

## 福建滨海水鸟栖息地主成分分析与评价

汪 荣

(福建省林业调查规划院, 福建 福州 350003)

**摘要:** 利用 2006 年福建沿海水鸟调查数据, 提取游禽、涉禽、珍稀物种种类与数量及达到国际重要湿地标准的物种数量共 7 个指标, 采用主成分分析法对福建滨海 21 个水鸟栖息地进行综合评价。结果表明: 兴化湾得分最高 (5.171), 21 个湿地得分从高到低排序分别为兴化湾、闽江河口、泉州湾、福清湾、湄洲湾、厦门沿海、三都湾、福宁湾、东山湾、九龙江口、罗源湾、平海湾、沙埕港、浮头湾、诏安湾、围头湾、深沪湾、晴川湾、玉埕鱼塘、文武砂水库、牙城湾。评估结论对于确定福建滨海湿地保护优先顺序具有一定参考价值, 兴化湾、闽江河口、福清湾等重要湿地应加强保护力度。表 7 参 18

**关键词:** 动物学; 水鸟; 湿地; 栖息地; 主成分分析; 评价; 福建

中图分类号: Q958.1 文献标志码: A 文章编号: 2095-0756(2011)03-0472-07

## Principal component analysis and evaluation of waterfowl habitats along the coastline of Fujian Province

WANG Rong

(Fujian Provincial Institute of Forestry Inventory and Planning, Fuzhou 350003, Fujian, China)

**Abstract:** Seven indexes including the species and numbers of the natatorial birds, wading birds, protected birds and numbers of internationally important species were extracted from the database of waterfowls along the coastline of Fujian Province in 2006. The principal component analysis was used in the evaluation of the 21 coastal waterfowl habitats in Fujian. The results indicated that the Xinghua Bay won the highest score (5.171). The 21 wetlands were sorted as Xinghua Bay, Minjiang Estuarine, Quanzhou Bay, Fuqing Bay, Meizhou Bay, Xiamen Coastal region, Sandu Bay, Funing Bay, Dongshan Bay, Jiulongjiang Estuarine, Luoyuan Bay, Pinghai Bay, Shacheng Harbor, Futou Bay, Zhaoan Bay, Weitou Bay, Shenhu Bay, Qinchuan Bay, Yucheng Fishponds, Wenwusha Reservoir and Yacheng Bay in descending order according to the identity degree. The results were meaningful upon making the order of priority of conservation of coastal wetlands in Fujian. More and stronger protection activities should be launched in some important wetlands including Xinghua Bay, Minjiang Estuarine and Fuqing Bay. [Ch, 7 tab. 18 ref.]

**Key words:** zoology; waterfowl; wetland; habitats; principal component analysis; evaluation; Fujian

栖息地是物种赖以生存的环境, 每个物种都需要一个或一系列合适的栖息地才能生存, 才能得到生存所需要的食物和避难所<sup>[1-2]</sup>。对于鸟类而言, 栖息地质量的好坏直接影响其地理分布、物种丰富度、种群密度、繁殖育雏等<sup>[3-6]</sup>。因此, 开展鸟类栖息地的研究与保护对于珍稀濒危鸟类保护至关重要。水鸟是湿地生态系统重要的组成部分, 在湿地生态系统的能量流动和维持生态系统稳定性等方面起着举足轻重的作用<sup>[7]</sup>。保护水鸟对于维护湿地生物多样性和生态系统稳定性具有重要意义, 其首要任务是要保护其赖以生存的栖息地——湿地。对于一个国家或地区而言, 由于社会资源和资金限制, 不可能对所有的湿地进行全面保护。因此, 确立湿地保护优先顺序显得尤为重要。鸟类在物种、群落等不同层次都可

收稿日期: 2010-09-18; 修回日期: 2010-12-03

作者简介: 汪荣, 工程师, 从事野生动植物与湿地资源监测研究。E-mail: ahwangrong@126.com

以用于湿地生态系统的监测与评价<sup>[8]</sup>。笔者根据福建滨海湿地水鸟种类和数量,对 21 个重要滨海水鸟栖息地重要性进行综合评价,由此确立优先保护次序,为福建滨海湿地保护提供科学依据。

## 1 研究区概况

福建省位于中国东南沿海,地处 23°31' ~ 28°19'N, 115°50' ~ 120°44'E,面积为 12.14 万 km<sup>2</sup>,海岸线长度达 3 324 km,拥有 1.30 万 km<sup>2</sup>的潮间带滩涂<sup>[9]</sup>。福建滨海湿地位于东亚-澳大利亚候鸟迁徙通道,是迁徙水鸟重要的越冬地和停歇地,对于全球水鸟迁徙具有重要意义。2006 年笔者调查的 21 个水鸟栖息地包括福建省的沙埕港、晴川湾、牙城湾、福宁湾、三都湾、罗源湾、闽江河口、文武砂水库、福清湾、兴化湾、平海湾、湄洲湾、玉埕鱼塘、泉州湾、深沪湾、围头湾、厦门沿海、九龙江口、浮头湾、东山湾和诏安湾(表 1)。

表 1 研究区概况

Table 1 General situation of research area

湿地名称	面积/km <sup>2</sup>	地理位置	湿地名称	面积/km <sup>2</sup>	地理位置
沙埕港	57.29	27°10'50"N, 120°23'52"E	湄洲湾	303.03	25°04'36"N, 118°57'29"E
晴川湾	13.04	27°04'30"N, 120°19'22"E	玉埕鱼塘	4.13	24°52'41"N, 118°47'49"E
牙城湾	13.38	26°58'21"N, 120°13'19"E	泉州湾	113.40	24°48'56"N, 118°38'53"E
福宁湾	139.71	26°52'07"N, 120°06'49"E	深沪湾	22.90	24°39'18"N, 118°39'19"E
三都湾	437.05	26°41'16"N, 119°41'15"E	围头湾	39.88	24°34'08"N, 118°33'37"E
罗源湾	149.07	26°24'23"N, 119°41'59"E	厦门沿海	218.97	24°27'52"N, 118°11'12"E
闽江河口	44.80	26°01'57"N, 119°38'28"E	九龙江口	43.60	24°26'13"N, 117°53'05"E
文武砂水库	6.34	25°50'47"N, 119°35'09"E	浮头湾	66.61	24°00'05"N, 117°43'35"E
福清湾	131.42	25°39'14"N, 119°29'47"E	东山湾	209.56	23°53'44"N, 117°30'56"E
兴化湾	431.09	25°25'18"N, 119°12'41"E	诏安湾	140.55	23°42'52"N, 117°18'39"E
平海湾	71.74	25°10'31"N, 119°09'25"E			

## 2 研究方法

利用 2006 年福建沿海水鸟调查数据<sup>[9]</sup>,对 21 个水鸟栖息地进行重要性评价,指标包括游禽物种数( $x_1$ ),游禽个体数( $x_2$ ),涉禽物种数( $x_3$ ),涉禽个体数( $x_4$ ),珍稀物种数( $x_5$ ),珍稀物种个体数( $x_6$ ),达到国际重要湿地标准的物种数量( $x_7$ )。珍稀物种是指国家二级保护物种(评价对象没有国家一级保护物种),达到国际重要湿地标准的物种是指水鸟数量达到该种或亚种总数量 1%以上的物种。评价对象各个指标的原始数据见表 2。

目前,用于综合评价的方法很多,如层次分析法<sup>[10]</sup>、模糊综合评判<sup>[11]</sup>、灰色关联度<sup>[12]</sup>、投影寻踪模型<sup>[13]</sup>和主成分分析法<sup>[14]</sup>等。主成分分析是设法将原来众多具有一定相关性的指标,重新组合成一组新的互相无关的综合指标,从而消除指标之间的相关性,避免信息重叠。鉴于水鸟种类和数量之间存在很大的相关性,拟采用主成分分析法对 21 个水鸟栖息地进行综合评价,其主要步骤如下<sup>[14]</sup>。

### 2.1 建立原始变量矩阵

设有  $n$  个样本,每个样本有  $p$  个指标变量,构成数据矩阵:  $X = (X_{ij})_{n \times p}$ ,其中  $i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, p$ 。 $X_{ij}$  表示第  $i$  个样本的第  $j$  项指标值。

### 2.2 原始数据的标准化处理

采用标准差标准化法,计算公式为:

$$Z_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{S_j}, \quad \bar{x}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ij}, \quad S_j^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)^2。$$

表2 水鸟栖息地指标原始数据

Table 2 Raw data of waterbird habitat

湿地名称	游禽种类	游禽个体数	涉禽种类	涉禽个体数	珍稀物种数量	珍稀物种个体数	达到国际重要湿地标准物种数量
沙埕港	11	334	8	564	0	0	0
晴川湾	3	71	8	431	0	0	0
牙城湾	4	132	3	16	0	0	0
福宁湾	5	307	13	825	2	21	2
三都湾	21	4 270	11	1 765	0	0	0
罗源湾	13	613	9	566	0	0	0
闽江河口	15	3 671	12	4 688	2	26	4
文武砂水库	5	147	3	102	0	0	0
福清湾	18	3 268	14	3 747	1	4	1
兴化湾	18	5 661	20	22 600	2	71	6
平海湾	9	123	10	2 107	0	0	0
湄洲湾	15	1 535	14	9 125	0	0	3
玉埕鱼塘	4	140	4	215	0	0	0
泉州湾	17	3 082	17	9 505	1	1	2
深沪湾	3	2 763	1	262	0	0	0
围头湾	3	232	11	3 443	0	0	0
厦门沿海	14	5 410	9	2 876	0	0	2
九龙江口	8	1 729	11	3 238	0	0	1
浮头湾	4	123	7	1 220	1	2	1
东山湾	12	2 376	13	2 000	0	0	0
诏安湾	3	1 177	10	1 666	0	0	0

### 2.3 计算标准化数据的相关系数矩阵

$$r_{jk} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n Z_{ij} \cdot Z_{ik} (i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, p)。$$

### 2.4 求相关系数矩阵 $R$ 的特征根和特征向量, 确定主成分

求相关矩阵  $R$  的特征根  $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p$ , 它是主成分的方差, 表示各个主成分在描述评价对象上所起作用的大小。根据每个特征根求出相应的特征向量,  $L_g = \lg 1, \lg 2, \dots, \lg p (g=1, 2, \dots, p)$ , 将标准化后的指标变量转换为主成分:  $F_g = \lg 1 Z_1 + \lg 2 Z_2 + \dots + \lg p Z_p (g=1, 2, \dots, p)$ 。  $F_1$  称为第一主成分,  $F_2$  称为第二主成分,  $\dots$ ,  $F_p$  称为第  $p$  主成分。

### 2.5 确定主成分个数和表达式

根据累计方差贡献率进行确定, 即按照方差占总方差的比例  $\alpha = \sum_{i=1}^p \lambda_i / \sum_{i=1}^n \lambda_i$  (通常取  $\alpha \geq 85\%$ ) 来选取,  $p$  为主成分的个数。

### 2.6 确定综合主成分模型, 计算综合主成分值进行综合评价

对每个主成分的线性加权值,  $F_g = \lg 1 Z_1 + \lg 2 Z_2 + \dots + \lg p Z_p (g=1, 2, \dots, p)$ , 再对  $p$  个主成分进行加权求和, 即得最终评价函数:

$$F = \frac{\lambda_1}{\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_p} F_1 + \frac{\lambda_2}{\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_p} F_2 + \dots + \frac{\lambda_p}{\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_p} F_p。$$

数据处理及相关计算借助 SPSS 软件实现。

### 3 结果与分析

对原始数据进行标准化处理, 结果见表 3。

表 3 标准化的水鸟栖息地指标数据

Table 3 Standardized data of waterbird habitat

湿地名称	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Z <sub>3</sub>	Z <sub>4</sub>	Z <sub>5</sub>	Z <sub>6</sub>	Z <sub>7</sub>
沙埕港	0.204 1	- 0.777 6	- 0.406 2	- 0.547 5	- 0.574 2	- 0.361 1	- 0.643 8
晴川湾	- 1.114 8	- 0.920 1	- 0.406 2	- 0.573 4	- 0.574 2	- 0.361 1	- 0.643 8
牙城湾	- 0.949 9	- 0.887 0	- 1.472 4	- 0.654 1	- 0.574 2	- 0.361 1	- 0.643 8
福宁湾	- 0.785 1	- 0.792 3	0.660 0	- 0.496 8	2.105 3	0.912 8	0.585 3
三都湾	1.852 8	1.354 2	0.233 6	- 0.313 9	- 0.574 2	- 0.361 1	- 0.643 8
罗源湾	0.533 9	- 0.626 5	- 0.192 9	- 0.547 2	- 0.574 2	- 0.361 1	- 0.643 8
闽江河口	0.863 6	1.029 8	0.446 8	0.254 6	2.105 3	1.216 1	1.814 4
文武砂水库	- 0.785 1	- 0.878 9	- 1.472 4	- 0.637 4	- 0.574 2	- 0.361 1	- 0.643 8
福清湾	1.358 2	0.811 5	0.873 3	0.071 6	0.765 6	- 0.118 4	- 0.029 3
兴化湾	1.358 2	2.107 7	2.152 8	3.738 5	2.105 3	3.945 9	3.043 6
平海湾	- 0.125 6	- 0.891 9	0.020 3	- 0.247 4	- 0.574 2	- 0.361 1	- 0.643 8
湄洲湾	0.863 6	- 0.127 1	0.873 3	1.117 6	- 0.574 2	- 0.361 1	1.199 9
玉埕鱼塘	- 0.949 9	- 0.882 7	- 1.259 2	- 0.615 4	- 0.574 2	- 0.361 1	- 0.643 8
泉州湾	1.193 3	0.710 8	1.513 0	1.191 5	0.765 6	- 0.300 4	0.585 3
深沪湾	- 1.114 8	0.538 0	- 1.898 9	- 0.606 3	- 0.574 2	- 0.361 1	- 0.643 8
围头湾	- 1.114 8	- 0.832 9	0.233 6	0.012 4	- 0.574 2	- 0.361 1	- 0.643 8
厦门沿海	0.698 7	1.971 7	- 0.192 9	- 0.097 9	- 0.574 2	- 0.361 1	0.585 3
九龙江口	- 0.290 5	- 0.022 1	0.233 6	- 0.027 4	- 0.574 2	- 0.361 1	- 0.029 3
浮头湾	- 0.949 9	- 0.891 9	- 0.619 4	- 0.419 9	0.765 6	- 0.239 8	- 0.029 3
东山湾	0.369 0	0.328 4	0.660 0	- 0.268 2	- 0.574 2	- 0.361 1	- 0.643 8
诏安湾	- 1.114 8	- 0.321 0	0.020 3	- 0.333 2	- 0.574 2	- 0.361 1	- 0.643 8

对选取的 7 个指标进行相关性分析, 得到相关系数矩阵(表 4)。结果表明涉禽个体数和珍稀物种个体数与达到国际重要湿地标准物种数量之间存在较大相关性, 同时游禽种类与游禽个体数, 涉禽种类与涉禽个体数, 珍稀物种数量与珍稀物种个体数之间也存在着一定相关性, 证明各指标之间存在信息重叠。

表 4 相关系数矩阵

Table 4 Correlation matrix

指标	游禽个体数	涉禽种类	涉禽个体数	珍稀物种数量	珍稀物种个体数	达到国际重要湿地标准物种数量
游禽种类	0.739	0.672	0.542	0.300	0.325	0.508
游禽个体数		0.506	0.597	0.356	0.491	0.616
涉禽种类			0.754	0.555	0.552	0.669
涉禽个体数				0.525	0.795	0.849
珍稀物种种类					0.770	0.765
珍稀物种个体数						0.837
达到国际重要湿地物种数量						1.000

对指标数据进行主成分分析, 结果表明前3个主成分的累计贡献率为89.271% > 85% (表5), 故提

表5 方差分解主成分提取表

Table 5 Total variance explained

因子	初始特征值			总方差解释		
	总值	方差贡献率/%	累计贡献率/%	总值	方差贡献率/%	累计贡献率/%
1	4.674	66.775	66.775	4.674	66.775	66.775
2	1.086	15.514	82.289	1.086	15.514	82.289
3	0.489	6.982	89.271	0.489	6.982	89.271
4	0.415	5.933	95.204			
5	0.151	2.158	97.362			
6	0.138	1.966	99.328			
7	0.047	0.672	100.000			

取前3个主成分, 根据初始因子载荷表(表6)和各个主成分对应的特征值, 计算各主成分表达式:  $F_1 = 0.323p_1 + 0.343p_2 + 0.382p_3 + 0.415p_4 + 0.348p_5 + 0.393p_6 + 0.430p_7$ ;  $F_2 = 0.613p_1 + 0.443p_2 + 0.155p_3 - 0.031p_4 - 0.457p_5 - 0.395p_6 - 0.193p_7$ ;  $F_3 = -0.102p_1 + 0.633p_2 - 0.722p_3 - 0.107p_4 - 0.021p_5 + 0.226p_6 + 0.133p_7$ 。

以每个主成分所对应的特征值占所提取主成分总的特征值之和的比例作为权重, 对3个主成分进行加权求和得到主成分综合模型:  $F = 0.340p_1 + 0.382p_2 + 0.256p_3 + 0.297p_4 + 0.179p_5 + 0.243p_6 + 0.298p_7$ 。

根据主成分综合模型和表3指标值计算各评价对象综合主成分值, 并对其按综合主成分值进行排序, 各湿地综合评价分值、排名以及现有保护状况见表7。

#### 4 讨论

本研究对福建滨海21个重要的水鸟栖息地进行了综合评价, 评价结果(表7)表明兴化湾得分最高(5.171), 是迁徙水鸟最为重要的停歇地和觅食地, 这里每年冬季都有大量的迁徙水鸟来此停歇觅食, 其中包括黑脸琵鹭 *Platalea minor*, 白琵鹭 *Platalea leucorodia*, 黑嘴鸥 *Larus saundersi* 等众多珍稀濒危物种。因此, 对于兴化湾, 湿地相关部门应该实施最为严格的保护措施, 在条件允许的情况下, 对于该区域应尽快升格自然保护区级别, 积极申报国际重要湿地, 努力协调好区域经济发展与自然保护的矛盾, 对于涉及到该区域的相关建设项目要严格审批, 充分考虑对水鸟栖息地的影响; 同时还应积极地实施互花米草 *Spartina alterniflora* 防控、污染源控制等一系列湿地生态环境保护恢复措施, 加强宣传教育, 提高群众保护意识, 为来此越冬的水鸟提供更好更理想的停歇地。闽江河口、泉州湾、福清湾、湄州湾等湿地也是福建滨海重要的水鸟栖息地, 对于已经成立保护区的湿地, 要严格按照保护区相关法律法规进行保护管理, 未成立保护区的湿地要尽快建立保护区或者保护小区。

水鸟作为湿地生态环境的重要指示物种, 可以快速探知湿地生态环境的变化, Ted等<sup>[15]</sup>早在1989年就提出了使用鸟类物种指数对湿地进行评价的简便方法, 并将其成功地用于美国德拉华州11块湿地的评估。Skova等<sup>[16]</sup>利用水鸟种群密度等数据分别对北海和波罗的海的滨海湿地保护价值进行了评估和排序。张淑萍等<sup>[17]</sup>, 邱观华等<sup>[18]</sup>用水鸟种类和数量作为指标, 通过模糊综合评判法分别对天津和敦煌

表6 初始因子载荷表

Table 6 Component matrix

指标	因子		
	1	2	3
游禽种类	0.698	0.639	-0.071
游禽个体数	0.742	0.462	0.435
涉禽种类	0.825	0.162	-0.505
涉禽个体数	0.898	-0.032	-0.075
珍稀物种类	0.753	-0.476	-0.015
珍稀物种个体数	0.849	-0.412	0.158
达到国际重要湿地物种数量	0.929	-0.201	0.093

表 7 评价结果

Table 7 Evaluation result

湿地名称	综合主成分	排名	保护状况
兴化湾	5.171	1	县级自然保护区
闽江河口	2.090	2	省级自然保护区
泉州湾	1.657	3	省级自然保护区
福清湾	1.116	4	县级自然保护区
湄洲湾	0.968	5	未建保护区
厦门沿海	0.896	6	国家级自然保护区
三都湾	0.731	7	市级自然保护区
福宁湾	0.225	8	县级自然保护区
东山湾	-0.042	9	国家级自然保护区
九龙江口	-0.255	10	省级自然保护区
罗源湾	-0.652	11	县级自然保护区
平海湾	-0.834	12	未建保护区
沙埕港	-0.877	13	县级自然保护区
浮头湾	-0.877	14	县级自然保护区
诏安湾	-0.978	15	县级自然保护区
围头湾	-1.016	16	县级自然保护区
深沪湾	-1.222	17	国家级自然保护区
晴川湾	-1.387	18	县级自然保护区
玉埕鱼塘	-1.548	19	未建保护区
文武砂水库	-1.551	20	县级自然保护区
牙城湾	-1.615	21	未建保护区

西湖水鸟栖息地进行重要性综合评价, 对于湿地保护管理具有重要的指导意义, 取得了较好的效果。因此, 用水鸟的物种指数进行湿地生态系统评价是可行的, 并且该方法简便快捷, 指标数据容易获得, 适合于大尺度的湿地评估。笔者采用主成分分析法对 21 个福建滨海水鸟栖息地进行综合评价, 充分考虑了水鸟种类和数量等指标之间的相关性, 评价结果更加客观, 符合实际情况。评估结果对于主管部门制定湿地保护政策, 确定湿地保护优先顺序有一定的参考价值。当然对于湿地生态系统的评价而言, 单一的水鸟指标是不够的, 水鸟与植被、水生生物、生境格局特征及受胁状况等多指标结合将会取得更好的效果。

#### 参考文献:

- [1] 张恩迪, 滕丽微, 吴咏蓓. 江苏盐城自然保护区獐栖息地的质量评价[J]. 兽类学报, 2006, **26** (4): 359 - 367.  
ZHANG Endi, TENG Liwei, WU Yongbei. Habitat suitability evaluation for the Chinese water deer (*Hydropotes inermis*) in Yancheng Nature Reserve, China [J]. *Acta Theriol Sin*, 2006, **26** (4): 359 - 367.
- [2] 周红章, 于晓东, 罗天宏, 等. 物种多样性变化格局与时空尺度[J]. 生物多样性, 2000, **8** (3): 325 - 336.  
ZHOU Hongzhang, YU Xiaodong, LUO Tianhong, *et al.* How does species diversity change? Spatio-temporal patterns and scales [J]. *Chin Biodiversity*, 2000, **8** (3): 325 - 336.
- [3] ROBIN M F, BERNARD J D, SIMON G, *et al.* Bird distributions relative to remotely sensed habitats in Great Britain: Towards a framework for national modelling [J]. *J Environ Manage*, 2007, **84** (4): 586 - 605.
- [4] MACGREGOR-FORS I. Relation between habitat attributes and bird richness in a western Mexico suburb [J]. *Landscape Urban Plan*, 2007, **84** (1): 92 - 98.

- [5] MACGREGOR-FORS I, BLANCO-GARCÍA A, LINDIG-CISNEROS R. Bird community shifts related to different forest restoration efforts: a case study from a managed habitat matrix in Mexico [J]. *Ecol Eng*, 2010, **36** (10): 1492 – 1496.
- [6] CODY M L. *Habitat Selection in Birds* [M]. London: Academic Press, 1985.
- [7] 冯宁. 陕西省水鸟种群和地理分布研究[J]. 动物分类学报, 2007, **32** (4): 831 – 834.  
FENG Ning. Study on the waterfowl population and geographical distribution in Shaanxi Province [J]. *Acta Zootaxon Sin*, 2007, **32** (4): 831 – 834.
- [8] 王强, 吕宪国. 鸟类在湿地生态系统监测与评价中的应用[J]. 湿地科学, 2007, **5** (3): 274 – 281.  
WANG Qiang, LÜ Xianguo. Application of water bird to monitor and evaluate wetland ecosystem [J]. *Wetland Sci*, 2007, **5** (3): 274 – 281.
- [9] MARK B, 余希, 曹垒, 等. 福建省沿海越冬水鸟调查报告[M]. 北京: 中国林业出版社, 2007.
- [10] 宁惠娟, 邵峰, 戴思兰, 等. 40个品种菊的切花用途评价[J]. 浙江林学院学报, 2009, **26** (3): 389 – 394.  
NING Huijuan, SHAO Feng, DAI Silan, *et al.* Application evaluation of cutting flowers of 40 chrysanthemum cultivars [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2009, **26** (3): 389 – 394.
- [11] 方统中, 杜耘, 蔡述明, 等. 模糊数学在洪湖富营养化评价中的应用[J]. 浙江林学院学报, 2008, **25** (4): 517 – 521.  
FANG Tongzhong, DU Yun, CAI Shuming, *et al.* Fuzzy mathematics for evaluation of eutrophic levels in Honghu Lake of Hubei Province [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2008, **25** (4): 517 – 521.
- [12] 蒋文伟, 俞益武, 姜培坤. 湖州主要森林类型土壤肥力的灰色关联度分析与评价[J]. 生态学杂志, 2002, **21** (4): 18 – 21.  
JIANG Wenwei, YU Yiwu, JIANG Peikun. Grey relational analysis and evaluation on main forest-soil fertility in Huzhou Region [J]. *Chin J Ecol*, 2002, **21** (4): 18 – 21.
- [13] 吴承祯, 洪伟, 洪滔. 基于改进的投影寻踪的森林生态系统生态价位分级模型[J]. 应用生态学报, 2006, **17** (3): 357 – 361.  
WU Chengzhen, HONG Wei, HONG Tao. Eco-value level classification model of forest ecosystem based on modified projection pursuit technique [J]. *Chin J Appl Ecol*, 2006, **17** (3): 357 – 361.
- [14] 王金保, 曾海燕, 朱邦辉. 主成分分析法在乐安河水质评价中的应用[J]. 中国给水排水, 2009, **25** (16): 104 – 108.  
WAN Jinbao, ZENG Haiyan, ZHU Banghui. Application of principal component analysis in evaluation of water quality of Le'an River [J]. *China Water & Wastewater*, 2009, **25** (16): 104 – 108.
- [15] TED T C, VIRGIL B, VIRGIL R H. Simplified method for wetland habitat assessment [J]. *Environ Manage*, 1989, **13** (2): 207 – 213.
- [16] SKOVA H, DURINCK J, LEOPOLD M F, *et al.* A quantitative method for evaluating the importance of marine areas for conservation of birds [J]. *Biol Conserv*, 2007, **136** (3): 362 – 371.
- [17] 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——天津地区水鸟栖息地评价案例[J]. 北京师范大学学报: 自然科学版, 2003, **39** (5): 677 – 682.  
ZHANG Shuping, ZHANG Zhengwang, QIN Xiaoyan. The application of fuzzy synthetic method to the evaluation of the waterbird habitat conservation grade: a case study of Tianjin wetland [J]. *J Beijing Norm Univ Nat Sci*, 2003, **39** (5): 677 – 682.
- [18] 邱观华, 李飞, 雷霆, 等. 敦煌西湖湿地鸟类栖息地重要性模糊综合评判[J]. 生态学报, 2009, **29** (7): 3485 – 3492.  
QIU Guanhua, LI Fei, LEI Ting, *et al.* The application of fuzzy synthetic method to importance assessment of the wetland bird habitats in Dunhuang West Lake National Nature Reserve [J]. *Acta Ecol Sin*, 2009, **29** (7): 3485 – 3492.