

DOI :10.3969/j.issn.1004-6933.2012.04.008

P-S-R 模型在海河流域湿地生态安全评价中的应用

户 超¹, 王洪翠², 罗 阳²

(1. 河海大学水利水电学院, 江苏 南京 210098; 2. 海河水利委员会, 天津 300170)

摘要 :以生态安全理论为基础,基于湿地普查和重点湿地调查结果,应用 P-S-R 模型,从压力、状态、响应 3 个方面对海河流域 10 个重要湿地进行生态安全评价。结果表明,海河流域重要湿地生态安全状况不容乐观,10 个重要湿地中有 9 个处于预警状态,1 个处于中度预警状态。其中生态安全指数最高的是大黄堡洼,为 5.9950,最低的为大浪淀湿地,为 3.8340。海河流域湿地整体生态安全状况近年来有向中度预警甚至极度预警状态恶化的趋势,指出必须重视海河流域湿地的生态安全建设。

关键词 :P-S-R 模型;湿地;生态安全;海河流域

中图分类号 :X824

文献标识码 :A

文章编号 :1004-6933(2012)04-0038-04

Application of P-S-R model to evaluation of wetland ecological security in Haihe Basin

HU Chao¹, WANG Hong-cui², LUO Yang²

(1. College of Water Conservancy and Hydropower Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China;

2. Haihe River Water Conservancy Commission, Tianjin 300170, China)

Abstract :Based on the ecological security theory and wetland investigation results, the ecological security of ten major wetlands in the Haihe Basin were evaluated using the pressure-state-response (P-S-R) model, which considers the eco-environmental pressure, the state of the ecological environment, and human and social response. The results show that the ecological security of the investigated wetlands is not satisfying. Of the ten major wetlands, nine wetlands were in the early-warning state and one was in moderate early-warning state. The highest ecological security index was 5.9950 in the Dahuangpu Wetland and the lowest one was 3.8340 in the Dalangdian Wetland. The ecological security of the wetlands in the Haihe Basin has shown a trend of deterioration from the moderate early-warning state to extreme early-warning state in recent years. It is pointed out that high attention should be attached to the ecological security of the wetlands in the Haihe Basin.

Key words :pressure-state-response model; wetland; ecological security; Haihe Basin

近年来,随着海河流域社会经济的发展,其生态环境问题,尤其是湿地环境不断恶化,严重威胁着流域社会经济的健康和可持续发展,而人们在湿地环境安全意识方面还相当薄弱。因此,科学度量海河流域内湿地的生态安全现状,建立和完善生态环境安全预警及其机制,成为当前流域健康全面发展的一项紧迫任务。

海河流域湿地资源丰富,遍布于流域内各处,类

型多样,包括滨海、河流、湖泊、沼泽、库塘等 5 类 16 型,具有重要的保护和科研价值。经调查,全流域湿地面积为 87.97 万 hm^2 ,占流域面积的 2.77%^[1-2]。

生态安全的概念自提出以来,已经应用到区域土地、农业、自然保护区、城市、旅游风景区等方面,研究主要集中在生态安全的评述与评价等方面^[3-9]。目前,关于湿地生态安全的研究相对较少,还没有提出完整的湿地生态安全评价指标体系和评价模型。

我国仅扎龙湿地、洪湖湿地等开展过生态安全评价研究^[10-14]。笔者在海河流域湿地普查和重点湿地调查的基础上,以白洋淀、七里海等海河流域 10 个重要湿地为研究对象,应用 P-S-R 模型对海河流域重要湿地进行生态安全评价,为合理配置流域内湿地资源,维持湿地生态功能,确定湿地水质状况提供科学数据,并为今后湿地资源的保护、管理和可持续开发利用提供科学依据。

1 研究区域概况

随着工农业生产的发展和城市建设的扩大,大量未经处理的“三废”、生活污水和化肥、农药等有害物质直接向湿地水体排放,严重污染河湖水体,对湿地生物多样性造成严重破坏。海河流域湿地安全状况堪忧。选取海河流域 10 个重要湿地进行评价,参加评价的重要湿地的自然状况见表 1。

表 1 海河流域重点湿地自然状况

湿地名称	地理位置	年均降雨量/mm	主要产业	供水来源
野鸭湖	北京延庆	500	旅游业	天然水、地下水
七里海	天津宁河	750	旅游、渔业	上游来水
北大港	天津滨海新区	550	供水、养殖、苇田	独流减河、引黄济津来水
大黄堡洼	天津武清	450	苇田、养殖	青龙湾河
唐海湿地	河北唐海	618.9	造纸、建材	天然降水
大浪淀	河北沧州	475.3	农业	王快水库、引黄来水
海兴湿地	河北海兴	540.2	旅游、水产养殖、盐业	漳卫新河、宣慧河来水
南大港	河北黄骅	565.8	旅游、水产养殖、芦苇生产	岳城水库、南排河来水
白洋淀	河北安新	517.8	旅游、水产畜禽、养殖	唐河、猪龙河、孝义河、府河、漕河、白沟引河等来水
衡水湖	河北衡水	518.9	农业、养殖业	引黄水量、引岳水量、引卫运河的过境洪水、湖区周边过境洪水和降水直接补入湖面的水量

2 生态安全的概念

生态安全是指一个区域生存和发展所需的生态环境处于不受或少受破坏的状态,即自然生态环境既能够满足人类的持续生存和发展的需要,又不损害自然生态环境的潜力^[15]。它包括两方面的含义:①在外界不利因素的作用下,人与自然不受损伤、侵害或威胁,人类社会的生存发展能够持续,自然生态系统能够保持健康和完整;②生态安全的实现是一个动态过程,需要通过脆弱性的不断改善,实现人与自然处于健康和有活力的客观保障条件^[16]。

所谓湿地生态安全是指维持湿地生态过程的连

续性、湿地生态系统结构的稳定性和湿地生态系统功能的完整性^[17]。足够的湿地面积、多样化的湿地类型、丰富的物种、较少的人类干扰和完善的法律制度等是湿地安全的基础和湿地功能得以发挥的条件。生态安全评价是对生态系统完整性以及各种风险下维持其健康的可持续能力的识别与判断研究^[18]。

3 评价指标体系

3.1 评价指标选择的原则

为了客观、全面、科学地衡量湿地生态安全状况,在研究和确定湿地生态安全评价指标体系及其评价方法时,要遵循科学性、全面性、独立性、可行性、可操作性和可比性等原则^[10]。

3.2 评价指标的选取

根据 P-S-R 模型,结合目前国内外有关生态安全评价的各种方法^[6-7,19],按照层次分析法,将海河流域湿地生态安全评价指标体系归纳为以下 3 个层次指标结构体系:①目标层,以海河流域湿地生态安全指数 I 作为目标层,以综合表征海河流域重要湿地生态安全状况。②准则层,为实现安全评价所涉及的项目。以压力层(A_1)、状态层(A_2)、响应层(A_3)作为准则层。③指标层,由可直接度量的指标构成,包括:压力层中的人类干扰指数、区域开发指数等 4 个指标;状态层中降水量、生物多样性指数等 5 个指标;响应层中水量调度、湿地保护意识等 4 个指标。这 13 个指标构成海河流域重要湿地生态安全评价指标体系。

海河流域重要湿地生态安全评价体系见表 2。

表 2 海河流域重点湿地生态安全评价指标体系及其权重

目标层	准则层	指标层	权重
海河流域重要湿地生态安全指数	压力层(A_1)	人类干扰强度(B_1)	0.1204
		区域开发指数(B_2)	0.1204
		湿地面积退化(B_3)	0.1502
		湿地受威胁状况(B_4)	0.1804
	状态层(A_2)	降水量(B_5)	0.0382
		水资源量(B_6)	0.0761
		湿地水面面积(B_7)	0.0571
		生物多样性指数(B_8)	0.0571
		水质指数(B_9)	0.0571
	响应层(A_3)	水量调控(B_{10})	0.0239
		湿地保护意识(B_{11})	0.0476
		政策法规的贯彻力度(B_{12})	0.0357
		湿地的管理水平(B_{13})	0.0357

4 评价方法与步骤

4.1 指标权重的确定

采用特尔菲法与层次分析法相结合来确定权

重,即专家小组对海河流域重要湿地生态安全评价指标体系相互间的相对重要性进行两两互判,构建判断矩阵,计算出各评价指标的权重,若通过一致性检验,则该赋分权重相对合理,若未通过一次性检验,则需重新两两互判。计算过程如下。

a. 根据确定的指标体系及它们之间的相互关系,分别构造两两比较判断矩阵。

矩阵 1 O-A				矩阵 2 A ₁ -B				
O	A ₁	A ₂	A ₃	A ₁	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄
A ₁	1	2	4	B ₁	1	1	0.8	0.67
A ₂	0.5	1	2	B ₂	1	1	0.8	0.67
A ₃	0.25	0.5	1	B ₃	1.25	1.25	1	0.83
				B ₄	1.5	1.5	1.2	1

矩阵 3 A₂-B

A ₂	B ₅	B ₆	B ₇	B ₈	B ₉
B ₅	1	0.5	0.67	0.67	0.67
B ₆	2	1	1.33	1.33	1.33
B ₇	1.5	0.75	1	1	1
B ₈	1.5	0.75	1	1	1
B ₉	1.5	0.75	1	1	1

矩阵 4 A₃-B

A ₃	B ₁₀	B ₁₁	B ₁₂	B ₁₃
B ₁₀	1	0.5	0.67	0.67
B ₁₁	2	1	1.33	1.33
B ₁₂	1.5	0.75	1	1
B ₁₃	1.5	0.75	1	1

b. 运用 DPS v5.02 专业版计算所得的最大特征值 λ_{\max} 、层次单排序及一致性检验结果见表 3。由表 3 可知,计算所得的 C_R 均小于 0.10,通过一致性检验,计算得到的特征向量可作为权重。由此可得出指标层所有指标相对于目标层的权重(表 2)。

4.2 指标阈值的选择

由于目前我国环境标准体系不健全,笔者所采用的标准基本上都是从其他生态功能区借鉴来的,主要来源于国家、行业和地方规定的强制标准,背景或本底标准,类比标准,生态建设目标标准,专家经

验值,等等。

表 3 矩阵单排序计算结果

矩阵	特征向量	λ_{\max}	C_I	C_R
O-A	(0.5714 0.2857 0.1429) ^T	3.0013	0.0006	0.0011
A ₁ -B	(0.2107 0.2107 0.2629, 0.3157) ^T	4.0014	0.0005	0.0005
A ₂ -B	(0.1337 0.2663 0.2000, 0.2000 0.2000) ^T	5.0015	0.0004	0.0003
A ₃ -B	(0.1671 0.3329 0.2500, 0.2500) ^T	4.0012	0.0004	0.0004

4.3 湿地生态安全度的计算

按照计算得出海河流域重要湿地生态安全评价指标体系中各级指标权重,采用下列公式计算出海河流域湿地生态安全度的等级:

$$I = \sum_{i=1}^{13} W_i X_i$$

式中: W_i 为第 i 个指标在指标体系中的权重; X_i 为单因子指标的得分; i 为湿地生态安全体系中指标数。

海河流域重要湿地生态安全状况依据湿地生态安全得分划分为极度预警($0 \leq I \leq 2$)、中度预警($2 < I \leq 4$)、预警($4 < I \leq 6$)、比较安全($6 < I \leq 8$)、安全($8 < I \leq 10$)等 5 个等级。

5 海河流域重要湿地生态安全评价

运用上述的评价方法,首先对海河流域重要湿地生态安全评价指标进行两两互判,通过一致性检验后作为各指标权重,计算各湿地生态安全指数,确定湿地的生态安全状况,结果见表 4。

由表 4 可见,海河流域重要湿地生态安全状况不容乐观,参加评价的 10 个重点湿地有 9 个处于预警状态,1 个处于中度预警状态(大浪淀的生态安全指数仅为 3.8340)。参评的 10 个湿地生态安全指数由大到小依次为:大黄堡洼、唐海、七里海、衡水湖、海兴、野鸭湖、北大港、南大港、白洋淀、大浪淀。海河流域湿地整体生态安全状况有向中度预警甚至极

表 4 海河流域重要湿地生态安全评价结果

湿地名称	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	B ₇	B ₈	B ₉	B ₁₀	B ₁₁	B ₁₂	B ₁₃	生态安全指数	安全等级
野鸭湖	2	4	5	9	5	2	2	5	6	1	2	6	6	4.7308	预警
七里海	4	5	4	6	6	6	6	7	6	7	7	8	8	5.6098	预警
北大港	3	4	4	5	5	5	8	5	4	6	3	6	7	4.6388	预警
大黄堡洼	5	6	4	7	5	7	8	7	5	6	7	6	7	5.9950	预警
唐海	3	6	8	7	6	3	3	9	5	3	6	5	7	5.7627	预警
大浪淀	3	5	3	2	4	6	3	2	6	6	6	6	5	3.8340	中度预警
海兴	6	5	8	3	5	4	3	7	2	6	5	7	7	5.1250	预警
南大港	5	4	3	4	6	3	6	7	2	6	6	8	7	4.5348	预警
白洋淀	2	4	3	2	5	7	7	6	1	8	7	8	7	4.1170	预警
衡水湖	4	5	5	5	5	6	6	8	1	8	6	7	8	5.2534	预警

表5 海河流域重要湿地不同准则层贡献率

%

准则层	野鸭湖	七里海	北大港	大黄堡洼	唐海	大浪淀	海兴	南大港	白洋淀	衡水湖
压力层	65.5	49.3	50.6	53.3	61.6	46.3	59.8	49.8	37.2	52.2
状态层	22.9	31.6	33.2	31.1	24.8	32.3	23.0	29.0	37.1	28.5
响应层	11.6	19.1	16.2	15.6	13.6	21.4	17.2	21.2	25.7	19.3

度预警状态恶化的趋势,亟须加强对湿地的保护和管理。

在海河流域10个重要湿地中,压力层、状态层、响应层的指标贡献率不尽相同(表5)。

由表5可见,海河流域10个重要湿地的3个准则层中,以压力层的贡献率最高。以野鸭湖湿地为例,压力层贡献率高达65.5%;而各指标层中,压力层的湿地受威胁状况和区域开发指数指标、状态层的水资源量与生物多样性指数指标、响应层的湿地保护意识和政策法规的贯彻力度指标的贡献率相对较高。这主要是因为由于此前对湿地的重要性认识不足,湿地保护意识极其淡薄,又无正规的管理渠道,加之受经济利益驱使,对湿地资源长期过度开发,普遍存在湿地生态系统退化,生物多样性丧失,天然湿地面积急剧减少,湿地功能和效益不断下降等现象。

近年来,海河水利委员会一直把水生态环境保护与修复作为流域治理的首要目标和工作主线,开展了白洋淀、衡水湖等重点湿地生态保护与修复工作,启动“保护白洋淀行动计划”,加强七里海、衡水湖、南大港等湿地的监测、保护和相机补水输水工作,坚持力所能及地优化调度流域有限的水资源,通过补水、输水、洪水资源化等措施,力争让平原主要干涸河道保持湿润,改善部分污染严重河道的水质,努力打造“湿润海河,清洁海河”,合理配置流域内湿地资源,减少人为胁迫造成的湿地生态脆弱性,减缓湿地的退化趋势,重点加强对周边经济发展产生的污染的治理,提高资源的利用率,对海河流域湿地进行更有效的保护。

6 结 语

应用P-S-R模型,从压力、状态、响应3个方面构建海河流域重点湿地生态安全评价的指标体系。以生态安全理论为基础,对海河流域内10个重要湿地进行生态安全评价,得出海河流域重要湿地生态安全状况不容乐观的结论,10个重点湿地中9个处于预警状态,1个处于中度预警状态。因此,为进一步促进海河流域湿地的健康、持续发展,必须重视海河流域湿地生态安全建设,改善在其开发利用过程中存在的不合理状况,制止或控制建设性的破坏,增强生态安全意识,做好环境的生态监测和生态恢复,建立健全生态安全预警系统。

参考文献:

- [1] 崔文彦,罗阳,王迎,等.海河流域湿地生态服务价值评价及对策研究[J].海河水利,2007(7):13-16.
- [2] 张韶季,王洪翠,崔文彦.海河流域湿地状况及生态环境保护对策[C]//2010中国环境科学学会学术年会论文集.第1卷.北京:中国环境科学学会,2010.
- [3] 吴国庆.区域农业可持续发展的生态安全及其评价探析[J].生态经济,2001(8):22-25.
- [4] 刘勇,刘兆友,徐萍.区域土地资源生态安全评价[J].资源科学,2004,26(3):69-75.
- [5] 徐海根,包浩生.自然保护区生态安全设计的方法研究应用[J].生态学报,2004,15(7):1266-1270.
- [6] 谢花林,李波.城市生态安全评价指标体系与评价方法研究[J].北京师范大学学报:自然科学版,2004,40(5):705-710.
- [7] 董雪旺.游地生态安全评价研究:以五大连池风景名胜區为例[J].哈尔滨师范大学学报:自然科学版,2003(6):100-105.
- [8] 董雪旺.镜泊湖风景名胜区生态安全评价研究[J].国土与自然资源研究,2004(2):74-76.
- [9] 王洪翠,吴承祯,洪伟,等.P-S-R指标体系模型在武夷山风景区生态安全评价中的应用[J].安全与环境学报,2006,6(3):123-126.
- [10] 杨时民,李玉文,吕玉哲.扎龙湿地生态安全评价指标体系研究[J].林业科学,2006,42(5):127-132.
- [11] 王茜,吴胜军,肖飞.洪湖湿地生态系统稳定性评价研究[J].中国生态农业学报,2005,13(5):178-180.
- [12] 苗承玉,马晓男,曹光兰,等.图们江下游敬信湿地生态安全评价研究[J].延边大学学报:自然科学版,2011,37(2):184-188.
- [13] 王宏昌,魏晶,姜萍,等.辽西大凌河流域生态安全评价[J].应用生态学报,2006,17(12):2426-2430.
- [14] 黄妮,刘殿伟,王宗明,等.辽河中下游流域生态安全评价[J].资源科学,2008,30(8):1243-1250.
- [15] ROGERS K S. Ecological security and multinational corporations[EB/OL].[2005-12-07].http://ecsp.su.edu/ecsp/lib.nsf/.
- [16] 崔胜辉,洪华生,黄云凤,等.生态安全研究进展[J].生态学报,2005,25(4):861-868.
- [17] 王朝科.湿地生态安全评价刍议[J].科技情报开发与经济,2003,13(6):114-115.
- [18] 王根绪,程国栋,钱鞠.生态安全评价研究中的若干问题[J].应用生态学报,2003,14(9):1551-1556.
- [19] 左伟,王桥,王文杰,等.区域生态安全评价指标与标准研究[J].地理学与国土研究,2002,18(1):67-71.

(收稿日期:2012-01-03 编辑:徐娟)