

DOI :10.3969/j.issn.1004-6933.2012.01.004

黄河三角洲湿地生态系统健康评价指标体系

王 薇^{1,2} 陈为峰² 李其光¹ 王 昕¹ 马海燕¹

(1. 山东省水利科学研究院 山东 济南 250013 ; 2. 山东农业大学资源与环境学院 山东 泰安 271018)

摘要 :在借鉴国内外现有生态系统健康评价研究成果的基础上 ,结合黄河三角洲的实际 ,提出生态系统健康评价指标选取的基本原则 ,从功能整合性、生态特征、社会环境 3 方面 ,构建一套以“ 3S ”技术为核心 ,具有可操作性的湿地生态系统健康评价指标体系 ,并参考国内外评价指标标准 ,根据各指标对湿地生态健康影响的程度 ,将 27 个指标进行标准分级 ,利用层次分析法确定指标权重。最后选择垦利县作为研究区域进行湿地生态系统健康评价 ,结果表明 ,垦利县湿地生态系统健康状态脆弱 ,应加强保护。

关键词 :湿地 ;生态系统 ;健康评价 ;指标体系 ;层次分析法 ;黄河三角洲

中图分类号 :X171 **文献标识码** :A **文章编号** :1004-6933(2012)01-0013-04

Assessment indicator system for ecosystem health of wetlands in Yellow River Delta

WANG Wei^{1,2} , CHEN Wei-feng² , LI Qi-guang¹ , WANG Xin¹ , MA Hai-yan¹

(1. Water Resources Research Institute of Shandong Province , Jinan 250013 , China ;

2. College of Resources and Environment , Shandong Agricultural University , Tai 'an 271018 , China)

Abstract :Based on foreign and domestic research on ecosystem health assessment , the basic principles for selecting indicators for ecosystem health assessment in the Yellow River Delta were proposed with consideration of the actual conditions in the area. With consideration of functional integration , ecological characteristics , and social environment , an operational assessment indicator system for the ecosystem health of wetlands was constructed using 3S technology , which was regarded as the key technology. With reference to some foreign and domestic evaluation criteria , the 27 indicators were classified into different grades according to their influences on the ecosystem health of the wetlands. AHP was used to determine the weights of the indicators. A case study was conducted in Kenli County for assessment of the ecosystem health of the wetland , verifying that the constructed indicator system is reasonable.

Key words :wetland ; ecosystem ; health assessment ; indicator system ; analytic hierarchy process method ; Yellow River Delta

湿地生态系统健康研究是湿地研究领域的新概念、新领域 ,也是生态系统健康研究的新方向。湿地生态系统健康评价关键在于评价指标体系的建立 ,在区域湿地生态系统健康评价及其指标选择方法中 ,根据工作的目的 ,指标选择方法和侧重点有所不同。对生态系统健康评价指标的研究 ,可追溯到 17 世纪末 18 世纪初。在过去的几十年里 ,湿地生态系统健康的评价指标主要集中在化学和生物指标上^[1-6]。近些年 ,主要从生态系统、流域、景观生态的

角度建立湿地生态系统健康评价指标 ,评价对象主要是河流、湖泊、水库 ,而对整个湿地生态系统健康进行研究的较少 ,而且评价指标定性描述的较多 ,定量分析的比较少 ,没有统一的湿地生态系统评价等级和评价标准。如何建立一套系统、综合、全面的湿地生态系统健康评价指标体系有待进一步研究^[7-9]。

黄河三角洲湿地作为我国暖温带最完整、最广阔、最年轻的具有国际生态保护意义的典型新生湿地生态系统和具有重大开发应用价值的河口区域 ,

基金项目 水利部公益性行业科研专项(200801026)
作者简介 王薇 (1980—) ,女 ,工程师 ,博士研究生 ,主要从事湿地生态、农业水土工程方面研究。 E-mail :wang1980wei@163.com
通讯作者 陈为峰 教授。 E-mail :chwf@sdau.edu.cn

一直受到国内外有关学者的关注。本研究结合黄河三角洲的实际,提出生态系统健康评价指标选取的基本原则,从功能整合性、生态特征、社会环境 3 方面,构建一套具有可操作性的湿地生态系统健康评价指标体系。参考国内外评价指标标准,根据各指标对湿地生态健康影响的程度,将 27 个指标进行标准分级,利用层次分析法确定各指标权重,最后选择垦利县作为研究区评价其湿地生态系统的健康状况。

1 研究区概况

黄河三角洲位于黄河入海口处,北临渤海,东靠莱州湾,90% 以上区域属于东营市,包括 2 区 3 县(东营区、河口区、广饶县、利津县、垦利县),属暖温带半湿润大陆季风气候,全年日照时数 2 590 ~ 2 830 h,全年平均气温 11.7 ~ 12.6℃,年平均降雨量 530 ~ 630 mm,且 70% 的降雨量集中在夏季,年蒸发量 1 900 ~ 2 400 mm,全年平均风速 3.1 ~ 4.6 m/s。该区域总的气候特点是光照充足,热量丰富,四季分明,气温适中,雨热同期,风能资源丰富,但降水量年内分配不均且蒸发量大,常有旱涝风霜雹和风暴潮等自然灾害,是风暴潮多发区。

2 评价指标体系的构建

2.1 评价指标选取的原则

a. 整体性原则。湿地生态系统往往包含多种湿地类型,如果将不同的湿地类型分别进行健康评价,将是很困难、很繁杂的事情,这时需要从湿地整体概念出发,将其共性提取出来进行评价。研究把黄河三角洲湿地生态系统看做是自然-社会-经济复合生态系统的有机组成部分,从整体上选取指标对其健康状况进行综合评价。

b. 静态与动态相结合原则。对湿地生态系统健康进行评价,既要选取静态指标对其现状进行界定,又要选取涉及系统生态功能特征及其外部条件随时间变化的动态指标,采取静态与动态相结合的

原则,在以生态系统及区域环境变化为背景的条件下评价湿地生态健康系统的现状特征。

c. 定性定量相结合原则。目前对湿地生态系统健康的界定,往往涉及一系列指标,而一方面,有些指标还很难做到完全的定量化,只能采用定性描述;另一方面,这些描述性指标又不失其内在的科学性。在这种情况下,定性指标与定量指标有效结合,方能更全面准确地衡量湿地系统的健康状态。

2.2 评价指标体系框架

本文根据黄河三角洲湿地生态系统健康评价指标的选取原则,建立了指标体系框架,按照层次分析法(analytic hierarchy process,简称 AHP 法)思想,将湿地生态系统健康分为 3 个层次。第 1 层次是目标层,指湿地生态系统健康综合评价;第 2 层次是评价准则层,指每一个评价准则具体由哪些因素决定。本文的评价准则层由湿地功能整合性、湿地生态特征、湿地社会环境指标组成;第 3 层次是指标层,指每个评价因素由哪些具体指标来表达(图 1)。

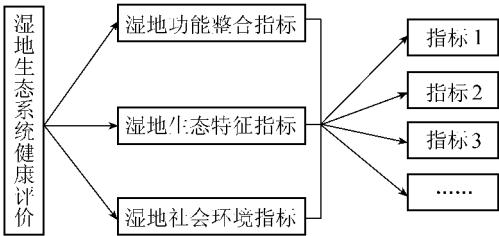


图 1 黄河三角洲湿地生态系统健康评价指标体系框架

2.3 评价指标

指标是评价的尺度,任何评价都是建立在指标的基础上。根据黄河三角洲湿地生态系统特征,紧紧围绕生态系统功能和人类活动,从湿地功能整合性、湿地生态特征、湿地社会环境 3 方面选取 27 个具体的指标^[10](表 1)。斑块个数、景观多样性指数、景观均匀度指数数据的获取,是运用基于 WINDOWS 操作系统的 FRAGSTATS 3.3 版本,通过对湿地分类结果图进行编辑及格式转换后,得到 30 m × 30 m 精度的网格数据,再分别进行各个层级的景观指数提取。

表 1 黄河三角洲湿地生态系统健康评价指标体系

准则层	指标层	指标获取方式	准则层	指标层	指标来源或获取方式	准则层	指标层	指标来源或获取方式
湿地功能整合性	降雨量	统计数据	湿地生态特征	水质	实地监测	湿地社会环境	人口健康状况	统计数据
	蒸发量	统计数据		土壤有机质质量比	定性定量结合		人类活动强度	统计数据
	洪水调控能力	统计数据		生物量变化情况	统计数据		周边人口素质	统计数据
	水文调节能力	统计数据		湿地面积变化	统计数据		物质生活指数	统计数据
	侵蚀变化情况	统计数据		湿地受威胁状况	定性定量结合		农药施用强度	统计数据
	净化能力变化情况	统计数据		生物多样性	统计数据		化肥施用强度	统计数据
	栖息地破坏或退化率	统计数据		斑块个数	TM 解译		湿地保护意识	统计数据
	物质生产水平情况	统计数据		景观均匀度指数	TM 解译		政策法规贯彻力度	定性
	原材料质量变化情况	统计数据		景观多样性指数	TM 解译		湿地管理水平	定性

注:TM 解译指 Thematic Mapper 卫星遥感图片通过 GIS 工具进行解析。

2.4 评价指标标准分级

评价指标确定后 ,直接用它们去进行评价是困难的 ,因为各系数之间的量纲不统一 ,所以没有可比性。即使对于同一个参数 ,尽管可以根据它们实测值的大小来判断它们对生态系统健康影响的程度 ,但也因缺少一个可作比较的环境标准而无法较确切地反映其对环境的影响。

在黄河三角洲湿地生态系统健康评价过程中 ,将评价指标分为健康、亚健康、脆弱、疾病、恶劣 5 个等级。制定评价指标标准的参考状态主要有下列几种 ①背景和本底标准 指黄河三角洲当地的地理条件和湿地生态系统的历史水平 ②理想标准 指黄河三角洲湿地未来的管理目标及理想状态 ③临界标准 指相关属性值的临界水平 ,即某些指标所处的影响生物生长、生存的临界值 ④国家、行业和地方规定的标准 ,包括 GB3838—2002《地表水环境质量标准》和

GB 15618—1995《土壤环境质量标准》;⑤类比标准 指景观均匀度等。各指标标准分级见表 2~4。

2.5 评价指标权重确定

黄河三角洲湿地生态系统健康评价过程中 ,通常用指标的权重来表示各指标在整个评价体系中的相对重要程度。本研究根据层次分析法确定黄河三角洲湿地生态系统健康各指标的权重^[10] ,见表 5。

3 实例研究

山东省垦利县地处黄河三角洲开发建设主战场的最前沿 ,拥有丰富的湿地资源 ,约 60% 的黄河三角洲湿地自然保护区位于垦利县境内。本研究基于行政区域的完整性 ,选择垦利县作为研究区域。

利用上文构建的 27 个具体指标 ,以及指标标准分级和指标权重 ,采用模糊综合评判模型与隶属函数相结合 ,评价垦利县湿地生态系统健康状况^[10]。

表 2 黄河三角洲湿地功能整合性指标标准分级

级别	降雨量/mm	蒸发量/mm	洪水调控能力	水文调节能力	侵蚀变化情况
健康	> 700	< 1000	调控能力强 ,基本无附加工程费用	供水、补水能力在提高	没有水土流失现象 ,侵蚀变化率 ≤0
亚健康	600 ~ 700	1000 ~ 1300	在筑堤后 ,有较强的调控能力	筑堤后 ,补水能力增强	水土流失不明显 ,或个别地段有微弱侵蚀 ,侵蚀变化率 0 ~ 3%
脆弱	500 ~ 600	1300 ~ 1600	须有筑提 ,水库和滞洪区配合 ,才具有较强的调控能力	附加人工设施后供、补水能力增强	有部分水土流失现象 ,侵蚀变化率为 3% ~ 6%
疾病	400 ~ 500	1600 ~ 1900	没有明显的调控能力 ,工程附加费用多	补水、供水能力弱 ,且不断减弱	水土流失现象较严重 ,侵蚀变化率 6% ~ 9%
恶劣	< 400	> 1900	不能调控洪水	不能供水、补水	侵蚀调控能力很差 ,下降趋势明显 ,侵蚀变化率 > 9%

级别	净化能力变化情况	栖息地破坏或退化率/%	物质生产水平情况	原材料质量变化情况
健康	净化能力增加 ,变化率 ≥0	< 2	年收获量增加 ,增加率 > 5%	质量保持稳定 ,植物高度、茎粗没有明显变化
亚健康	净化能力没有明显变化 ,减小率为 0 ~ 5%	2 ~ 5	年收获量增加 ,增加率为 0 ~ 5%	部分区间的原材料质量下降 ,但不构成威胁
脆弱	净化能力在减弱 ,减小率为 5% ~ 10%	5 ~ 8	年收获量下降 ,减少率为 0 ~ 5%	部分地段原材料质量下降 ,但可控制
疾病	净化能力明显减弱 ,减小率为 10% ~ 20%	8 ~ 12	年收获量下降 ,减少率为 5% ~ 10%	质量明显下降 ,对产量影响很大
恶劣	净化能力明显减弱 ,减小率 > 20%	> 12	年收获量下降 ,减少率 > 10%	质量明显下降 ,高度、茎粗变化明显 ,影响范围大

表 3 黄河三角洲湿地生态特征指标标准分级

级别	水质	土壤有机质质量比/(g·kg ⁻¹)	生物量变化情况	湿地面积变化率/%	湿地受威胁状况	生物多样性/%	斑块个数/万个	景观多样性指数	景观均匀度指数
健康	I	> 15	生物量增加 ,增加率 > 10%	< 0.2	无过度渔猎、割草、捡鸟蛋、垦殖等现象	> 40	< 1	> 2	> 0.8
亚健康	II	13 ~ 15	生物量增加或没有明显改变 ,增加率为 0 ~ 10%	0.2 ~ 0.5	有渔猎、割草现象 ,但很适宜 ,无捡鸟蛋、垦殖等现象	30 ~ 40	1 ~ 1.5	2 ~ 1.8	0.8 ~ 0.7
脆弱	III	11 ~ 13	生物量稍稍减少 ,减少率为 0 ~ 10%	0.5 ~ 0.8	过度渔猎、割草 ,垦殖等现象	20 ~ 30	1.5 ~ 2.0	1.8 ~ 1.6	0.7 ~ 0.6
疾病	IV	9 ~ 11	生物量减少 ,减少率为 10% ~ 20%	0.8 ~ 1	渔猎、割草强度大 ,垦殖、捡鸟蛋等现象严重	10 ~ 20	2.0 ~ 2.5	1.6 ~ 1.4	0.6 ~ 0.5
恶劣	V	< 9	生物量已明显减少 ,减少率 > 20%	1	过度渔猎、割草、捡鸟蛋、垦殖	< 10	> 2.5	< 1.4	< 0.50

表 4 黄河三角洲湿地社会环境指标标准分级

级别	人口健康 状况/%	人类活 动强度/ (人·km ⁻²)	周边人口 素质/%	物质 生活 指数/元	农药施 用强度/ (kg·hm ⁻²)	化肥施用 强度/ (kg·hm ⁻²)	湿地 保护 意识/%	政策法规贯彻力度	湿地管理水平
健康	<0.2	0~100	>15	>4000	<2.5	<200	>0.5	全面贯彻 积极落实	管理机构合理 ,人员素质 高 ,人员配置科学
亚健康	0.2~0.5	100~150	15~10	4000~3000	2.5~3	200~250	0.4~0.5	比较认真地贯彻了 应有的政策法规	管理机构较合理 ,人员素 质较高
脆弱	0.5~0.8	150~200	10~5	3000~2000	3~4	250~350	0.3~0.4	部分政策法规得到 落实、贯彻	有相应的管理机构 ,但管 理人员缺乏必要的培训
疾病	0.8~1	200~250	5~2	2000~1000	4~4.5	350~450	0.2~0.3	简单应付 ,不认真对待	人员素质不高 ,管理不善
恶劣	1	>250	<2	<1000	>4.5	>450	<0.2	完全搁置	管理落后 ,水平低下或没 有完整的管理机构

注 :各指标具体含义参见文献 [10]。

表 5 黄河三角洲湿地生态系统健康指标权重

准则层 及其 权重	指标层	指标权重	指标归一 化权重	指标归 一化权 重排序
湿地 功能 整合性 0.3469	降雨量	0.0657	0.02279	17
	蒸发量	0.0506	0.00332	27
	洪水调控能力	0.1368	0.00692	25
	水文调节能力	0.1826	0.02498	13
	侵蚀变化情况	0.1957	0.03573	7
	净化能力变化情况	0.1182	0.02313	16
	栖息地破坏或退化率	0.0880	0.01040	22
	物质生产水平情况	0.0890	0.00783	24
湿地 生态 特征 0.4546	原材料质量变化情况	0.0734	0.00653	26
	水质	0.1644	0.07474	2
	土壤有机质质量比	0.1801	0.08187	1
	生物量变化情况	0.0734	0.03337	9
	湿地面积变化率	0.0637	0.02896	11
	湿地受威胁状况	0.0531	0.02414	14
	生物多样性	0.0966	0.04391	6
	斑块个数	0.1223	0.05560	4
湿地 社会 环境 0.1985	景观多样性指数	0.1206	0.05482	5
	景观均匀度指数	0.1258	0.05719	3
	人口健康状况	0.1799	0.03571	8
	人类活动强度	0.1465	0.02908	10
	周边人口素质	0.0861	0.01709	21
	物质生活指数	0.1279	0.02539	12
	农药施用强度	0.0446	0.00885	23
	化肥施用强度	0.0863	0.01713	20
	湿地保护意识	0.1210	0.02402	15
	政策法规贯彻力度	0.0978	0.01941	19
	湿地管理水平	0.1099	0.02182	18

经计算垦利县湿地生态系统健康度为 0.5406 ,目前
垦利县湿地生态系统健康脆弱(0.5 ~ 0.7) ,即湿地
生态结构完整、具有一定的系统活力 ,外界压力较
大 ,接近湿地生态阈值 ,系统尚稳定 ,可发挥基本的
湿地生态功能 ,湿地生态系统可维持 ,但敏感性强 ,
已有少量的生态异常出现。

4 结 语

本文从湿地功能整合性、湿地生态特征、湿地社

会环境 3 方面着手 ,构建一套以“ 3S ”技术为核心 ,具
有可操作性的湿地生态系统健康评价指标体系 ,并
根据背景和本底标准 ,临界标准 ,国家、行业和地方
规定的标准以及类比标准 ,将黄河三角洲湿地生态
系统健康评价的 27 个指标进行标准分级 ,利用层次
分析法确定了指标权重。最后根据构造的指标体
系 ,选择山东省垦利县作为研究区域 ,利用模糊综合
评判模型和隶属度函数 ,计算了垦利县湿地生态系
统的健康度 ,计算结果表明 ,垦利县湿地生态的健康
度为 0.5406 ,表明目前垦利县湿地生态系统健康状
态脆弱 ,应加强保护。

参考文献 :

[1] 马克明 ,孔红梅 ,关文彬 ,等 .生态系统健康评价 :方法与
方向[J].生态学报 ,2001 ,21(12) :2106-2116.
[2] 袁兴中 ,刘江 .生态系统评价 :概念框架与指标选择[J].
应用生态学报 ,2001 ,11(4) :627-629.
[3] 周华荣 .新疆生态环境质量评价指标体系研究[J].中国
环境科学 ,2000 ,20(2) :150-153.
[4] 郑允文 ,薛达元 ,张更生 .我国自然保护区生态评价指标
和标准研究[J].农村生态环境 ,1994 ,10(3) :22-25.
[5] 张峥 ,张建文 ,李寅年 ,等 .湿地生态评价指标体系[J].农
业环境保护 ,1999 ,18(6) :283-285.
[6] 崔保山 ,杨志峰 .湿地生态系统健康评价指标体系[J].
生态学报 ,2002 ,22(7) :1005-1011.
[7] 孙才志 ,刘玉玉 .地下水生态系统健康评价指标体系构
建[J].生态学报 ,2009 ,29(10) :5665-5674.
[8] 王治良 ,王国祥 .洪泽湖湿地生态系统健康评价指标体
系探讨[J].中国生态农业学报 ,2007 ,15(6) :152-155.
[9] 张晶 ,董哲仁 ,孙东亚 ,等 .基于主导生态功能分区的河
流健康评价全指标体系[J].水利学报 ,2010 ,41(8) :883-
892.
[10] 王薇 .黄河三角洲湿地生态系统健康综合评价研究
[D].泰安 :山东农业大学 ,2007.

(收稿日期 :2011-10-26 编辑 :彭桃英)