

洪泽湖湿地生态脆弱性的驱动力系统与评价*

叶正伟^{1,2}

(1. 淮阴师范学院 地理系, 江苏 淮安 223001; 2. 南京大学 地理与海洋科学学院, 南京 210093)

摘 要: 洪泽湖湿地具有地质地貌基底性脆弱、南北气候过渡带影响的界面性脆弱、旱涝灾害频繁的波动性脆弱、生物多样性面临胁迫性的脆弱、水质污染的介入性脆弱以及人类不合理活动频繁的干扰性脆弱。AHP 层次分析法评价结果显示: 洪泽湖湿地的生态脆弱性综合指数为 3.155 4, 已呈显著的中度脆弱。评价结果同洪泽湖湿地脆弱性分析特征具有较好的一致性。

关键词: 洪泽湖湿地; 生态脆弱性; 层次分析法; 评价

中图分类号: X171.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2008)06-0245-05

A Study and Appraisal on Ecological Vulnerability System in Hongze Lake Wetland

YE Zheng-wei^{1,2}

(1. Department of Geography, Huaiyin Teachers College, Huaiyin, Jiangsu 223001, China; 2. School of Geographic and Oceanographic Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093, China)

Abstract: Hongze Lake wetland (HLW) is a typical ecotone in Huaihe River Valley. This paper analyzes the main influential factors that make the HLW more vulnerable. Special topography and geology makes the HLW become basically vulnerable, while the transitional geographical location makes the HLW to be interactively vulnerable. Frequent flood and drought causes the Huaihe river to be vulnerable, biographical diversity is threatened by intimidation, and water in HLW also polluted because industrial development. Currently, irrational human activities play a bad role in the HLW that causes the wetland to be vulnerable easily. We set up a scientific index system to appraise the ecological vulnerability in HLW by AHP. The ecological vulnerability degree result is 3.155 4, which shows that the HLW is in a state of being moderately vulnerable. The result also shows a nice consistency with what this paper analyzed as above.

Key words: Hongze Lake wetland; ecological vulnerability; AHP; appraisal

随着全球环境变化影响的加强,特别是经济发展与生态环境之间矛盾的突显,对生态环境脆弱性的研究日益广泛。1905 年 Elements 将 Ecotone 引入生态学,随后 Ecotone 多被用来专指不同群落间的交错带,是两个相对均匀的相邻群落相互过渡的突发转换区域,是边缘效应产生区,是生物多样性出现区,同时也是生物分布、动物活动范围的重要限制区域。20 世纪 80 年代以来,随着生态学的发展,特别是景观生态学的兴起,Ecotone 得到了新的关注。1987 年,Ecotone 作为新概念“生态交错带”被确认^[1]。20 世纪 80 年代后期至 90 年代中期,中国地学、环境等领域学者将 Ecotone 中过渡地带的思想引入各自研究领域中,形成“生态脆弱带、生态脆弱带和生态环境过渡带”等概念。国内诸多学者也从不同角度对脆弱性进行了界定,认为脆弱性的基本特征有三个,即生态环境存在内部的不稳定性,生态环境对外界干扰的敏感性,以及当外界不利因素出现时,系统或群体易遭受自然的或社会的损失^[1-8]。

湿地是水陆交互作用下的独特生态系统,是水陆之间的

过渡地带,具有独特的生态结构与功能,被誉为“自然之肾”。湿地同时也是人口、资本和资源、经济和社会活动集中的特殊水文单元,单元内人类活动与自然环境的相互作用频繁,生态系统面临较大压力,生态环境相对脆弱,是脆弱性的敏感地区。因此,分析湿地生态环境的脆弱性特征及成因,评价其脆弱程度将有利于保护生态环境、保障自然资源的合理开发,也是区域环境经济协调发展的重要科学依据,对实现湿地的可持续发展有着重要的现实意义。

1 研究区概况

洪泽湖湿地是淮河流域最大的湖泊型湿地,同时也是我国第四大淡水湖,位于江苏省的西北部,地理位置在北纬 33°06′-33°40′,东经 118°10′-118°52′(图 1)。湿地分属淮安、洪泽、盱眙、泗阳和泗洪五县所辖。南望低山丘陵,北枕废黄河,东临大运河,西接岗波状平原。洪泽湖湿地西纳淮河,南注长江,东贯黄海,北连沂沭水系,承接淮上、中游 15.8 万 km²

* 收稿日期: 2008-04-29

基金项目: 江苏省教育厅自然科学基金项目(06KJB170029); 淮阴师范学院青年优秀人才支持计划(06QNZC017)

作者简介: 叶正伟(1973-),男,安徽黄山人,博士研究生,讲师,研究方向:水文与水资源。E-mail: leafyzw@163.com

流域面积的来水,是淮河中游、支流与下游河道的联结点。自然区划上属暖温带黄淮海平原区域北亚热带长江中、下游的过渡带,是我国北亚热带与南暖温带的过渡地带,季风气候显著,动植物资源丰富,是江淮地区典型的湿地^[9-12]。

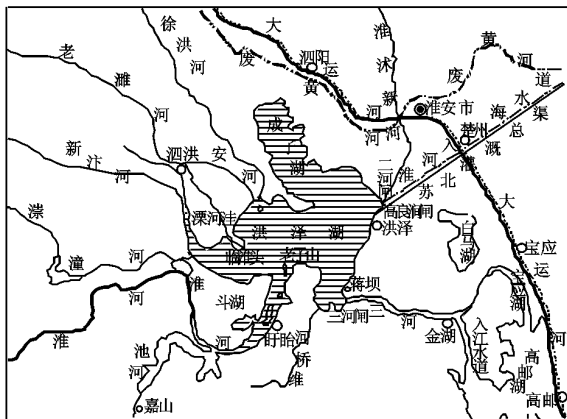


图 1 洪泽湖流域地理位置及水系图

洪泽湖湿地是典型的水陆交互作用下形成的水陆交界区域,属于脆弱性生态环境的范畴,是典型的生态脆弱区,尤其近几十年来受人类活动频繁的干扰,表现出显著的生态脆弱性特征。目前,自然灾害频发、水资源短缺、水污染、水土流失加剧、过度围垦和河湖水面萎缩等问题已成为影响湿地生态系统安全的主要因素。

2 洪泽湖生态脆弱性驱动力分析

洪泽湖湿地是淮河流域中、下游过水性湖泊,旱涝灾害频繁,在全球变暖的影响下,表现出显著的脆弱性特征。按成因可分为基底性脆弱、界面性脆弱、波动性脆弱、胁迫性脆弱、介入性脆弱和干扰性脆弱等方面^[10-17]。

2.1 地形地貌的基底性脆弱

基底性脆弱主要强调湿地的特殊地质生态环境,指的是洪泽湖形成的特殊地理本底。现在的洪泽湖湖盆为一浅碟形态,湖底平坦,湖底海拔 10.5 m 左右,超过了湖东部平均海拔小于 9 m 的里下河平原而成为典型的“悬湖”。湖西部则是岗洼相间的波状地形,总体趋势是西低东高,北高南低,湖盆由西北向东南倾斜,与洪泽湖所处的黄淮平原地势的总趋势一致。另外,由于洪泽湖地处淮河中下游地区,其上游干流全长 850 km,但是河道坡降却只有 0.03% ~ 0.5%,这种西高东低、坡降极小的“倒比降”地貌基底以及“悬湖”特征,使得洪泽湖本身成为具有结构和基底性的脆弱体,不利洪水宣泄,一旦上游来水过大或发生强降水过程,就使湿地成为易受洪涝影响的区域^[9-21]。因此,认为洪泽湖具有地貌基底成因的脆弱性特征。

2.2 过渡带的界面性脆弱

界面性脆弱强调湿地空间方向上要素的梯度变化,界面一般被理解为相对均衡要素之间突发转换或异常空间邻接,也被称之为过渡地带或者边缘地区。洪泽湖作为水体,是水-陆-气三相交界的界面,影响因子广泛。而从地理位置上来说,洪泽湖位于我国亚热带的最北端和暖温带的最南端的衔接带,是亚热带和暖温带气候带之间的过渡带。同时,洪

泽湖又处于我国南北过渡带自然地理重要分界线秦岭-淮河一线上,属于比较典型的边缘过渡地带界面。在此带上,包括自然地理气候的、水文的、植被的甚至人文的等诸多要素在内都具有显著的特殊性。在气象因子上,洪泽湖也属于雨量丰沛的南方和干旱少雨的北方过渡区,降水的时空分布不均。这些都反映了洪泽湖过渡带的界面性脆弱。

2.3 旱涝灾害交替的波动性脆弱

波动性脆弱强调时间序列上要素的剧烈变化,其特点是客观实体在数量上作为不同状态的重复组合。波动是脆弱的表现,又是脆弱的原因。历史上,洪泽湖地区旱灾和洪涝灾害多发,这也是导致洪泽湖地区脆弱性表现明显的主要原因。研究洪泽湖近 50 a 水位变化发现,洪泽湖典型旱灾年份水位 ≤ 11.3 m 的年份有 1955 年、1957 年、1959 年、1961 年、1962 年、1965 年、1966 年、1967 年、1968 年、1977 年、1978 年、1979 年、1981 年、1982 年、1988 年、1992 年、1994 年、1997 年、1999 年、2001 年共 20 年;而自 1912 年近 100 年以来,其中出现 1916 年、1921 年、1931 年、1950 年、1954 年、1956 年、1975 年、1982 年、1991 年、2003 年的多次高洪水位和严重灾害事件^[14-17,20-21,22-31]。可见,洪泽湖旱涝灾害交替发生的局面,使得洪泽湖湿地呈现出显著的波动性特征。

2.4 生物多样性面临的胁迫性脆弱

洪泽湖湿地自然保护区生态系统地域宽广,具有多样性的物种。有浮游植物 8 门 141 属 165 种,水生高等植物 36 科 61 属 81 种。湿地鸟禽兽类丰富,候鸟种群数量 5 万多只,其中包括国家 I 类重点保护鸟类 5 种和国家 II 类重点保护鸟类 26 种^[8,13-14]。尽管生物种类多,数量大,保存较为完整,但珍稀濒危保护物种较多。可见,湿地面临胁迫性脆弱,一旦湿地系统受到破坏,其恢复能力极其脆弱。随着围垦强度增加和全球气候变化的影响,处于特殊过渡带地理位置的特点决定了洪泽湖湿地具有非常敏感的脆弱性,而受这种敏感性影响最直接的就是湿地的生物系统,对濒危物种尤其如此。因此说洪泽湖湿地生物多样性具有面临胁迫性脆弱的特征。

2.5 水质污染的介入性脆弱

从景观生态的角度来看,介入是最直接的一种影响。淮河流域水污染有越来越严重之势,“50 年代淘米洗菜,60 年代洗衣灌溉,70 年代水质变坏,80 年代鱼虾绝代”是对淮河干流水污染的真实写照。李波等(2003)研究发现,淮河干流入湖污染物占全湖的 80.4%,水质基本上取决于淮河入湖径流的污染状况。污染物主要来自于淮河口与溧河洼,分别占 80.4% 和 14.39%,其它入湖河道仅占 1.57%。本地入湖污染源中则以湖西的泗洪、盱眙、泗阳三县为主;湖东的洪泽、淮阴区,多为出湖河道,入湖污染物很少^[30-32]。可见,作为一个过水性湖泊,其水质变化主要受上游淮河来水控制,洪泽湖水质的变化过程也是淮河流域水污染形式的集中体现。这种水质外来污染使得整个洪泽湖水域的生态环境尤其脆弱,水质的污染直接破坏了湖区水生生态系统和水陆交界生态系统的稳定性。

2.6 人类活动的综合干扰性脆弱

随着社会经济活动的发展,人类活动的各种影响迅速渗

透到洪泽湖湿地流域生态系统的每一个部分。人类活动的影响主要包括滩涂的开发、围湖垦殖、湖区网箱养殖等,也包括上述的各种水质污染事件。洪泽湖的演化历史在很大程度上本身就是人类影响的一个结果。为抵御洪涝灾害的侵害,人类修筑了洪泽湖大堤,但正是这不断加高的洪泽湖大堤使得洪涝灾害威胁和危害更大。20 世纪 50 年代以后,洪泽湖因为滩涂开发和围垦,尤其近些年来在湖中采用网箱养殖,加之泥沙的淤积,漂河洼、安河洼和成子洼三大湖湾的水域形态发生了明显的改变,范围日益缩小。由于盲目围圩开发,使湖面和库容大量缩小,到 1992 年 12.5 m 高程时水面仅为 15.7 万 hm^2 ,被围垦近 1/4,减少蓄洪库容约 11 亿^[1+21],卫片解译也表明,洪泽湖天然湿地正在大量消失^[30]。

由此,从上述分析可以看出,洪泽湖湿地脆弱性特征多样性的、脆弱性的驱动力系统是复杂的,是基于时间维和空间维并在人类活动和全球气候变化总框架影响下的一种响应,是由涉及各圈层系统的自然因子和人类活动共同影响的结果。洪泽湖生态环境脆弱性的驱动力系统可以概括为图 2 模式。

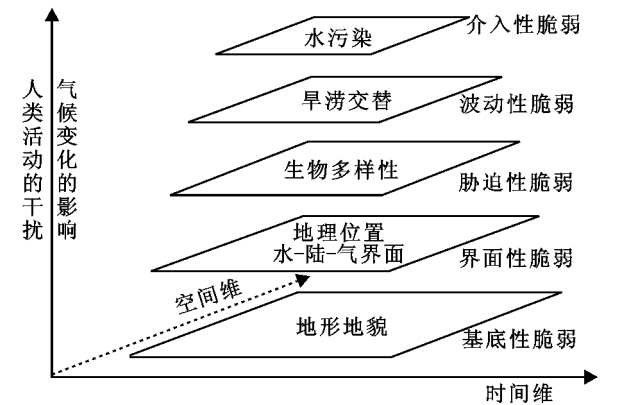


图 2 洪泽湖生态脆弱性的驱动力系统

3 生态脆弱度评价

3.1 因子选取

当生态环境退化超过了在现有社会经济和技术水平下能长期维持目前人类利用和发展的水平时,称为脆弱生态环境。从自然因素看,主要包括基质、动能两大因素。基质因素主要由地质构造、地貌特征、地表组成物质、生物群落类型等因子构成,是生态环境构成的物质基础;动能因素主要由气候脆弱因子构成,是生态环境形成演替的能量基础。而人为因素则主要指人类不合理的活动,如果人类不合理开发利用,生态环境将会逆向演替,导致脆弱生态环境的产生^[4+5]。同样,人类活动包括人类对湿地资源的开发利用方式、强度和范围,还包括人类为保护自身发展而建造的各种设施等。比如各种防汛抗旱体系,这些设施体系的合理与否也直接影响着湿地的生态脆弱性。

脆弱性总是通过一定的结果表现出来,因为脆弱生态环境是与自然、社会、经济紧密联系的,是自然环境条件与人类生产活动以及历史发展过程相互联系和作用的结果。因此,无论脆弱生态环境的成因如何,其最终结果将在自然、经济、社会和人的素质方面表现出来,在经济社会则主要体现在农业生产能力低、工业生产、人口素质差以及经济贫困等方面^[33-36]。

因此,评价指标体系的建立是评价的关键。根据上述脆弱生态环境成因及表现特征分析,可以得出评价生态脆弱的各种指标,本文主要选择成因指标和结果表现特征指标。

3.2 评价方法

脆弱性评价方法较多,包括模糊分析法、定量分析法、EFI胁迫度指数法、AHP 法、集合论法及信息度量法等,这些方法各有优劣。本文选取适用于较小范围、计算简单易行的 AHP 评价法,通过计算生态脆弱度综合指数,对湿地脆弱程度进行定量评估。

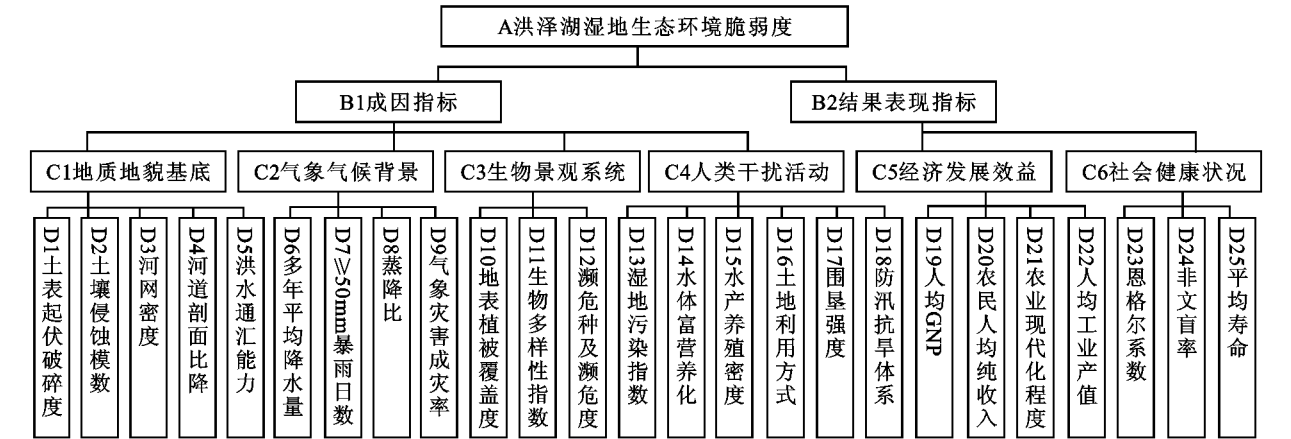


图 3 洪泽湖湿地生态脆弱性综合评价指标体系

考虑到洪泽湖湿地流域水文单元特征,兼顾指标可操作性、可比性及简练性的原则,基于脆弱性分析,我们构建了洪泽湖湿地生态脆弱性评价指标体系(图 3)。A 层为目标层,反映生态脆弱程度为目标。B 层为综合评价层,分为生态脆弱性成因指标及结果表现指标。C 层为项目层,各评价项目与不同综合指标相对应。D 层为因子层,为具体项目评价因子,因子层为 25 项。成因指标(B1)中,分地质地貌基底

(C1)、气候气象背景(C2)、生物景观系统(C3)、人类干扰活动(C4)四个子层次,涉及湿地内湖泊、土壤、森林、陆地等生态系统,涵盖了各圈层导致脆弱性形成的各类自然因素;由于人类不合理活动在生态脆弱性中扮演了越来越重要的角色,因此人类干扰活动(C4)也作为重要的成因指标体系来进行评价,使整个体系更完整清晰。结果表现指标(B2)中,由于洪泽湖湿地的大农业体系和周边存在一定数量的工

业,因此选取经济发展效益(C5)和社会健康状况(C6)两个大体系。

对评价因子采取常用的6级6分制划分等级,根据湿地内各因子现状进行评分,分值大小反映脆弱程度大小。因子权重采用层次分析法(AHP)进行权重赋值,方法为首先通过邀请专家两两比较打分构造判断矩阵,进而计算层次单排序及总排序,并检验判断矩阵一致性及群组决策一致性,最后采用加权几何平均综合排序向量法计算得到D层各评价因子相对于A层的权重。

依据指标分值、因子权重,洪泽湖湿地的生态脆弱性综合指数HVI(Hongze Lake Ecological Vulnerability Index)由下式进行计算,然后依据生态脆弱度综合指数分级标准判断生态环境的脆弱程度:

$$HVI=\sum_{i=1}^n f_i \cdot w_i$$

表 1 洪泽湖湿地生态脆弱性层次分析法评价结果和标准

| 因子 | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | D 层次权重 | 次序 | 分值 | 得分 | HVI |
|--------|---------|---------|---------|----------|--------|----------|--------|----------|----|----------|--------|
| | 0.05215 | 0.19089 | 0.08022 | 0.37674 | 0.18 | 0.12 | 总排序 | | | | |
| D1 | 0.1131 | | | | | | 0.0059 | 24 | 1 | 0.0059 | 3.1554 |
| D2 | 0.2521 | | | | | | 0.0131 | 18 | 2 | 0.0263 | |
| D3 | 0.0545 | | | | | | 0.0028 | 25 | 3 | 0.0085 | |
| D4 | 0.1623 | | | | | | 0.0085 | 23 | 5 | 0.0423 | |
| D5 | 0.418 | | | | | | 0.0218 | 16 | 4 | 0.0872 | |
| D6 | | 0.1623 | | | | | 0.0310 | 13 | 1 | 0.0310 | |
| D7 | | 0.2879 | | | | | 0.0550 | 9 | 3 | 0.1649 | |
| D8 | | 0.0604 | | | | | 0.0115 | 21 | 1 | 0.0115 | |
| D9 | | 0.4894 | | | | | 0.0934 | 2 | 4 | 0.3737 | |
| D10 | | | 0.5813 | | | | 0.0466 | 10 | 3 | 0.1399 | |
| D11 | | | 0.3092 | | | | 0.0248 | 15 | 3 | 0.0744 | |
| D12 | | | 0.1096 | | | | 0.0088 | 22 | 3 | 0.0264 | |
| D13 | | | | 0.2023 | | | 0.0762 | 5 | 3 | 0.2286 | |
| D14 | | | | 0.1639 | | | 0.0617 | 7 | 2 | 0.1235 | |
| D15 | | | | 0.0508 | | | 0.0191 | 17 | 4 | 0.0766 | |
| D16 | | | | 0.0989 | | | 0.0373 | 12 | 2 | 0.0745 | |
| D17 | | | | 0.2053 | | | 0.0773 | 4 | 5 | 0.3867 | |
| D18 | | | | 0.2787 | | | 0.1050 | 1 | 3 | 0.3150 | |
| D19 | | | | | 0.1522 | | 0.0274 | 14 | 3 | 0.0822 | |
| D20 | | | | | 0.4560 | | 0.0821 | 3 | 4 | 0.3283 | |
| D21 | | | | | 0.3238 | | 0.0583 | 8 | 3 | 0.1748 | |
| D22 | | | | | 0.0680 | | 0.0122 | 19 | 3 | 0.0367 | |
| D23 | | | | | | 0.3339 | 0.0401 | 11 | 3 | 0.1202 | |
| D24 | | | | | | 0.5679 | 0.0681 | 6 | 3 | 0.2044 | |
| D25 | | | | | | 0.0982 | 0.0118 | 20 | 1 | 0.0118 | |
| 脆弱程度标准 | | 微脆弱 | | 低脆弱度 | | 中度脆弱 | | 高度脆弱 | | 极度脆弱 | |
| HVI | | < 2.0 | | 2.0~ 2.9 | | 3.0~ 3.9 | | 4.0~ 4.9 | | 5.0~ 6.0 | |

(2) 人类活动的干扰脆弱性日益显著。防汛抗旱体系(D18)权重为0.1050,排在第一,说明人类对湿地的干扰活动具有两面性,一方面可以有效抵御自然灾害,但另一方面也表明,目前洪泽湖湿地防汛抗旱体系尚未成熟,存在较大风险,是构成脆弱性的主要因素之一;围垦强度(D17)、湿地污染指数(D13)和水体富营养化(D14)分别列4、5、7位,说明人类对湖泊湿地的不合理开发和利用,对环境的污染等仍然是脆弱性加剧的因素之一。

(3) 经济环境对脆弱性的影响具有显著的能动性。农民人

式中: HVI ——流域生态脆弱度综合指数; f_i ——第*i*个因子的评分值; w_i ——第*i*个因子相对于A层的权重值;*i*——评价因子个数。

3.3 评价结果分析

限于篇幅,具体评价过程在此略去,所有判断矩阵都通过一致性检验,评价结果和脆弱程度标准见表1。从表1可见,综合指数HVI为3.1554,介于3.0~3.9,对比可知,洪泽湖湿地生态脆弱性已达到中度脆弱。从权重综合排序上看,尤其是前10位评价指标具有以下特征。

(1) 自然因子仍然是脆弱性的基本因子。气象灾害成灾率(D9)、≥50 mm暴雨日数(D7)和地表植被覆盖率(D10)分别列2、9、10位,说明气象灾害尤其是暴雨引发的洪涝灾害仍然是湿地生态脆弱性的较大威胁,这也印证了前述湿地旱涝灾害频繁的波动性脆弱特征。

均纯收入(D20)、非文盲率(D24)和农业现代化程度(D21)分别3、6、8位,说明洪泽湖湿地生态脆弱性对经济的发展产生了较为严重的影响,这些指标值较低又反过来加剧了湿地生态脆弱性。而恩格尔系数(D23)为0.0401,列11位,说明应当通过合理的途径提高农民人均纯收入和农业现代化程度,促进教育,提高非文盲比率,这样当地居民才能有更多的经济投入改善生态环境,才能有意识地自觉保护湿地生态环境。

因此,综合看来,洪泽湖湿地生态环境的脆弱性成因是复杂的,并且这种脆弱性对湿地生态环境造成了较大威胁,

同时也制约了湿地的经济发展。因此, 可以认为, AHP 评价结果同前述对湿地生态脆弱性特征的分析具有较好的一致性, 可以作为洪泽湖可持续发展策略制定的科学依据。

4 小 结

洪泽湖湿地是淮河流域典型的生态脆弱区。从自然因素和人类活动 2 个方面分析湿地脆弱性特征发现, 洪泽湖湿地具有地质地貌基底性脆弱; 湿地南北气候过渡带的特殊地理位置决定了湿地具有交错性界面的脆弱性; 洪泽湖湿地旱涝灾害频繁发生, 导致湿地具有典型的波动性脆弱; 湿地生物多样性正在面临多样胁迫性的脆弱; 洪泽湖湿地水体污染严重, 导致水质污染的介入性脆弱; 尤其人类不合理活动的频繁干扰更加剧了湿地的脆弱性。

基于脆弱性目标, 建立了一套较为完善的生态脆弱性评价指标体系, 利用 AHP 层次分析法对指标进行评价。评价结果表明, 洪泽湖湿地生态脆弱度综合指数为 3.155 4, 已呈现中度脆弱性。评价结果也表明, 洪泽湖湿地脆弱性成因是由涉及各圈层系统的自然因子和人类活动共同影响的结果, 这种脆弱性对湿地生态环境和经济环境都造成了显著的影响。

参考文献:

[1] 刘燕华, 李秀彬. 脆弱生态环境与可持续发展[M]. 北京: 商务印书馆, 2001.

[2] 冷疏影, 刘燕华. 中国脆弱生态区可持续发展指标体系框架设计[J]. 中国人口·资源与环境, 1999, 9(2): 40-45.

[3] 高洪文. 生态交错带(Ecotone)理论研究进展[J]. 生态学杂志, 1994, 13(1): 32-38.

[4] 赵跃龙, 张玲娟. 脆弱生态环境定量评价方法的研究[J]. 地理科学, 1998, 18(1): 73-78.

[5] 赵跃龙. 中国脆弱生态环境类型分布及其综合整治[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1999.

[6] 姚建, 艾南山, 丁晶. 中国生态环境脆弱性及其评价研究进展[J]. 兰州大学学报: 自然科学版, 2003, 39(3): 77-80.

[7] 王庆锁, 冯总伟, 罗菊春. 生态交错带与生态流[J]. 生态学杂志, 1997, 16(6): 52-58.

[8] 朱松泉, 龚鸿身. 洪泽湖[M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 1993: 71-93.

[9] 宁远, 钱敏, 王玉太. 淮河流域水利手册[M]. 北京: 科学出版社, 2003.

[10] 水利部淮河水利委员会. 淮河志(2卷)淮河综述志[M]. 北京: 科学出版社, 2000.

[11] 杨士键. 洪泽湖湿地资源保护与可持续利用研究[J]. 重庆环境科学, 2003, 125(2): 15-18.

[12] 庄秀琴. 洪泽湖区湿地生态旅游资源开发模式初探[J]. 淮阴师范学院学报: 自然科学版, 2003, 2(3): 255-258.

[13] 尚正永, 白永平, 叶正伟. 洪泽湖区湿地旅游资源及其生态开发[J]. 西北师范大学学报: 自然科学版, 2005, 41(4): 73-77.

[14] 叶正伟, 朱国传, 张云. 洪泽湖湿地多样性特征分析[J]. 淮阴师范学院学报: 自然科学版, 2004, 3(4): 334-339.

[15] 叶正伟, 朱国传, 江波. 过去 100 年来洪泽湖洪涝灾害特性分析[J]. 水利水电技术, 2005, 36(3): 62-65.

[16] 叶正伟, 朱国传, 陈良. 洪泽湖湿地生态脆弱性的理论与实践[J]. 中国人民大学复印报刊资料 K9 地理, 2006(2): 24-29.

[17] 叶正伟. 洪泽湖流域洪涝灾害的成灾机理分析与探讨[J]. 水文, 2006(4): 85-87.

[18] 陈远生, 何希吾, 赵承普, 等. 淮河流域洪涝灾害与对策[M]. 北京: 科学技术出版社, 1995.

[19] 张金才. 洪泽湖、骆马湖、南四湖径流丰枯遭遇分析[J]. 湖泊科学, 1999, 11(3): 213-218.

[20] 姜加虎, 袁静秀, 黄群. 洪泽湖历史洪水分析(1736—1992 年)[J]. 湖泊科学, 1997, 9(3): 231-236.

[21] 姜加虎, 袁静秀. 洪泽湖水情特征[J]. 海洋湖沼通报, 1999(2): 17-22.

[22] 毕宝贵, 矫梅燕, 廖要明, 等. 2003 年淮河流域大洪水的雨情、水情特征分析[J]. 应用气象学报, 2004, 15(6): 681-686.

[23] 王庆, 陈吉余. 洪泽湖和淮河入洪泽湖河口的形成与演化[J]. 湖泊科学, 1999, 11(3): 237-244.

[24] 张茂恒, 孙志宏. 淮河入湖三角洲的形成、演变及发展趋势[J]. 徐州师范大学学报: 自然科学版, 2001(3): 55-58.

[25] 杨达源, 王云飞. 近 2000 年淮河流域地理环境的变化与洪灾: 淮河中游的洪灾与洪泽湖的变化[J]. 湖泊科学, 1995, 7(3): 1-7.

[26] 毛世民, 金正越. 淮河干流入湖河口段的河水水面比降[J]. 安徽水利科技, 1999(4): 7-9.

[27] 杨庆萍, 王苏, 王睿. 洪泽湖枯水年比较及与 ENSO 事件关系[J]. 气象科学, 2002, 22(1): 113-118.

[28] 唐荣桂, 薛松, 智日进. 从降水量观测成果浅析厄尔尼诺现象下的洪泽湖水文特征[J]. 江苏水利, 2003(7): 27-29.

[29] 楚思国. 洪泽湖水文特性初探[J]. 水文, 2001, 21(5): 56-59.

[30] 阮仁宗, 冯学智, 肖鹏峰, 等. 洪泽湖天然湿地的长期变化研究[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2005, 29(4): 57-60.

[31] 何华春, 丁海燕, 张振克, 等. 淮河中下游洪泽湖湖泊沉积物粒度特征及其沉积环境意义[J]. 地理科学, 2005, 25(5): 590-596.

[32] 李阳兵, 谢德体, 魏朝富. 西南岩溶山地生态脆弱性研究[J]. 中国岩溶, 2002, 21(1): 25-29.

[33] 李波, 濮培民. 淮河流域及洪泽湖水质的演变趋势分析[J]. 长江流域资源与环境, 2003, 12(1): 67-73.

[34] 梁树献, 杨亚群, 徐珉. 淮河流域 6—8 月旱涝分布特征[J]. 水文, 2002, 21(2): 54-56.

[35] 冉圣宏, 金建君, 薛纪渝. 脆弱生态区评价的理论与方法[J]. 自然资源学报, 2002, 17(1): 117-122.

[36] 王丽婧, 郭怀成, 刘永, 等. 邳海流域生态脆弱性及其评价研究[J]. 生态学杂志, 2005, 24(10): 1192-1196.