

滨海湿地环境评价方法研究

姜晟¹, 彭露露¹, 李俊龙², 李旭文¹, 牛志春¹, 陈成³, 侍昊¹, 蔡琨¹

(1. 江苏省环境监测中心, 江苏 南京 210036; 2. 中国环境监测总站, 北京 100012; 3. 江苏省测绘工程院, 江苏 南京 210013)

摘要:为研究我国典型滨海湿地环境评价方法, 利用卫星遥感技术, 结合地面生态调查, 构建了以自然湿地面积比例、人工岸线比例等8项因子共同组成的指标体系, 通过层次分析法和专家打分法进行权重赋值后, 阐述了数据处理和计算的主要流程, 提出了滨海湿地环境指数CWEI的概念和表征意义。应用上述方法对江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区进行了典型示范评价, 结果表明该方法能够较好地反映滨海湿地环境状况与变化趋势。

关键词:滨海湿地, 环境评价, 遥感

中图分类号: X832

文献标志码: A

文章编号: 1674-6732(2015)05-0052-05

Investigation on an Environmental Assessment Method of Coastal Wetlands

JIANG Sheng¹, PENG Lu-lu¹, LI Jun-long², LI Xu-wen¹, NIU Zhi-chun¹, CHEN Cheng³, SHI Hao¹, CAI Kun¹

(1. Jiangsu Environmental Monitoring Center, Nanjing, Jiangsu 210036, China; 2. China National Environmental Monitoring Center, Beijing 100012, China; 3. Jiangsu Province Surveying and Mapping Engineering Institute, Nanjing, Jiangsu 210013, China)

Abstract: This paper studies the environmental assessment method of typical coastal wetlands in our country based on satellite remote sensing technology and ecological survey. An index system was built containing eight factors including natural wetland area ratio, artificial shoreline and so on. After weight assignment by the hierarchy analysis and expert evaluation, the main procedure of data processing and computing was described, and the concept and meaning of Coastal Wetlands Environment Index (CWEI) was put forward. This method was then applied to a typical evaluation in Yanchen Wetland National Nature Reserve. The results showed that this method reflected the state and trend of the environment of coastal wetlands, and has a certain significance for the environmental assessment and protection of coastal wetlands.

Key words: Coastal wetlands; Environmental assessment; Remote sensing

湿地与森林、海洋并称全球三大生态系统^[1], 滨海湿地作为湿地的一种重要类型, 是陆地生态系统和海洋生态系统的交错过渡带, 自然作用强烈、人类活动频繁、生态系统多样、景观结构复杂, 具有非常重要的研究价值^[2]。1971年《湿地公约》^[3]正式签订以后, 西方国家对于滨海湿地环境保护的关注程度与日俱增, 湿地评价研究成为前沿热点^[4-5]。我国滨海湿地保护工作起步相对较晚^[6], 国家海洋局、林业局分别在70年代末和90年代中期先后开展了全国范围内的海岸带滩涂资源综合调查和湿地资源调查, 取得了许多重要成果^[7-9]; 同时又划定了一系列滨海湿地自然保护区, 有效遏制了人类活动的影响和破坏。

随着滨海湿地研究水平的不断提高, 湿地评价

方法在定性评价的基础上迅速发展^[10-14], 3S技术和数学方法得到了广泛应用^[15-19]。以美国环保署(EPA)为代表, 建立了一套较为完善的方法体系, 划分为3个层次^[20], 针对不同需求可以选用最适合的评价模式: 第一层次以遥感和地理信息技术为主导, 通过土地利用/土地覆盖以及景观数据对大量或大面积湿地进行评价; 第二层次以现场调查为主要方法, 通过少量人员对湿地主要指标进行考察和分析快速获取单个或少量湿地的调查评价结果;

收稿日期: 2015-04-17; 修订日期: 2015-05-30

基金项目: 2013年度环保公益性行业科研专项基金资助项目(201309008)

作者简介: 姜晟(1983—), 男, 工程师, 硕士, 主要从事环境监测工作。

第三层次通过大量实地调查获取湿地各方面详尽数据的基础上,建立复杂的评价模型,从不同角度对湿地环境质量和退化状况进行综合评价。

现借鉴美国 EPA 第一层次思路方法,将遥感和地理信息技术用于滨海湿地环境评价工作,在生态系统格局和景观层面研究人类干扰,同时适当结合地面水质、生物监测数据评估区域内滨海湿地环境状况。

1 研究方法

1.1 指标选择与权重赋值

在指标体系构建方面,选用了联合国经济合作开发署(OECD)提出的压力-状态-响应(PSR)框架模型。在指标的获取方式上,为了更好地实现滨海湿地环境的动态监测与评价,侧重选择了可以通过遥感手段获取的指标因子。

选择自然湿地面积比例、人工岸线比例、建设用地比例、自然植被覆盖率、植被指数、景观破碎度、海水水质类别、底栖生物多样性指数共8个指标作为滨海湿地环境评价因子。其中,压力类指标共3个,分别是人工岸线比例、建设用地比例、景观破碎度;状态类指标共4个,兼顾水域和陆域生态状况,分别是海水水质类别、底栖生物多样性指数、自然植被覆盖率、植被指数;响应类指标1个,为自然湿地面积比例。

1.1.1 自然湿地面积比例

滨海湿地范围内,海滩、滨海沼泽、浅海水域、沙洲等不同类型自然湿地面积占区域总面积的比例,反映滨海湿地环境总体状况,由遥感影像解译结果计算得到。

1.1.2 人工岸线比例

滨海湿地范围内,堤坝、码头或其他类型的人工岸线占海岸线总长度的比例,反映人类活动对滨海湿地自然岸线的侵占程度,由遥感影像解译结果计算得到。

1.1.3 建设用地比例

滨海湿地范围内,人工建设用地面积占区域总面积的比例,反映人类活动对滨海湿地的占用和影响程度,由遥感影像解译结果计算得到。

1.1.4 自然植被覆盖率

滨海湿地范围内,地表有自然植被覆盖面积占区域总面积的比例,反映滨海湿地水平空间上的自然植被覆盖状况,由遥感影像解译结果计算得到。

1.1.5 植被指数

利用卫星近红外和红光波段光谱数据来反映植物的特征信息,可以在一定程度上反映滨海湿地范围内水平和垂直空间上的植被生长状况,在本文中具体采用归一化植被指数(NDVI),指数数值越高则植被生长状况越好,由遥感影像波段运算得到。

1.1.6 景观破碎度

表征滨海湿地范围内景观被分割的破碎程度,反映景观空间结构的复杂性,在一定程度上反映了人类对景观的干扰程度。景观破碎化是生物多样性丧失的重要原因之一,它与自然资源保护密切相关。在本文中具体采用平均斑块面积(MPS)来指示景观破碎度,用于衡量景观总体完整性和破碎化程度,平均斑块面积越大说明景观完整性越好,破碎化程度越低,由遥感影像解译结果计算得到。

1.1.7 海水水质类别

滨海湿地范围内或毗邻近岸海域的海水水质类别,反映滨海湿地水质的优劣程度,由单个或多个测点当年海水水质监测结果计算年均值后根据《海水水质标准》(GB 3097-1997)评价得到,具体可分为一至四类 and 劣四类。

1.1.8 底栖生物多样性指数

应用数理统计方法对底栖生物群落种类和各种类生物体的数量进行计算,用以评价滨海湿地范围内水生生物的环境质量状况。采用香农-威纳指数(Shannon Wiener index)来指示底栖生物多样性,指数数值越大表明生物多样性越好,由单个或多个测点采集底栖生物样品后分析计算得到。

根据研究内容,综合运用层次分析法结合专家打分,将滨海湿地环境评价指标体系划分为3个层次并计算求取各指标权重,见表1。

1.2 数据源与研究区

滨海湿地环境评价共涉及8项指标,其中有6项通过遥感方法获得,在实际研究过程中选择法国SPOT-4、国产ZY-3以及美国EOS-MODIS卫星作为主要数据源,一是考虑了中高分辨率卫星数据在遥感分类解译方面的优势,二是选择了较为成熟的MODIS植被指数产品,2者可以有效提高评价结果的精度;海水水质类别、底栖生物多样性指数2项指标则利用地面常规水质、生物监测方法结合文献资料查阅获得,见表2。

表1 滨海湿地环境质量指标体系权重计算结果

总目标层权重	分目标层权重		指标层权重		最终权重
滨海湿地环境质量	压力	0.41	建设用地比例	0.20	0.08
			人工岸线比例	0.60	0.25
			景观破碎度	0.20	0.08
	状态	0.33	海水水质类别	0.18	0.06
			底栖生物多样性指数	0.23	0.07
			自然植被覆盖率	0.45	0.15
			植被指数	0.15	0.05
	响应	0.26	自然湿地面积比例	1.00	0.26

表2 滨海湿地环境质量评价指标数据来源^①

序号	评价指标	数据源
1	自然湿地面积比例	SPOT-4/ZY-3
2	人工岸线比例	SPOT-4/ZY-3
3	建设用地比例	SPOT-4/ZY-3
4	自然植被覆盖率	SPOT-4/ZY-3
5	植被指数	MODIS
6	景观破碎度	SPOT-4/ZY-3
7	海水水质类别	水质监测
8	底栖生物多样性指数	文献资料、生物监测

①时相为2002年,2013年。

1.3 数据处理与指数计算

所选6项可遥感指标中,自然湿地面积比例、人工岸线比例、建设用地比例以及自然植被覆盖率4个指标通过ENVI、eCognition和ArcGIS软件对SPOT-4、ZY-3卫星遥感数据人工交互解译结果计算后得到,景观破碎度指标是在遥感解译结果基础上利用Fragstates软件计算得到,植被指数指标是由MODIS卫星产品数据利用ArcGIS软件计算后处理得到。其中,SPOT-4和ZY-3卫星数据的处理流程是首先对2期遥感影像分别进行几何

纠正、融合、镶嵌等预处理工作;其次进行影像分割与分类解译,依次划分为相应的类别并赋予代码;在分类完成后进行成果踏勘与野外核查,对解译错误进行修正;最后在分类解译结果基础上,计算自然湿地面积比例等5项指标。MODIS卫星数据处理流程是首先提取SPOT-4和ZY-3卫星解译数据中的滨海湿地陆域图层,其次利用该图层的矢量边界对NDVI产品数据进行裁剪切割,最后对多时相NDVI产品数据进行栅格计算求取均值。

另外2项非遥感指标,海水水质类别和底栖生物多样性则参照《近岸海域环境监测规范》(HJ 442-2008)进行样品采集、分析和计算。其中,海水水质类别指标选择滨海湿地研究区内现有测点数据进行计算,依据《海水水质标准》(GB 3097-1997)对年均值进行评价,全项目参评;底栖生物多样性指标选择滨海湿地研究区内的潮间带进行样品采集和分类鉴定,采用香农-威纳指数对结果进行评价。对上述8项指标分别处理并得到相应结果后,再进行无量纲归一化计算,见表3。

表3 评价指标归一化赋值

评价指标	归一化赋值				
	0.00	0.25	0.50	0.75	1.00
建设用地比例(PC)			1~比例值		
人工岸线比例(PA)			1~比例值		
景观破碎度(MPS)	0 ≤ MPS ≤ 1	1 < MPS ≤ 2	2 < MPS ≤ 3	3 < MPS ≤ 4	MPS > 4
海水水质类别(L)	劣四类	四类	三类	二类	一类
底栖生物多样性(H')	H' = 0	0 < H' ≤ 1	1 < H' ≤ 2	2 < H' ≤ 3	H' > 3
自然植被覆盖率(PV)			比例值		
植被指数(NDVI)			原值		
自然湿地面积比例(PW)			比例值		

对无量纲归一化处理后的指标值结合权重进行加权求和,最终计算得到滨海湿地环境指数CWEI(Coastal Wetland Environmental Index),用以

表征研究区域的滨海湿地环境状况。

$$CWEI = \sum_{i=1}^n a_i \times x_i$$

式中: a_i ——第*i*项指标权重值;
 x_i ——第*i*项指标归一化结果值。

根据CWEI指数结果将滨海湿地环境状况分为五级,依次为优秀、良好、一般、较差、差。在此基

础上,通过计算不同年份CWEI指数的差值 Δ CWEI可以进一步评价同一区域滨海湿地环境的变化趋势及程度,见表4。

表4 滨海湿地环境状况分级

环境状况级别	CWEI值	环境特征描述
优秀	$0.8 < CWEI \leq 1$	环境质量优秀,自然湿地比重和植被覆盖度高,生物多样性和景观完整性好,基本未受人类干扰
良好	$0.6 < CWEI \leq 0.8$	环境质量良好,自然湿地比重和植被覆盖度较高,生物多样性和景观完整性较好,受人类干扰较小
一般	$0.4 < CWEI \leq 0.6$	环境质量一般,自然湿地比重和植被覆盖度中等,生物多样性和景观完整性一般,受人类干扰程度中等
较差	$0.2 < CWEI \leq 0.4$	环境质量较差,自然湿地比重和植被覆盖度较低,生物多样性和景观完整性较差,受人类干扰较大
差	$0 \leq CWEI \leq 0.2$	环境质量差,自然湿地比重和植被覆盖度低,生物多样性和景观完整性差,受人类干扰严重

2 结果分析

依照研究方法,利用卫星遥感影像、地面实测数据并查阅部分文献资料,对典型研究区江苏盐城

湿地珍禽自然保护区进行了滨海湿地环境评价,见表5。

表5 江苏盐城湿地珍禽自然保护区滨海湿地环境评价结果

总目标层	分目标层	指标层	2002年	2013年
滨海湿地环境质量	压力	人工岸线比例/%	12	44
		建设用地比例/%	15	18
		景观破碎度(MPS)	2.94	2.57
	状态	海水水质类别/类	三	三
		底栖生物多样性指数(香农)	1.38 ^[21]	1.77
		自然植被覆盖率/%	32	30
		植被指数(NDVI)	0.015	0.093
	响应	自然湿地面积比例/%	70	65
		CWEI	0.62	0.59

(1)压力类指标方面,研究区人类干扰强度有所增加,景观趋于破碎化,滨海湿地环境压力进一步增大,变化区域主要集中在南北两端。

(2)状态类指标方面,海水水质类别未发生变化;自然植被覆盖率略有降低;表明研究区滨海湿地水环境质量基本稳定,底栖生物多样性略有升高,植被覆盖状况存在一定变化。其中,北部滨海湿地自然植被覆盖状况趋好,南部区域则有所退化。

(3)响应类指标方面,表明研究区在人类活动影响下自然湿地面积有所萎缩,需要加强保护和修复力度,变化区域主要集中在研究区南部。

(4)虽然海水水质类别和底栖生物多样性未发生明显变化,但自然湿地面积比例有所降低,自然植被覆盖率略有下滑,人工岸线和建设用地比例则相应增加,景观破碎度小幅提升,表明该区域滨海湿地陆上生境人类干扰程度较往年有所增加,应

当引起地方主管部门关注。

3 结语

为研究我国典型滨海湿地环境评价方法,利用卫星遥感技术,结合地面生态调查,构建了以自然湿地面积比例、人工岸线比例等8项因子共同组成的指标体系。通过层次分析法和专家打分法进行权重赋值后,进一步阐述了数据处理和计算的主要流程,提出了滨海湿地环境指数CWEI的概念和表征意义,并应用上述方法对江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区进行了典型示范评价,结果表明,该方法能够较好地反映滨海湿地环境状况与变化趋势,对于全面开展我国滨海湿地环境评价与保护工作具有良好的技术支撑作用。

[参考文献]

[1] MITSCH W J, GOSSELINK J G. Wetlands[M]. Second edition,

- New York; Van Nostrand Reinhold, 1993: 507 - 527.
- [2] CHEN Z X, ZHANG X S. The value of Chinese ecosystem service [J]. Chinese Science of Bulletin, 2000, 45(1): 17 - 22.
- [3] 国家林业局《湿地公约》履约办公室. 湿地公约履约指南 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2001.
- [4] BRINSON M, KRUCZYNSKI W, LEE L C, et al. Developing an approach for assessing the functions of wetlands [C] // In: Mitsch WJ, eds. Global Wetlands: Old World and New. Amsterdam; Elsevier, 1994: 615 - 624.
- [5] LARSON J S. Rapid assessment of wetlands: history and application to management [C] // In: Mitsch WJ, eds. Global Wetlands: Old World and New. Amsterdam; Elsevier, 1994: 625 - 636.
- [6] 陆健健. 中国湿地 [M]. 上海: 华东师范大学出版社, 1990: 1 - 20.
- [7] 张晓龙, 李培英, 刘乐军, 等. 中国滨海湿地退化 [M]. 北京: 海洋出版社, 2010.
- [8] 国家林业局, 国土资源部, 国家环境保护总局, 等. 中国湿地保护行动计划 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2000: 12 - 13.
- [9] 雷昆, 张明祥. 中国的湿地资源及其保护建议 [J]. 湿地科学, 2005, 3(2): 81 - 86.
- [10] 崔丽娟, 张明祥. 湿地评价研究概述 [J]. 世界林业研究, 2002, 15(6): 46 - 53.
- [11] 杨波. 我国湿地评价研究综述 [J]. 生态学杂志, 2004, 23(4): 146 - 149.
- [12] 高士武, 李伟, 张曼胤, 等. 湿地退化评价研究进展 [J]. 世界林业研究, 2008, 21(6): 13 - 18.
- [13] 邹长新, 江峰琴, 李海东, 等. 若尔盖湿地生态安全监测方案研究 [J]. 环境监控与预警, 2011, 3(5): 4 - 8.
- [14] 董毛毛, 钱晓荣, 郁桂云. 滩涂湿地污灌系统生态监测指标体系的研究与构建 [J]. 环境监控与预警, 2012, 4(6): 54 - 56.
- [15] 王宪礼, 肖笃宁, 布仁仓, 等. 辽河三角洲湿地的景观格局分析 [J]. 生态学报, 1997, 17(3): 317 - 323.
- [16] 刘振乾, 徐新良, 吕宪国. 3S 技术在三角洲湿地资源研究中的应用 [J]. 地理学与国土研究, 1999(4): 87 - 91.
- [17] 李晓文, 肖笃宁, 胡远满. 辽东湾滨海湿地景观规划预案分析与评价 [J]. 生态学报, 2002, 22(2): 224 - 232.
- [18] 牛振国, 宫鹏, 程晓, 等. 中国湿地初步遥感制图及相关地理特征分析 [J]. 中国科学 D 辑: 地球科学, 2009, 39: 188 - 203.
- [19] 宫鹏, 牛振国, 程晓, 等. 中国 1990 和 2000 基准年湿地变化遥感 [J]. 中国科学 D 辑: 地球科学, 2010, 40: 768 - 775.
- [20] U. S. Environmental Protection Agency. Application of elements of a state water monitoring and assessment program for wetlands [R]. Wetlands Division, USEPA, Washington, D. C. Washington State Department of Ecology, 1993.
- [21] 刘金娥, 王国祥, 常青, 等. 盐城自然保护区夏季潮间带大型底栖动物功能群结构及分布格局 [J]. 安徽农业科学, 2009, 37: 18108 - 18113.

(上接第 33 页)

4 结语

对国标方法中标准溶液系列的配制、样品滤膜处理方法进行了改进, 同时将校准曲线和样品的定容体积由 40 mL 改为 50 mL, 简化了操作步骤。改进方法的校准曲线、灵敏度、精密度和准确度均令人满意。氟化物标准样品实验验证和实际样品的比对测定表明, 改进方法测定结果准确可靠, 操作简便、快捷, 可在环境监测分析实验室推广应用。

[参考文献]

- [1] 马云云, 孙大勇, 王斌之, 等. 对空气中氟化物监测的前处理方法的探讨 [J]. 三峡环境与生态, 2009, 2(2): 24 - 25, 35.
- [2] 环境保护部. HJ 480 - 2009 环境空气 氟化物的测定 滤膜采样氟离子选择电极法 [S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2009.
- [3] 环境保护部. HJ 481 - 2009 环境空气 氟化物的测定 石灰滤纸采样氟离子选择电极法 [S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2009.
- [4] 武夏萍, 徐新民, 胡强宁, 等. 大气氟化物测定 - 滤膜、氟离子选择电极法研究验证报告 [J]. 中国环境监测, 1994, 10(2): 27 - 31.
- [5] 郭政, 周益民, 侯秀玲, 等. 氟离子选择电极法测量大气氟化物的方法验证 [J]. 新疆大学学报: 自然科学版, 2010, 27(1): 81 - 84.
- [6] 程远琼. 滤膜法测定空气中氟化物的改进 [J]. 四川环境, 2003, 22(5): 28 - 29.
- [7] 中国环境监测总站. 环境水质监测质量保证手册 [M]. 北京: 化学工业出版社.

声明

本刊已加入中国学术期刊网络出版总库、中国学术期刊综合评价数据库、万方数据 - 数字化期刊群、中国核心期刊(遴选)数据库和中文科技期刊数据库。凡被本刊录用的稿件将同时通过因特网进行网络出版或提供信息服务, 稿件一经刊用将一次性支付作者著作权使用报酬, 如作者不同意将自己的文章被以上期刊数据库收录, 请在来稿中声明, 本刊将作适当处理。