度的贡献也不一样,指标权重也有所差异,设 w_j 代表评价指标 x_i 相对其它指标的相对重要程度, w_j 满足 $0\leq w_j\leq 1, \sum_{i=1}^m w_j = 1$,则指标权重为 $w = \{w_1, w_2, \dots, w_m\}$ 。本研究拟采用信息熵计算权重(秦趣等,2014b),公式如下:

$$v_j = 1 + \frac{1}{\ln p} \sum_{k=1}^p u_{jk} \ln u_{jk}$$

(1)

$$w_j = \frac{v_j}{\sum_{j=1}^n v_i}$$

(2)

把威宁草海湿地 2007-2016 年的相关指标值代入(1)~(2)式,计算出各指标的权重值,见表 2。

1.3 建立评价模型

湿地生态系统健康是相对于有关评价标准来理解,健康与否是相对概念,湿地生态系统是健康还是不健康属于模糊问题。因此,运用模糊数学评价法建立评价模型对威宁草海湿地生态系统健康进行评

表 2 威宁草海湿地生态系统健康分级标准及权重

Tab.2 Indicator weights and ranking criteria for the ecosystem health assessment system for Weining Caohai wetland							
指标	评价等级	湿地生态系统健康分级					权重
		很健康	健康	亚健康	不健康	疾病	
X ₁	人口自然增长率/‰	<5.5	5.5~6.0	6.0~6.5	6.5~7.0	>7.0	0.072
X ₂	人口压力/人·km ⁻²	0~100	100~150	150~200	200~250	>250	0.072
X ₃	化肥施用强度/kg·hm ⁻²	<250	250~300	300~400	400~500	>500	0.043
X ₄	农药施用强度/kg·hm ⁻²	<2.5	2.5~3.0	3.0~4.0	4.0~4.5	>4.5	0.043
X ₅	湿地自然灾害	极少	轻度	较少	较严重	很严重	0.072
X ₆	物种多样性/%	>50	40~50	30~40	10~30	<10	0.052
X ₇	水质状况	国标Ⅰ类	国标Ⅱ类	国标Ⅲ类	国标Ⅳ类	国标Ⅴ类	0.052
X ₈	观光旅游功能	高	较高	一般	不高	极小	0.031
X ₉	洪水调控功能	强	较强	一般	不明显	极小	0.031
X ₁₀	栖息地动物数量	明显增加	有所增加	基本不变	减少	明显减少	0.042
X ₁₁	植被覆盖率/%	>70	70~60	60~50	50~30	<30	0.052
X ₁₂	土地年收获增长率/%	>5	5~3	<3	稳定	下降	0.052
X ₁₃	水量稳定性	很好	好	较好	一般	差	0.021
X ₁₄	水土流失面积占比/%	0~10	10~20	20~30	30~40	40	0.042
X ₁₅	物质生活指数/元	>4000	4000~3000	3000~2000	2000~1000	<1000	0.050
X ₁₆	环保投资指数/%	>2.5	2.0~2.5	1.5~2.0	1.0~1.5	<1.0	0.083
X ₁₇	污水处理率/%	>80	80~70	70~60	60~50	<50	0.072
X ₁₈	人口死亡率/‰	<2	2~4	4~6	6~10	>10	0.050
X ₁₉	湿地保护意识	强	较强	一般	较差	差	0.067

价(秦趣等,2014c)。即:确定因子论域 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$,确定评语论域 $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$, 计算公式如下:

(1)在 X 与 V 之间建立模糊矩阵 R ,即:

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \cdots & r_{nm} \end{bmatrix}$$

(3)

式中: r_{ij} 代表因子论域 X 中的第 i 个因素对评语论域 V 中的第 j 个等级 v_j 的相对隶属度。其计算公式有效益性指标和成本性指标,如指标数值越大越健康,则为效益性指标;如指标数值越大越不健康,则为成本性指标。

(2)效益性指标公式:

当 $x_i < s_{ij}$ 时, $r_{i1} = 1, r_{i2} = r_{i3} = r_{i4} = r_{i5} = 0$ (4)

当 $s_{ij} \leq x_i \leq s_{ij+1}$ 时,

$$r_{ij+1} = \frac{x_i - s_{ij}}{s_{ij+1} - s_{ij}}$$

(5)

$$r_{ij} = 1 - r_{ij+1}$$

(6)

当 $x_i > s_{ij}$ 时, $r_{i5} = 1, r_{i1} = r_{i2} = r_{i3} = r_{i4} = 0$ (7)

(3)成本性指标公式:

当 $x_i > s_{ij}$ 时, $r_{i1} = 1, r_{i2} = r_{i3} = r_{i4} = r_{i5} = 0$ (8)

当 $s_{ij+1} \leq x_i \leq s_{ij}$ 时,

$$r_{ij+1} = \frac{s_{ij} - x_i}{s_{ij} - s_{ij+1}}$$

(9)

$$r_{ij} = 1 - r_{ij+1}$$

(10)

当 $x_i < s_{ij}$ 时, $r_{i5} = 1,$

$$r_{i1} = r_{i2} = r_{i3} = r_{i4} = 0$$

(11)

式中: r_{ij} 为第 i 项指标对第 j 级标准的相对隶属度; x_i 为第 i 项指标的现状值; s_{ij} 为 i 项指标的第 j 级健康标准值(官冬杰等,2006)。

(4)模糊综合评价模型。湿地生态系统健康的评价模型如下:

$$B = w_j \cdot R = (B_1, B_2, B_3, B_4, B_5)$$

(12)

式中: B 为湿地生态系统健康评价结果; w_j 为各指标的权重值(彭益书等,2014)。

2 结果与分析

2.1 数据来源

数据来源于贵州统计年鉴、威宁县统计年鉴、威宁县环境质量公报、威宁县水资源公报,少数数据由六盘水师范学院学生调查统计获得,如湿地保护意识和观赏游憩功能等,结果见表 3。

2.2 健康评价

把威宁草海湿地 2016 年相关数据代入公式(2)~(10),得到威宁草海湿地生态系统健康和压力、状态、响应的健康隶属值(表 4)。可见威宁湿地生态系统健康隶属度值为 0.2934、0.3415、0.2061、0.1077、0.0513,依据模糊数学原理可知,威宁湿地生态系统属于不健康等级。

表 3 威宁草海湿地生态系统健康评价指标现状值

Tab.3 Indicator values of the ecosystem health assessment system for Weining Caohai wetland

评价指标	X ₁ / ‰	X ₂ / 人·km ⁻²	X ₃ / kg·hm ⁻²	X ₄ / kg·hm ⁻²	X ₅ / d·a ⁻¹	X ₆ / %	X ₇	X ₈ / %	X ₉ / %	X ₁₀ / %
现状值	7.41	104	345.09	0.63	29	38.18	Ⅲ类	9.61	0.06	30.32
评价指标	X ₁₁ /‰	X ₁₂ /‰	X ₁₃ /‰	X ₁₄ /‰	X ₁₅ /元·a ⁻¹	X ₁₆ /‰	X ₁₇ /‰	X ₁₈ /‰	X ₁₉ /‰	
现状值	10.89	3.26	71.02	37.01	951.60	2.1	74.8	2.43	0.16	

表 4 威宁草海湿地生态系统健康评价结果
Tab.4 Results of ecosystem health assessment for Weining Caohai wetland

评价要素	湿地生态系统健康分类及隶属度				
	疾病	不健康	亚健康	健康	很健康
压力	0.4323	0.2862	0.1768	0.0241	0.0806
状态	0.2202	0.3174	0.2361	0.1128	0.1135
响应	0.1534	0.4273	0.2307	0.0866	0.1020
综合评价	0.2934	0.3415	0.2061	0.1077	0.0513

2.2.1 压力要素 压力要素隶属度值为 0.4323、0.2862、0.1768、0.0241、0.0806。由模糊数学原理可知,压力要素属于“疾病”等级,说明威宁草海湿地面临很大压力。究其原因,是由于威宁属于少数民族地区,人口自然增长率高,人口过多,环保压力大,加之农业生产有待提高,化肥施用强度大,农药施用多,导致压力要素属于疾病状态。因此,应控制人口增长,减少农药和化肥施用量。

2.2.2 状态要素 状态要素隶属度值为 0.2202、0.3174、0.2361、0.1128、0.1135。据模糊数学原理,该要素为“不健康”等级。威宁草海湿地位于喀斯特高原,虽有一定降水量,但湿地流域存在保水能力差、水量稳定性低、植被覆盖率不高、水土流失严重、土地生产力下降等问题。因此,在湿地流域提高植被覆盖率、治理水土流失是关键。

2.2.3 响应要素 响应要素隶属度值为 0.1534、0.4273、0.2307、0.0866、0.1020。响应要素处于“不健康”等级。主要是因为地方政府只重视对威宁草海湿地的开发与利用,而保护意识不强、环保投入少、污水处理率低、物质生活指数不高,使得响应要素处于不健康等级。因此,在开发利用草海湿地的同时,要注重生态环境保护。

3 讨论

3.1 自然因素对草海湿地生态系统的影响

草海湿地生态系统健康状况受到了较严重的影响。自然影响因素主要包括植被覆盖率低、水量稳定性差、水土流失严重、土地生产力下降。威宁草海植被覆盖率目前仅为 10.89%,远低于贵州省 48.12%的平均水平(黎平,2014)。大气降水补给和

地下水补给是草海湿地主要的水源补给方式,2015 年草海湖面降水量为 0.24 亿 m³,由于区域年平均气温呈上升趋势,湖面蒸发量大,达到 0.27 亿 m³;同时,随着生产生活水平提高,农业灌溉用水和居民生产生活用水增加,在喀斯特山区地带,湿地流域保水能力差,使得威宁草海湿地水量稳定性不好,水量不足影响了水生生物的生长。草海湿地水土流失面积为 36.19 km²,占草海湿地自然保护区总面积的 36.56%;水土流失严重,土壤肥力下降,土地生产力低。

以上因素成为影响草海湿地生态系统健康状况的自然因素,为解决这些问题,应对草海湿地进行人工补水,保持湿地水量和水质稳定性,维持水生植物生长的需水量,保护湿地生态系统多样性(徐浩田等,2017);同时加强植树造林,提高植被覆盖率,减少水土流失面积,增强土壤肥力,提高土地生产力,以提升湿地生态系统健康状况(Costanza et al., 2014)。

3.2 社会环境因素对草海湿地生态系统的影响

社会环境影响因素主要包括人口自然增长率高、物质生活水平不高、化肥和农药施用强度大、湿地保护意识不够、环保投入少、污水处理率低。草海湿地属于威宁彝族回族苗族自治县,在少数民族地区宽松的计划生育政策背景下,威宁县人口自然增长率较高,2015 年达到 7.41‰,全县总人口约为 147.37 万,比 2005 年的 120.41 万人净增 26.96 万人,人口膨胀对生态环境产生了巨大压力。人民物质生活水平不高,草海周边人多地少,年人均纯收入仅 951.6 元,而全县年人均纯收入为 1 745.0 元,占比仅 54.5%。草海湿地周边农业生产化肥和农药施用强度大。据统计,湿地周边蔬菜种植面积约 606 hm²,年均施用尿素 900 kg/hm²;玉米种植面积约 1 076 hm²,年均施用尿素 300 kg/hm²,这些土地年均农药使用量达到 2.67 t。化肥农药在雨季没流入草海,使得草海湿地水体富营养化。草海湿地环保投入少,2014 年草海湿地的环保投资约为 1.46 亿元,约占全县 GDP 总量 95.51 亿元的 1.53%。由此可见,环境保护重视力度不够。污水

处理率低,在草海面坡地带,每天的城市生产生活污水超过3 000 m³没有进行处理就直接排入草海,给水体造成了极大的污染(秦趣等,2018)。

针对以上问题,需处理好草海湿地生态环境保护与城市生产生活以及农业生产的关系,降低人口自然增长率,提升人口素质,提高居民物质生活水平,不用或少用化肥农药,提高污水处理率,加大草海湿地环保资金投入,对草海湿地进行全面监控。

参考文献

邓渠成,尹娟,许桂苹,等. 2019. 基于三角模糊数—贝叶斯方法的九洲江水环境质量评价[J]. 水生态学杂志, 40(2):14-19.

段素明,黄先飞,胡继伟,等. 2013. 贵州草海湿地植物根际沉积物磷素形态特征[J]. 环境科学研究, 26(7):743-749.

官冬杰,苏维词,2006. 城市生态系统健康评价方法及其应用研究[J]. 环境科学学报, 26(10):1716-1722.

蒋卫国,潘英姿,侯鹏,等. 2009. 洞庭湖区湿地生态系统健康综合评价[J]. 地理研究, 28(6):1665-1672.

黎平,2014. 贵州:自然天成公园省[J]. 森林与人类, 34(5):165-166.

林和山,陈本清,许德伟,等. 2012. 基于PSR模型的滨海湿地生态系统健康评价—以辽河三角洲滨海湿地为例[J]. 台湾海峡, 31(3):420-429.

彭益书,付培,杨瑞东,2014. 草海湿地生态系统健康评价[J]. 地球与环境, 42(1):68-81.

秦趣,崔小平,代稳,2014a. 基于未确知测度的城市生态系统健康评价[J]. 环境工程, 32(8):114-117.

秦趣,代稳,刘兴荣,2014b. 乌蒙山区城市人工湿地生态系统健康评价—以六盘水明湖国家湿地公园为例[J]. 水生态学杂志, 34(5):43-46.

秦趣,代稳,杨琴,2014c. 基于熵权模糊综合评价法的城市生态系统安全研究[J]. 西北师范大学学报(自然科学版), 50(2):110-114.

秦趣,张美竹,杨洪,2015. 基于模糊物元模型的威宁草海湿地生态环境质量评价[J]. 节水灌溉, 40(2):54-57.

秦趣,陈忠全,姚世美,2018. 威宁草海湿地生态安全评价研究[J]. 水生态学杂志, 38(2):27-33.

王斌,郭胜华,张震,等. 2012. 华北地区滨海湿地生态系统健康评价体系构建研究[J]. 中国环境监测, 28(4):29-32.

王莹,郑丽波,俞立中,等. 2010. 基于神经元网络模型的崇明东滩湿地生态系统健康评估[J]. 长江流域资源与环境, 19(7):776-781.

徐浩田,周林飞,成遣,2017. 基于PSR模型的凌河口湿地生

态系统健康评价与预警研究[J]. 生态学报, 37(24):8264-8274.

张凤太,苏维词,周继霞. 2008. 基于熵权灰色关联分析的城市生态安全评价[J]. 生态学杂志, 27(7):1249-1254.

朱爽,林黎阳,吴衍,等. 2016. 基于物元可拓法的湿地生态系统健康评价—以衡水湖国家湿地自然保护区为例[J]. 安全与环境学报, 16(1):348-353.

Carey R O, Migliaccio K W, Li Y, et al, 2011. Land use disturbance indicators and water quality variability in the Biscayne Bay Watershed, Florida[J]. Ecological Indicators, 11(5):1093-1104.

Costanza R, Groot R D, Sutton P, et al, 2014. Changes in the global value of ecosystem services[J]. Global Environmental Change, 26(1):152-158.

Fr Anco D, Luiselli L, 2014. Shared ecological knowledge and wetland values:a case study[J]. Land Use Policy, 41(11):526-532.

Lane C R, D'Amico E, Autrey B, 2012. Isolated Wetlands of the South-eastern United States: Abundance and Expected Condition[J]. Wetlands, (4):753-767.

Mclaughlin D L, Cohen M J, 2013. Realizing ecosystem services:wetland hydrologic function along a gradient of ecosystem condition [J]. Ecological Applications, 23(7):1619-1631.

Miller S J, Wardrop D H, Mahaney W M, et al, 2006. A plant-based index of biological integrity (IBI) for head-water wetlands in central Pennsylvania[J]. Ecological Indicators, 66(2):290-312.

QU G P, 2002. The problems of ecological environmental have become a popular subject of country safety[J]. Environmental Conservation, 5(5):3-4.

Reiss K C, Brown M T, 2007. Evaluation of Florida Palustrine Wetlands: Application of USEPA Levels 1, 2, and 3 Assessment Methods[J]. Ecohealth, 44(2):206-218.

Somphinit M, Roberto S C, Mukand S B, et al, 2012. Assessment of wetland ecosystem health in Lower Songkhram, Thailand[J]. International Journal of Sustainable Development & World Ecology, (3):238-246.

Whigham D F, Jacobs A D, Weller D E, et al, 2014. Combining HGM and EMAP procedures to assess wetlands at the watershed scale—status of flats and non-tidal riverine wetlands in the Nanticoke Riverwatershed, Delaware and Maryland(USA)[J]. Wetlands, 27(3):462-478.

Ecosystem Health Assessment of the Yunnan-Guizhou Plateau
Wetland Based on the Pressure-State-Response Model

QIN Qu^{1,2}, HUANG Yan¹, CUI Xiao-ping³

(1.College of Tourism and Historical Culture, Liupanshui Normal University,
Liupanshui 553004,P.R.China;

2.Research Institute of Development in the Wumengshan Region, Liupanshui 553004,P.R.China;

3.Team 247 of Hunan Nonferrous Metals Geological Exploration Bureau Changsha,
Hunan, Changsha 410129,P.R.China)

Abstract: The Caohai Lake wetland in Weining County has played an important role in maintaining the ecology of the Yunnan-Guizhou plateau of China. In this study, an ecosystem health evaluation system for the Caohai Lake wetland was developed, aiming to protect the basic service function of the ecosystem, promote its sustainable development and provide scientific evidence for decision making on the protection and restoration of plateau ecology. Development of the health assessment system for Caohai Lake wetland was based on the pressure-state-response (PSR) model, which includes a pressure subsystem (P), a state subsystem (S) and a response subsystem (R) with a total of 19 indicators. Weighting for each of the 19 indicators was determined by the entropy evaluation method. A five-level ecosystem health ranking was developed with ranking levels of (1) very healthy, (2) healthy, (3) sub-healthy, (4) unhealthy and (5) very unhealthy. The evaluation of Caohai Lake wetland in Weining province was carried out using the health assessment index and fuzzy mathematics. Generally, the Caohai Lake wetland ecosystem was in an unhealthy state, and the membership values of the five rankings were, in order, 0.2923, 0.3415, 0.2061, 0.1077, 0.0513. In terms of the three subsystems, the pressure subsystem was in a very unhealthy status and the state and response subsystems were unhealthy, with corresponding values of 0.4323, 0.2862, 0.1768, 0.0241, 0.0806 for the pressure subsystem, 0.2202, 0.3174, 0.2361, 0.1108, 0.1135 for state subsystem, and 0.1534, 0.4273, 0.2307, 0.0866, 0.1020 for the response subsystem. The primary pressure elements were overpopulation and high intensity utilization of fertilizers and pesticides. The primary factors limiting the state elements in the wetland basin included poor water conservation, low water stability, low vegetation cover, serious soil erosion and declining land productivity. The primary factors limiting the response elements included insufficient awareness of land protection, low investment in environmental protection, low sewage treatment rate and low material life index. Therefore, it is necessary to control population growth, reduce pesticide and chemical fertilizer use, increase vegetation coverage, control soil erosion, and emphasize environmental protection while the grassland ecosystem is being restored.

Key words: pressure-state-response model; wetland ecosystem health; environmental indicators; Weining Caohai wetland