

敦煌西湖湿地鸟类栖息地重要性模糊综合评判

邱观华¹, 李 飞¹, 雷 霆¹, 崔国发^{1,*}, 吴三雄², 孙志成²

(1. 北京林业大学自然保护区学院, 北京 100083; 2. 甘肃敦煌西湖国家级自然保护区管理局, 敦煌 736200)

摘要:根据 2007 ~ 2008 年在甘肃敦煌西湖国家级自然保护区进行的湿地鸟类调查种类和数量数据, 运用模糊综合评判法对保护区内的 8 块湿地进行了湿地鸟类栖息地重要性评价。评判中隶属度的确定采用最佳因子值法, 并分春、秋两种最佳因子值进行评判。结果表明: (1) 春季各湿地均比秋季的重要性程度高, 春季是管理的重点; (2) 春秋两季南湖湿地重要性 (0.938 和 0.966) 都要远大于其它的湿地。春季盐池湾、羊水海子、南大湖的结果较相近, 重要性程度次之, 可持有相同程度的管理水平。党河水库、墩子湾、马圈湾、南园湖的重要性程度较低, 只需一般水平的管理; (3) 秋季各湿地水平除了南湖外普遍较低, 羊水海子和盐池湾的重要性 (0.340 和 0.269) 相对较高些, 但也只需一般水平的管理。

关键词:模糊综合评判法; 湿地; 鸟类; 栖息地; 敦煌

文章编号: 1000-0933(2009)07-3485-08 中图分类号: Q 958.15 + 5; X 821.021 文献标识码: A

The application of fuzzy synthetic method to importance assessment of the wetland bird Habitats in Dunhuang West Lake National Nature Reserve

QIU Guan-Hua¹, LI Fei¹, LEI Ting¹, CUI Guo-Fa^{1,*}, WU San-Xiong², SUN Zhi-Cheng²

1 College of Nature Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China

2 Administer Office of Dunhuang West Lake National Nature Reserve of Gansu Province, Dunhuang 736200, China

Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(7): 3485 ~ 3492.

Abstract: Based on the data of species and population we got from the research of wetland birds in Dunhuang West Lake National Nature Reserve of Gansu Province from 2007 to 2008, this article aimed to assess the importance of the wetland bird habitat using fuzzy synthetic method in 8 wetlands in the nature reserve. The fuzzy membership function value was measured by the best value of factors. We dealt with the data in two values, one was the maximum of spring data, the other was the maximum of autumn data. We got the results as follows: (1) The wetland bird habitat was more important in spring than that in autumn in all 8 wetlands, so spring is a key period to the management of the habitat. (2) The Nanhu wetland was the most important habitat of all both in spring and autumn, it was 0.938 and 0.966. In spring, for other wetlands like Yanchi Sinus, Yangshui Lake, Nanda Lake, the results were similar, positioned in the second most important habitats where equal attentions are required for management. Other wetlands like Danghe Reservoir, Dunzi Sinus, Majuan Sinus, Nanyuan Lake, which were less important, only routine management is required. (3) In autumn, the habitats in all wetlands were generally less important except that in Nanhu wetland. Although the habitats in Yangshui Lake, Yanchi Sinus had relatively higher importance of 0.340 and 0.269, routine management is enough.

Key Words: fuzzy synthetic method; wetland; birds; habitat; Dunhuang

确定优先保护序是物种多样性保护实践的现实要求和有效策略, 包括确定优先保护物种^[1]和确定优先保护地^[2]的研究。从不同层次^[3~5]上确定优先保护地已成为一种趋势。保护区作为就地保护的最有效手段,

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划资助项目 (2008BADB0B01)

收稿日期: 2009-03-01; 修订日期: 2009-04-08

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: fa6716@263.net

确定其内部的优先保护地非常重要。

栖息地重要性评价即为保护区优先保护地的确定。过去,以湿地鸟类群落为对象进行评价的研究甚少,张淑萍等曾用模糊综合评判法对天津地区 5 处水鸟栖息地的重要性进行了评价^[6],取得了较好结果。模糊综合评判法在工程、气象、地质、经济、环境评价、林学等多领域都已得到广泛运用,实践效果较好^[7~22]。因此,本文拟根据 2007~2008 年在敦煌西湖保护区内的鸟类调查数据,用模糊综合评判法进行湿地重要性评价,确定各湿地的优先保护序。

1 研究区域概况^[23]

敦煌西湖国家级自然保护区地处甘肃省河西走廊最西端,位于敦煌城西 120km 处,西接库姆塔格大沙漠,南与阿克赛哈萨克族自治县相邻,北与新疆维吾尔自治区接壤,地理位置介于东经 92°45′~93°50′,北纬 39°45′~40°36′。包括的主要地理范围有湾腰墩、小马迷兔、火烧湖、羊水海子、盐池湾、后坑等湿地,最高海拔 2358.9m,最低海拔 820m。保护区总面积 66 万 hm^2 ,湿地总面积 11.35 万 hm^2 ,其中芦苇沼泽 3.84 万 hm^2 。保护区深居内陆,气候干燥,干燥度 >16,年均气温 9.3℃,风速 1.9m/s,8 级以上大风日数 7.8d,降雨量 39.9mm,蒸发量 2486mm,蒸发量是降雨量的 60 多倍,属暖温带荒漠气候类型区。

敦煌西湖保护区为典型的内陆湿地类型保护区。境内多为戈壁和沙漠,众多湿地呈斑块状散布其间。这些湿地成为了西北鸟类迁徙的重要中转站。评判所选取的湿地共有 8 块。其中,南湖和党河水库为人工湿地,常年有水。其余 6 块为季节性沼泽或湖泊,春秋两季有水,4 月水面积最大。除了党河水库外其余湿地均以芦苇为主要植被类型。湿地之间多相隔较远,且路况极差,给调查研究和保护站的生活供应带来了诸多的不便。

2 研究方法

2007 年春季至 2008 年春季,首次对保护区内的 16 块湿地进行了鸟类种类和数量调查,共观察到湿地鸟类 96 种,其中春季 70 种,3579 只;夏季 25 种,271 只;秋季 65 种,1174 只。只选取数据较齐全的 8 块湿地分春秋两季进行模糊综合评判,以满足不同季节的管理要求。主要选择湿地鸟类这一综合指标进行评判。依据模糊数学中的隶属函数原理,采用最佳因子值法确定各因子的隶属度,再与各因子的权重进行合成运算,得出每一块湿地各因子的综合比较值,以此值对各湿地的重要性进行排序。

2.1 评判模型

2.1.1 确定评判对象集

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_s\}$$

春秋两季均选择以下 8 处湿地构成对象集:

$$X = \{\text{党河水库, 南湖, 盐池湾, 墩子湾, 羊水海子, 马圈湾, 南大湖, 南园湖}\}$$

2.1.2 确定评判因子集

$$U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$$

水鸟群落的种类数、个体数、生态类群和保护物种能很好地反映湿地的环境容量、生境多样性以及保护价值^[6],因此取一级评判因子集:

$$U' = \{C, SH, Y, O\}$$

式中, C 为群落中保护物种种类和数量的综合因子(种类、数量均按换算后的国家 II 级物种计算,1 个国家 I 级物种按 2 个 II 级保护物种计算); SH 为群落中涉禽种类和数量的综合因子; Y 为群落中游禽种类和数量的综合因子; O 为湿地中其它生态类群鸟类种类和数量的综合因子。每个综合因子再细分为种类数和个体数两个次级因子,构成二级评判因子集(下标 t 表示种类数,下标 n 表示个体数):

$$U'' = \{C_t, C_n, Sh_t, Sh_n, Y_t, Y_n, O_t, O_n\}$$

2.1.3 确定评语集

评语集更多的是一种人为的主观划分,对湿地的重要性评价只需要通过各块湿地间共同因子的综合比较得出排序结果即可。因此,这里只确定评判的值域为 $[0, 1]$,而不给出多级评语等级。

2.1.4 构建判断矩阵

分别建立各指标的隶属函数,用隶属度构造模糊评判矩阵:

$$R = (r_{ij})_{n \times s} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ r_{s1} & r_{s2} & \cdots & r_{sn} \end{bmatrix} \quad i = 1, 2, \cdots, n; j = 1, 2, \cdots, s$$

(1) 建立隶属函数

模糊综合评判法在野生动物研究的应用中曾用因子最佳值^[24]作为标准,确定最佳因子值为1,研究对象的因子实测值与该因子最佳值的接近程度规定为各因子的隶属度。对保护区内的湿地进行重要性排序是评判对象各因子间的综合比较,因此最佳因子值选用每个因子的实测最大值作为比较标准,规定隶属度为1。各因子使用以下统一的隶属函数:

$$R_{(U)} = \begin{cases} 1 & U_i = U_{\max} \\ U_i / U_{\max} & U_i < U_{\max} \end{cases}$$

其中,函数 U_i 表示各因子春季或秋季的实测值, $U_{\max}$ 表示各因子春季或秋季最大实测值。本文所采用的实测数据为保护区内8处湿地春秋两季的鸟类种类和数量的统计数据。

(2) 最佳值处理

对最佳因子值的选取作两种处理:一种是春秋两季数据分开评判,最佳值取两组,一组为春季各因子最大实测值(春季最佳值),一组为秋季各因子最大实测值(秋季最佳值);另一种是春秋两季数据合在一起评判,最佳值取各因子春季或秋季实测值中最大者(因为春季各因子实测最大值都比秋季的大,所以最佳值取春季最佳值)。

2.1.5 确立权重

$$A = \{a_1, a_2, \cdots, a_n\}$$

依据阎传海的权重方法^[25],对4个评价因子逐项就任意两个评价因子对栖息地的影响大小进行比较,重要程度远大于另一个因子时,给3分;相对重要者给2分;不重要者给1分。每一评价因子得分之和与各评价因子得分之和的比值即为该评价因子的权重。保护物种的濒危状况最能反映湿地的保护价值,因此重要性列为最高;生态类群的划分能很好的反映湿地质量变化的特点。水量的减少意味着湿地将逐步退化。游禽要求一定的水深,涉禽次之,其它类群鸟类对水的依赖相对较弱。游禽的多样性高说明了水量的充足,也即体现着湿地的质量较高。因此确定重要性排序为 $C > Y > SH > O$ 。权重确定结果如表1所示。

表1 一级因子权重值
Table 1 Weighted value of the first grade factors

一级因子 The first grade factors	Y	SH	C	O	总分 Total	权重值 Weighted value
Y	—	2	1	2	5	0.2381
SH	1	—	1	2	4	0.1905
C	3	3	—	3	9	0.4286
O	1	1	1	—	3	0.1429

根据物种多样性的原则^[6]规定种类数的权重值为0.6,个体数的权重值为0.4,因此各二级因子的权重值用以下公式类推: $C_t = 0.6C$, $C_n = 0.4C$,结果见表2。

表2 二级因子权重值
Table 2 Weighted value of the hypo-grade factors

二级因子 The hypo-grade factors	C_t	C_n	Sh_t	Sh_n	Y_t	Y_n	O_t	O_n
权重值 Weighted value	0.257	0.171	0.114	0.076	0.143	0.095	0.086	0.057

用权向量表示为: $A = (0.257, 0.171, 0.114, 0.076, 0.143, 0.095, 0.086, 0.057)$ 。

2.1.6 评判结果运算

用评判矩阵与权重的合成运算 $B = A \circ R$ 来确定。因为要综合考虑各因子对于湿地评判的重要性, 因此合成算子“ $\circ$ ”取 $(\times, +)$ 。

3 结果与分析

3.1 实测因子值统计

8 处湿地春秋两季的鸟类种类和数量的原始统计数据如表 3 和表 4 所示。

表 3 春季调查原始数据统计表

Table 3 Original research statistics of spring

调查地点 Habitats	因子和原始统计数据 Factors and original statistics											
	F_{tI}	F_{nI}	F_{tII}	F_{nII}	C_t	C_n	Sh_t	Sh_n	Y_t	Y_n	O_t	O_n
党河水库 Danghe Reservoir	1	1	0	0	2	2	5	10	6	20	0	0
南湖 Nanhu	0	0	3	60	3	60	17	200	21	750	10	234
盐池湾 Yanchi Sinus	0	0	2	2	2	2	7	437	12	127	13	57
墩子湾 Dunzi Sinus	0	0	1	1	1	1	2	10	13	190	3	7
羊水海子 Yangshui Lake	0	0	2	2	2	2	6	118	17	423	5	8
马圈湾 Majuan Sinus	0	0	1	1	1	1	1	4	6	16	1	1
南大湖 Nanda Lake	0	0	2	5	2	5	6	60	15	160	4	21
南园湖 Nanyuan Lake	0	0	0	0	0	0	5	19	7	33	2	3

F_{tI} 、 F_{nI} : I 级保护种数和个体数; F_{tII} 、 F_{nII} : II 级保护种数和个体数; 下同 F_{tI} 、 F_{nI} : I grade protected species numbers and its population; F_{tII} 、 F_{nII} : II grade protected species numbers and its population, the same below

表 4 秋季调查原始数据统计表

Table 4 Original research statistics of autumn

调查地点 Habitats	因子和原始统计数据 Factors and original statistics											
	F_{tI}	F_{nI}	F_{tII}	F_{nII}	C_t	C_n	Sh_t	Sh_n	Y_t	Y_n	O_t	O_n
党河水库 Danghe Reservoir	0	0	0	0	0	0	1	14	10	89	1	2
南湖 Nanhu	0	0	3	7	3	7	11	92	17	527	9	49
盐池湾 Yanchi Sinus	0	0	2	2	2	2	2	6	3	17	6	62
墩子湾 Dunzi Sinus	0	0	1	1	1	1	1	4	0	0	5	20
羊水海子 Yangshui Lake	0	0	2	2	2	2	3	27	6	51	12	48
马圈湾 Majuan Sinus	0	0	1	1	1	1	0	0	1	2	2	2
南大湖 Nanda Lake	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	3	28
南园湖 Nanyuan Lake	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	17

3.2 隶属度

根据第一种最佳值处理, 可得春秋两季的隶属度结果如表 5 和表 6 所示; 根据第二种最佳值处理, 可得春秋两季的隶属度结果如表 5 和表 7 (表 5 结果不变) 所示。

表 5 春季评判各二级因子隶属度 (春季最佳值)

Table 5 Fuzzy membership function value of the hypo-grade factors in spring assessment (by the maximum of spring data)

调查地点 Habitats	因子和隶属度 factors and fuzzy membership function value							
	C_t	C_n	Sh_t	Sh_n	Y_t	Y_n	O_t	O_n
党河水库 Danghe Reservoir	0.667	0.033	0.294	0.023	0.286	0.027	0.000	0.000
南湖 Nanhu	1.000	1.000	1.000	0.458	1.000	1.000	0.769	1.000
盐池湾 Yanchi Sinus	0.667	0.033	0.412	1.000	0.571	0.169	1.000	0.244
墩子湾 Dunzi Sinus	0.333	0.017	0.118	0.023	0.619	0.253	0.231	0.030
羊水海子 Yangshui Lake	0.667	0.033	0.353	0.270	0.810	0.564	0.385	0.034
马圈湾 Majuan Sinus	0.333	0.017	0.059	0.009	0.286	0.021	0.077	0.004
南大湖 Nanda Lake	0.667	0.083	0.353	0.137	0.714	0.213	0.308	0.090
南园湖 Nanyuan Lake	0.000	0.000	0.294	0.043	0.333	0.044	0.154	0.013

表 6 秋季评判各二级因子隶属度(秋季最佳值)

Table 6 Fuzzy membership function value of the hypo-grade factors in autumn assessment (by the maximum of autumn data)

调查地点 Habitats	因子和隶属度 Factors and fuzzy membership function value							
	C_t	C_n	Sh_t	Sh_n	Y_t	Y_n	O_t	O_n
党河水库 Danghe Reservoir	0.000	0.000	0.091	0.152	0.588	0.169	0.083	0.032
南湖 Nanhu	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.750	0.790
盐池湾 Yanchi Sinus	0.667	0.286	0.182	0.065	0.176	0.032	0.500	1.000
墩子湾 Dunzi Sinus	0.333	0.143	0.091	0.043	0.000	0.000	0.417	0.323
羊水海子 Yangshui Lake	0.667	0.286	0.273	0.293	0.353	0.097	1.000	0.774
马圈湾 Majuan Sinus	0.333	0.143	0.000	0.000	0.059	0.004	0.167	0.032
南大湖 Nanda Lake	0.333	0.143	0.000	0.000	0.000	0.000	0.250	0.452
南园湖 Nanyuan Lake	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.333	0.274

表 7 秋季评判各二级因子隶属度(春季最佳值)

Table 7 Fuzzy membership function value of the hypo-grade factors in autumn assessment (by the maximum of spring data)

调查地点 Habitats	因子和隶属度 Factors and fuzzy membership function value							
	C_t	C_n	Sh_t	Sh_n	Y_t	Y_n	O_t	O_n
党河水库 Danghe Reservoir	0.000	0.000	0.059	0.032	0.476	0.119	0.077	0.009
南湖 Nanhu	1.000	0.117	0.647	0.211	0.810	0.703	0.692	0.209
盐池湾 Yanchi Sinus	0.667	0.033	0.118	0.014	0.143	0.023	0.462	0.265
墩子湾 Dunzi Sinus	0.333	0.017	0.059	0.009	0.000	0.000	0.385	0.085
羊水海子 Yangshui Lake	0.667	0.033	0.176	0.062	0.286	0.068	0.923	0.205
马圈湾 Majuan Sinus	0.333	0.017	0.000	0.000	0.048	0.003	0.154	0.009
南大湖 Nanda Lake	0.333	0.017	0.000	0.000	0.000	0.000	0.231	0.120
南园湖 Nanyuan Lake	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.308	0.073

3.3 评判结果与分析

经过合成运算,可得(两种最佳值)春季的评判结果:

$$B' = A \circ R' = (a_1, a_2, \dots, a_n) \circ \begin{bmatrix} r'_{11} & r'_{12} & \cdots & r'_{1n} \\ r'_{21} & r'_{22} & \cdots & r'_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ r'_{s1} & r'_{s2} & \cdots & r'_{sn} \end{bmatrix} = (0.257, 0.171, 0.114, 0.076, 0.143,$$

$$0.095, 0.086, 0.057) \circ \begin{bmatrix} 0.667 & 0.033 & 0.294 & 0.023 & 0.286 & 0.027 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0.458 & 1 & 1 & 0.769 & 1 \\ 0.667 & 0.033 & 0.412 & 1 & 0.571 & 0.169 & 1 & 0.244 \\ 0.333 & 0.017 & 0.118 & 0.023 & 0.619 & 0.253 & 0.231 & 0.030 \\ 0.667 & 0.033 & 0.353 & 0.270 & 0.810 & 0.564 & 0.385 & 0.034 \\ 0.333 & 0.017 & 0.059 & 0.009 & 0.286 & 0.021 & 0.077 & 0.004 \\ 0.067 & 0.083 & 0.353 & 0.137 & 0.714 & 0.213 & 0.308 & 0.090 \\ 0 & 0 & 0.294 & 0.043 & 0.333 & 0.044 & 0.154 & 0.013 \end{bmatrix}$$

$$B' = (0.256, 0.938, 0.498, 0.238, 0.442, 0.146, 0.39, 0.103)$$

同理可得(秋季最佳值)秋季评判结果:

$$B'' = (0.131, 0.966, 0.374, 0.178, 0.463, 0.135, 0.157, 0.044)$$

以及(春季最佳值)秋季评判结果:

$$B''' = (0.096, 0.621, 0.269, 0.134, 0.340, 0.109, 0.115, 0.031)。$$

由此得出 8 处湿地春秋两季(两种最佳值处理)的排序结果(表 8)。

表 8 春秋两季各湿地重要性评判结果和排序
Table 8 Ranking results by importance assessment of different habitats in spring and autumn

评判结果 Ranking results	党河水库 Danghe Reservoir	南湖 South Lake	盐池湾 Yanchi Sinus	墩子湾 Dunzi Sinus	羊水海子 Yangshui Lake	马圈湾 Majuan Sinus	南大湖 Nanda Lake	南园湖 Nanyuan Lake
(B')春季结果 Results by the maxmum of spring data(B')	0.256	0.938	0.498	0.238	0.442	0.146	0.39	0.103
(B')春季排序 Ranking by the maxmum of spring data(B')	5	1	2	6	3	7	4	8
(B'')秋季结果 Results by the maxmum of autumn data(B'')	0.131	0.966	0.374	0.178	0.463	0.135	0.157	0.044
(B'')秋季排序 Ranking by the maxmum of autumn data(B'')	7	1	3	4	2	6	5	8
(B''')秋季结果 Results by the maxmum of spring data(B''')	0.093	0.621	0.269	0.134	0.340	0.109	0.115	0.031
(B''')秋季排序 Ranking by the maxmum of spring data(B''')	7	1	3	4	2	6	5	8

从本文的评判结果 B' 和 B''' 来看,春季各湿地均比秋季的重要性程度高,因此春季是管理的重点,整体投入的管理水平应比秋季高。

春秋两季南湖湿地无论是在种类的多样性还是物种的濒危保护价值方面,其重要性(0.938 和 0.966)都要远大于其它的湿地。南湖全年有水,鱼类等食物资源较丰富,鸟类多样性高,应该全年都给予重点管理。

春季盐池湾、羊水海子、南大湖的结果较相近,重要性程度次之,可持有相同程度的管理水平;党河水库、墩子湾、马圈湾、南园湖的重要性程度较低,只需一般水平的管理即可。

秋季各湿地水平除了南湖外普遍较低,羊水海子和盐池湾的重要性(0.340 和 0.269)相对较高些,但也只需一般水平的管理。

B'' 和 B''' 所得的排序结果虽然是相同的,但是 B'' 的结果更能真实地反映秋季各湿地之间的重要性差别,所以对最佳因子值所做的处理能得出更细致的评判结果。

4 讨论

关于如何确定最佳因子值,张淑萍等^[6]在天津的鸟区重要性评判中依据的是国际湿地公约重要鸟区评定标准及专家的意见。该标准确立的因子数量级都比较大,如游禽个体数的最佳值为 10000 只,而保护区所有湿地春季的总个体数只有 3579 只,个体数最多的南湖湿地也才 1182 只,隶属度为 0.118。从敦煌西湖目前的鸟类状况来看,如果也依据该标准,则得出来的各湿地隶属度值都很低,按照该文中评语集则均属于“差”(区间为 0~0.25)的等级,且各数值之间都比较接近,无法达到评判的目标。此外,甘肃的重要鸟区还未评定,缺乏鸟类数据资料,也无据可依。因此,鉴于对这 8 处湿地的重要性评判只是基于对保护区内部区域进行管理的目的,而非与外部区域进行比较,本文的最佳因子值取这 8 处湿地中各因子的实测最大值作为最佳标准,这样进行的比较能真正反映出各湿地之间的重要性差别。

本文对最佳因子值做的两种处理,是为了得到两种评判结果,前一种是得出同一季节不同湿地的重要性程度,后一种是得出不同季节各湿地的重要性程度。前一种结果有利于管理者在每个季节对不同湿地的管理有所侧重,后一种结果有利于就不同季节的管理有所侧重。

总体来说,评判的结果与实际调查的其它情况比较相符:南湖的水域面积、水深、水量状况、持水时间、食物资源等状况都较其它湿地有较大的优越性;而盐池湾、羊水海子、南大湖的水资源、植被等综合状况属次优越水平;党河水库虽常年有水,但是几乎无植被生长,鸟类食物资源也较少,因此重要性程度较低;墩子湾现还有放牧干扰,且和马圈湾、南园湖一样水量状况不佳,湿地处于退化的阶段。

由以上结果可见,模糊综合评判法在本案例中取得了较为满意的评价结果。用湿地鸟类作为综合指标进行评判,只需要鸟类种类和数量的调查数据即可,在指标选取和数据处理上大大简化了评判的过程,可以尝试作为一种简便可行的方法给予应用。此外,对于湿地的优先保护不仅要求确立保护的先后顺序,更重要的是确定物力与人力投入的水平。本案例的两种评判结果有利于在不同季节采取不同的优先保护策略,这样能更充分的对目前有限的资源进行合理配置,达到优化管理的目标。

References:

- [1] Cui G F, Cheng K W, Lu D Z, Wang J Z, Li J Q. Evaluation on threatened situation and protection classes of vegetation in Beijing labagoumen reserve. *Journal of Beijing Forestry University*, 2000, 22(4): 8—13.
- [2] Ren G P, He Y H, Zhu J G. Setting Priorities for Conservation in Northwest Yunnan, China: A Species-based Fauna Evaluation Method. In: Biodiversity Committee et, eds. *Biodiversity Conservation and Regional Sustainable Development in China — Proceedings of the Sixth National Symposium on the Conservation and Sustainable Use of Biodiversity in China*. Beijing: Meteorology Publishing House, 2005. 17—27.
- [3] Zhao S Q, Fang J Y, Lei G C. Global 200: an Approach to Setting Large-scale Biodiversity Conservation. *Chinese Biodeversity*, 2000, 8(4): 435—440.
- [4] Jing L Y. A Evaluation System on Conservation Priority of Nature Reserve Compartment. *Gansu Science and Technology*, 2008, 24(11): 150—152.
- [5] Chen X Y, Li Y Y, Lu H P. Identification of Geographic Priority for Biodiversity Conservation. In: Biodiversity Committee et, eds. *Biodiversity Conservation and Regional Sustainable Development in China — Proceedings of the Fourth National Symposium on the Conservation and Sustainable Use of Biodiversity in China*. Beijing: Beijing Forestry Press, 2002. 28—36.
- [6] Zhang S P, Zhang Z W, Qin X Y. The application of fuzzy synthetic method to the evaluation of the waterbird habitat conservation grade. *Journal of Beijing Normal University (Natural Science)*, 2003, 39(5): 677—682.
- [7] Cao H X, Chen G X eds. *Fuzzy Set Method and Its Application in Meteorology*. Beijing: Meteorology Publishing House, 1988.
- [8] Chen S L, Li J G, Wang X G eds. *Fuzzy Set Theory and Its Application*. Beijing: Science Publishing House, 2005.
- [9] Feng B C ed. *Fuzzy Mathematics Utility Collection*. Beijing: China Building Industry Press, 1991.
- [10] Feng D Y ed. *Fuzzy Mathematics Method and Its Application* Beijing: Earthquake Publishing House, 1983.
- [11] Geng C R, *et al.* eds. *Fuzzy Set Theory, Management and Decision-making*. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 1988.
- [12] He Z X. *Fuzzy Mathematics and its Application*. Tianjing: Tianjing Science and Technology Press, 1983.
- [13] Hu B Q ed. *Fundamental Fuzzy Theory*. Wuhan: Wuhan University Press, 2004.
- [14] Huang H Z ed. *Fuzzy Design*. Beijing: Publishing House of Machine Industry, 1999.
- [15] Jin L ed. *Practical Fuzzy Mathematics*. Beijing: Technology & literature Press, 1989.
- [16] Li S Y ed. *Fuzzy Mathematics and its Application in Engineering*. Heilongjiang: Harbin Institute of Technology Press, 2004.
- [17] Peng Z Z, Sun Y Y eds. *Fuzzy Mathematics and its Application*. Wuhan: Wuhan University Press, 2002.
- [18] Wang P Z, Han L Y eds. *Applied Fuzzy Mathematics*. Beijing: Beijing Economy Institute Press, 1989.
- [19] Wang P Z ed. *Fuzzy Set Theory and its Application*. Shanghai: Shanghai Technology and Science Publishing House, 1983.
- [20] Wang F ed. *Fuzzy Mathematics and Engineering Science*. Harbin: Harbin Institute of Shipping Engineering Press, 1988.
- [21] Wu B J ed. *Fuzzy Mathematics and its Economy Analysis*. Beijing: China Standard Press, 1994.
- [22] Xie J J, Liu C P eds. *Fuzzy Mathematics Method and its Application*. Wuhan: Hua Zhong University of Science and Technology Press, 2000.
- [23] Liu M X, Yuan H F. Wetland Bio-diversity and Protection Research of Dunhuang West Lake Nature Reserve. *Arid Zone Resource and Environment*, 2007, 21(11): 75—79.
- [24] Gao Z X, ed. *Experiment and Practice Methods of Zoo-ecology*. Harbin: Northeast Forestry University Press, 1991.
- [25] Yan C H. Evaluation on Huangcangyu Nature Reserve at Xiao County of Anhui Province. *Rural Eco-Environment*, 1997, 13(4): 12—15.

参考文献:

- [1] 崔国发, 成克武, 路端正, 王建中, 李俊清. 北京喇叭沟门自然保护区植物濒危程度和保护级别研究. *北京林业大学学报*, 2000, 22

(4): 8~13.

- [2] 任国鹏, 何远辉, 朱建国. 滇西北动物保护优先地区评估——一种基于物种的快速评价体系. 见: 中国科学院生物多样性委员会等编著. 生物多样性保护与区域可持续发展——第六届全国生物多样性保护与持续利用研讨会论文集. 北京: 气象出版社, 2005. 17~27.
- [3] 赵淑清, 方精云, 雷光春. 全球 200: 确定大尺度生物多样性优先保护的一种方法. 生物多样性, 2000, 8(4): 435~440.
- [4] 景凌云. 自然保护区林班优先保护评价指标体系. 甘肃科技, 2008, 24(11): 150~152.
- [5] 陈小勇, 李媛媛, 陆慧萍. 生物多样性优先保护地确定的研究. 见: 中国科学院生物多样性委员会等编著. 生物多样性保护与区域可持续发展——第四届全国生物多样性保护与持续利用研讨会论文集. 北京: 中国林业出版社, 2002. 28~36.
- [6] 张淑萍, 张正旺, 覃筱燕. 模糊综合评价法在水鸟栖息地保护等级评价中的应用. 北京师范大学学报(自然科学版), 2003, 39(5): 677~682.
- [7] 曹鸿兴, 陈国范编著. 模糊集方法及其在气象中的应用. 北京: 气象出版社, 1988.
- [8] 陈水利, 李敬功, 王向公编著. 模糊集理论及其应用. 北京: 科学出版社, 2005.
- [9] 冯保成编. 模糊数学实用集粹. 北京: 中国建筑工业出版社, 1991.
- [10] 冯德益编著. 模糊数学方法与应用. 北京: 地震出版社, 1983.
- [11] 耿春仁等编. 模糊集论与管理决策. 北京: 电子工业出版社, 1988.
- [12] 贺仲雄编. 模糊数学及其应用. 天津: 天津科学技术出版社, 1983.
- [13] 胡宝清编著. 模糊理论基础. 武汉: 武汉大学出版社, 2004.
- [14] 黄洪钟编著. 模糊设计. 北京: 机械工业出版社, 1999.
- [15] 蔺垆编著. 实用模糊数学. 北京: 科学技术文献出版社, 1989.
- [16] 李士勇编著. 工程模糊数学及应用. 黑龙江: 哈尔滨工业大学出版社, 2004.
- [17] 彭祖赠, 孙韞玉编著. 模糊(Fuzzy)数学及其应用. 武汉: 武汉大学出版社, 2002.
- [18] 汪培庄, 韩立岩编著. 应用模糊数学. 北京: 北京经济学院出版社, 1989.
- [19] 汪培庄编. 模糊集合论及其应用. 上海: 上海科学技术出版社, 1983.
- [20] 王凡编著. 模糊数学与工程科学. 哈尔滨: 哈尔滨船舶工程学院出版社, 1988.
- [21] 吴秉坚编著. 模糊数学及其经济分析. 北京: 中国标准出版社, 1994.
- [22] 谢季坚, 刘承平. 模糊数学方法及其应用. 武汉: 华中科技大学出版社, 2000.
- [23] 刘曼霞, 袁海峰. 敦煌西湖自然保护区湿地生物多样性及保护对策研究. 干旱区资源与环境, 2007, 21(11): 75~79.
- [24] 高中信编著. 动物生态学实验与实习方法. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1991.
- [25] 阎传海. 安徽省萧县皇藏峪自然保护区评价研究. 农村生态环境, 1997, 13(4): 12~15.