

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

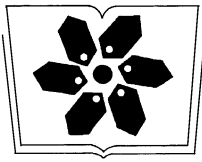
Acta Ecologica Sinica



第32卷 第12期 Vol.32 No.12 **2012**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 32 卷 第 12 期

2012 年 6 月 (半月刊)

目 次

- 河口湿地人为干扰度时空动态及景观响应——以大洋河口为例..... 孙永光,赵冬至,吴 涛,等 (3645)
- 鄱阳湖南矶湿地优势植物群落及土壤有机质和营养元素分布特征..... 张全军,于秀波,钱建鑫,等 (3656)
- 青岛市湿地生态网络评价与构建..... 傅 强,宋 军,毛 锋,等 (3670)
- 大堤型湖滨带生态系统健康状态驱动因子——以太湖为例..... 叶 春,李春华,王秋光,等 (3681)
- 绿色屋顶径流氮磷浓度分布及赋存形态..... 王书敏,何 强,张峻华,等 (3691)
- 坡度对农田土壤动物群落结构及多样性的影响..... 何先进,吴鹏飞,崔丽巍,等 (3701)
- 枣园桃蛀果蛾寄生蜂种类及其与寄主的关系..... 姚艳霞,赵文霞,常聚普,等 (3714)
- 基于逻辑斯蒂回归模型的鹭科水鸟栖息地适宜性评价..... 邹丽丽,陈晓翔,何 莹,等 (3722)
- 温度、盐度和 pH 对马氏珠母贝稚贝清滤率的联合效应 朱晓闻,王 辉,刘 进,等 (3729)
- 鸡桑药共生模式库区土壤养分变化及流失风险..... 赵丽平,杨贵明,赵同科,等 (3737)
- 黑河中游典型土地利用方式下土壤粒径分布及与有机碳的关系 张俊华,李国栋,南忠仁 (3745)
- DEM 栅格分辨率和子流域划分对杏子河流域水文模拟的影响 邱临静,郑粉莉,Yin Runsheng (3754)
- 粒度变化对城市热岛空间格局分析的影响..... 郭冠华,陈颖彪,魏建兵,等 (3764)
- 基于景观连接度的森林景观恢复研究——以巩义市为例 陈 杰,梁国付,丁圣彦 (3773)
- 城市能源利用碳足迹分析——以厦门市为例..... 林剑艺,孟凡鑫,崔胜辉,等 (3782)
- 高寒牧区村域生态足迹——以甘南州合作市为例..... 王录仓,高 静 (3795)
- 太湖湖滨带生态系统健康评价..... 李春华,叶 春,赵晓峰,等 (3806)
- 秦岭大熊猫栖息地巴山木竹生物量..... 党坤良,陈俊娴,孙飞翔,等 (3816)
- 盐胁迫对盐生植物黄花补血草种子萌发和幼苗生长的影响..... 尤 佳,王文瑞,卢 金,等 (3825)
- 海南霸王岭山地原始林与伐后林中木质藤本对支持木的选择..... 刘晋仙,陶建平,何 泽,等 (3834)
- 闽楠幼树光合特性及生物量分配对光环境的响应..... 王振兴,朱锦懋,王 健,等 (3841)
- 基于形态及分子标记的濒危植物夏蜡梅自然居群的遗传变异研究 金则新,顾婧婧,李钧敏 (3849)
- 不同径级油松径向生长对气候的响应..... 姜庆彪,赵秀海,高露双,等 (3859)
- 珍稀濒危植物长蕊木兰种群的年龄结构与空间分布..... 袁春明,孟广涛,方向京,等 (3866)
- 巨桉与 5 种木本植物幼树的耗水特性及水分利用效率的比较..... 胡红玲,张 健,万雪琴,等 (3873)
- 银木凋落叶腐解过程对小白菜生长和抗性生理的影响..... 黄激激,胡庭兴,张念念,等 (3883)
- 基于氡示踪剂和热扩散技术的栓皮栎水分运输速率与效率研究..... 孙守家,孟 平,张劲松,等 (3892)
- 石漠化干旱环境中石生藓类水分吸收特征及其结构适应性..... 张显强,曾建军,湛金吾,等 (3902)
- 含铜有机肥对土壤酶活性和微生物群落代谢的影响..... 陈 琳,谷 洁,高 华,等 (3912)
- 钝叶枥不同性别花的花部形态与传粉特征比较..... 王 茜,邓洪平,丁 博,等 (3921)
- 我国春玉米潜在种植分布区的气候适宜性..... 何奇瑾,周广胜 (3931)
- 烯效唑干拌种对小麦氮素积累和运转及籽粒蛋白质品质的影响..... 樊高琼,杨恩年,郑 亭,等 (3940)

专论与综述

- 中国产业共生发展模式的国际比较及对策 石 磊,刘果果,郭思平 (3950)

研究简报

- 吉林省镇赉县近 10 年景观格局变化 张国坤,卢京花,宋开山,等 (3958)
- 杨树人工林生态系统通量贡献区分析..... 金 莹,张志强,方显瑞,等 (3966)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 330 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 35 * 2012-06



封面图说: 鸳鸯——在分类上属雁形目,鸭科。英文名为 Mandarin Duck(即“中国官鸭”)。鸳指雄鸟,鸯指雌鸟,故鸳鸯属合成词。常常栖息于山地河谷、溪流、湖泊、水田等处,雌雄偶居,以植物性食物为主,也食昆虫等小动物。繁殖期 4—9 月间,雌雄配对后迁至营巢区。巢往往置于树洞中,用干草和绒羽铺垫,每窝产卵 7—12 枚。江西省婺源鸳鸯湖是亚洲最大的野生鸳鸯越冬栖息地。鸳鸯是一种美丽的禽鸟,中国传统文化又赋予它很多美好的寓意,因此,在许多文学艺术作品中经常用以表达爱情。

彩图提供:陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201109151350

邹丽丽, 陈晓翔, 何莹, 黎夏, 何执兼. 基于逻辑斯蒂回归模型的鹭科水鸟栖息地适宜性评价. 生态学报, 2012, 32(12): 3722-3728.

Zou L L, Chen X X, He Y, Li X, He Z J. Assessment of ardeidae waterfowl habitat suitability based on a binary logistic regression model. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(12): 3722-3728.

基于逻辑斯蒂回归模型的鹭科水鸟栖息地适宜性评价

邹丽丽, 陈晓翔*, 何莹, 黎夏, 何执兼

(中山大学地理科学与规划学院, 广东省城市化与地理环境空间模拟重点实验室, 广州 510275)

摘要:近年来湿地生态系统遭到不同程度破坏, 湿地水鸟及其生存空间日益受到威胁。以香港米埔-后海湾湿地为例, 收集 2003 年 1 月份与鹭科水鸟密切相关的 15 个自变量和鹭科水鸟实测数据作为因变量构建逻辑斯蒂回归模型, 通过筛选获取 9 个变量因子, 分别为土地利用, NDVI, 坡度, 降雨, TM4 纹理, TM3 纹理, 道路密度, 道路距离, 人居密度。经 Nagelkerke R^2 检验模型精度达到 0.743, 拟合度较高。利用模型结果快速聚类, 对栖息地进行适宜性分级, 分级结果与同期鹭科水鸟实测数据做拟合, 精度达到 77.4%。最后采集 2009 年 1 月份各变量因子数据对回归方程进行时间尺度检验, 与同期实测鹭科水鸟数据拟合精度同样达到 75.8%, 模型具有较好的通用性。

关键词:逻辑斯蒂回归模型; 鹭科水鸟; 栖息地; 适宜性

Assessment of ardeidae waterfowl habitat suitability based on a binary logistic regression model

ZOU Lili, CHEN Xiaoxiang*, HE Ying, LI Xia, HE Zhijian

School of Geography and Planning, Guangdong Key Laboratory for Urbanization and Geo-simulation, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China

Abstract: Ardeidae and their habitat are being threatened by the destruction of wetland ecosystems. Because the availability of suitable Ardeidae habitats are gradually decreasing, habitat suitability evaluations using remote sensing and measurement technology are becoming research hotspots. In this study, Mai Po and the Deep Bay Area in Hong Kong was chosen as a case study area. Based on descriptive waterfowl statistics from field observation data, we used Moran's index to assess spatial autocorrelation. The results of this analysis indicated that the field data was randomly distributed within the study area, and that there were no duplicate records. Therefore the data was suitable for modeling. We used a logistic regression model to determine the factors associated with the waterfowls' habitat. First, according to Ardeidae habitat dependencies, we collected data of 15 factors relevant to the waterfowl in January 2003 using Geographic Information System (GIS) and Remote Sensing technology. We randomly selected 1000 points from each factor's grid map and used the leverage value and cook distance method to look up unusual points. Few unusual points were identified, and most of the selected points were able to be used to establish the binary logistic regression model. Nine factors were identified by the model as having an important influence on the presence/absence of Ardeidae. These factors were land use, Normalized Difference Vegetation Index, slope, rainfall, TM 4 texture, TM 3 texture, road density, road distance, and human habitation density. The Nagelkerke R^2 verified that the model was a good fit (coefficient = 0.774). Aspect, digital elevation, human habitation distance, TM 2 texture, relative humidity, and temperature were simultaneously filtered out of the model, suggesting that the waterfowls' habitat preferences were not influenced by these factors. We then used a quick

基金项目: 广东省联合基金项目 (U0833005) (遥感调查专题)

收稿日期: 2011-09-15; 修订日期: 2012-03-06

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: eescxx@mail.sysu.edu.cn

clustering method to grade habitat suitability, and found that the case area could be divided into five levels. From a two figure stack in GIS, we selected 500 points from the Ardeidae population. We found that the prediction data from the binary logistic regression model was in good agreement with the observed field data of Ardeidae waterfowl in this area, with a kappa coefficient of 0.774. We suggest that the suitability grades basically correspond with the waterfowls' habitat, and that we could predict the presence of waterfowl with the model. The model could also be used to estimate the presence of waterfowl in unstudied areas that are difficult to access. The model has better application prospects in studies of wetlands. Finally, we used January, 2009 data of the nine significant factors in Mai Po and the Deep Bay Area to test the universality of the model's equation. We followed the same steps as for the 2003 data, and the fitting accuracy reached a kappa coefficient of 0.758. The results of our study show that the binary logistic regression model could be used for forecasting Ardeidae waterfowl habitat suitability. We demonstrate the effectiveness of correlation analyses for predicting waterfowl habitat. Our model performed well in the prediction of the presence of Ardeidae waterfowl, and provides a reference for the protection and management of waterbird habitats, and for future studies.

Key Words: Binary logistic regression; Ardeidae; Habitat; Suitability

湿地水鸟在湿地生态系统的能量流动和维持生态系统稳定性方面起着举足轻重的作用^[1]。由于人类活动对湿地环境的过度干扰,不仅改变了生态系统原有的自然平衡,而且对水鸟的生存环境造成了巨大的压力^[2-4]。保护水鸟,最关键的是要保护鸟类赖以生存的栖息地^[5]。结合水鸟数量不断减少的现状,利用空间遥测等技术手段,来对水鸟栖息地进行适宜性评价成为当今研究热点。近年来,行业学者专家主要针对栖息地特征识别、质量评估和分布预测三方面进行了深入研究。其中,Hepinstall 等^[6]结合影像光谱值和纹理特征建立预测鸟类分布的模型,表明影像的纹理特征能反映植被和生境的异质性,可用以预测物种的空间分布。Pasher 等^[7]利用 Landsat 和 IKONOS 影像在黑枕威森莺巢址区亮度值、阴影及纹理特征,与裸土像元中所占比例等变量对该物种的巢址分布进行预测。李欣海等^[8]将地形图、植被图矢量化,提取高程、植被类型、河流、水库、乡镇用地、铁路及公路等参数来评价朱鹮栖息地质量。张艳红等^[9]利用生境斑块空间关系、生境破碎化参量和景观特征分析研究了向海自然保护区丹顶鹤生境空间结构特征。Saveraid 等^[10]提出在实际应用上将遥感影像与野外实测的景观及生境调查数据所提供的信息相结合,更全面更科学地预测出鸟类丰度与分布信息。综上所述,对水鸟栖息地空间格局的分析,进行栖息地适宜性评价和评估是水鸟保护研究必不可少的工作,可为相关部门水鸟栖息地保护和管理提供依据。

1 实验方法

米埔-后海湾湿地位于香港新界西北端的米埔湿地,与深圳隔河相望。过去因为地点偏远和行政区划的敏感而避免了过度开发。无大量人为干扰的米埔,几十年来一直是本区水鸟重要栖息地,鹭科水鸟尤为典型^[11],自 1979 年开始,香港观鸟协会每年都会按湿地国际标准,根据不同种鸟类栖息环境,采用 1km² 网格,配以植被图和最佳调查水鸟栖息的时间,对米埔内后海湾拉姆萨尔湿地鸟类进行分区调查^[12]。本文主要针对鹭科水鸟,包括苍鹭、草鹭、白鹭(包括大白鹭,中白鹭,小白鹭,黄嘴白鹭)等 13 种水鸟,分别以香港米埔后海湾湿地 15 个分区调查数据(图 1)为基础进行研究,同时,以该区高分辨率遥感影像数据、气候数据及地形数据为基础,构建逻辑斯蒂回归模型,并利用香港观鸟会鹭科水鸟实测数据^[13]进行精度验证,从而探讨鹭科水鸟和与之息息相关环境变量之间的关系。

1.1 因子选择

基于栖息地适宜性评价因子的选取原则和湿地内鹭科水鸟对于栖息地的依赖性^[14],结合相关野外调查数据和水鸟实测数据,结合当地自然条件和人为活动对鹭科水鸟栖息地的影响,建立起鹭科水鸟栖息环境的评价指标体系。模型自变量的选取,分为以下 4 个方面:

利用香港地区 DEM 数据,在 GIS 技术支持下得到反映研究区地形的 DEM、坡度、坡向图,对研究区地形

地貌特征进行分析。利用香港天文台 15 个气象站及深圳福田气象站数据,在 ArcGIS 中对研究区进行 Kriging 插值,得到反映研究区气候状态的大气温度、相对湿度、降雨量图,进行气候特征分析;利用 Landsat TM 影像获得研究区植被状况的归一化植被指数(NDVI);利用 TM 影像像素灰度级的纹理分布信息,获得能增加栖息地水下信息、区分植被类型和植物覆盖度的 TM2、TM3、TM4 的纹理信息图进行分析;利用研究区 QB 影像获取土地利用现状图及道路距离和密度图、居民区密度及距离图,来对栖息地的土地利用现状及人文景观进行分析。

模型因变量的选取,根据实地水鸟调查经验和鹭科水鸟生活习性特征,以实测鹭科水鸟分布区域、水鸟适宜栖息湿地类型及保护区内的点值设为 1,居民区和道路以及其附近区域的点值设为 0。应用逻辑斯蒂回归模型筛除掉对适宜性影响不显著的因子后构建模型,对栖息地进行适宜性评价。

1.2 逻辑斯蒂回归模型

由于逻辑斯蒂回归模型对因变量数据假设要求不高,所以本文选取此模型作为栖息地适宜性评价的模型方法^[15],并且预测具有两分特点因变量概率值。为此,本文应用此模型进行评价。

首先,设 P 为鹭科水鸟的发生概率值,并最后用于鹭科水鸟适宜性评价的概率值。那么 $1-P$ 为鹭科水鸟不发生的概率,将 $P/(1-P)$ 取对数变换,记做 $\ln(P/(1-P))$,即使对 P 做 logit 变换,以 P 为因变量,建立线性回归方程为:

$$\text{logit}(P) = b_0 + \sum_{k=1}^n b_k x_k \quad (1)$$

经变换可得:

$$P = \frac{1}{1 + \exp[-(b_0 + \sum_{k=1}^n b_k x_k)]} \quad (2)$$

式中, k 为评价因子编号, n 为评价因子总数, b_k 为第 k 个因子逻辑回归系数, x_k 为第 k 个因子的数值。对因变量影响程度用 $\exp(b_k)$ 来表示,当 $\exp(b_k) > 1$ 时,栖息地适宜性变量值增加,事件发生的几率也将随着增加,反之亦然。

1.3 模型及模型精度检验

本文选取 Moran's I 方法检测因变量空间自相关性;采用杠杆值、Cook 距离^[16]方法对适宜点群影响点的查找;Nagelkerke R^2 ^[17] 统计量反映拟合优度,检验评价因子与逻辑的线性关系是否显著;采用误差分类错判矩阵^[18]和 Kappa^[19]系数来利用实测数据对结果精度加以验证。

2 结果

2.1 回归方程构建及检验

由于水鸟调查数据采集具有一定难度,且受水鸟飞行等诸多不确定因素的影响,水鸟实测数据可能会在近距离有重叠现象,因此实测水鸟数据有效性,对于本文结果的验证具有较大影响,为此本文引入 Moran's I 方法来检查本案例实测鹭科水鸟空间自相关性^[20]。经过计算 Moran's I 为 -0.86544, ZScore 为 -0.100055。由于 ZScore 值在 -1.96 和 1.96 之间,返回的统计结果意义为随机分布,因此,本文因变量鹭科水鸟基本上不存在距离较近的伪重复记录现象,具有一定可靠性。

将利用 GIS 生成的 15 个自变量因子,通过相关性检验,结果表明自变量因子之间没有明显的相关性,因



图1 研究区及水鸟调查数据分布图

Fig. 1 Study area and actual measurement data of ardeidae

此,本文随机采样 1000 个点,提取各变量因子的属性值来进行构建模型。通过杠杆值、Cook 距离找出适宜点群中的强影响点或异常点(图 2)。由杠杆值得,杠杆值较小,只有个别样本点值大于 0.1,对预测变量具有一定的影响力;Cook 距离散点图表明,点群的标准化残差主要分布在 0—0.8 之间,对残差具有一定的影响力,但没有异常点。通过以上检测值无异常值,适宜点群对评价模型具有影响力。

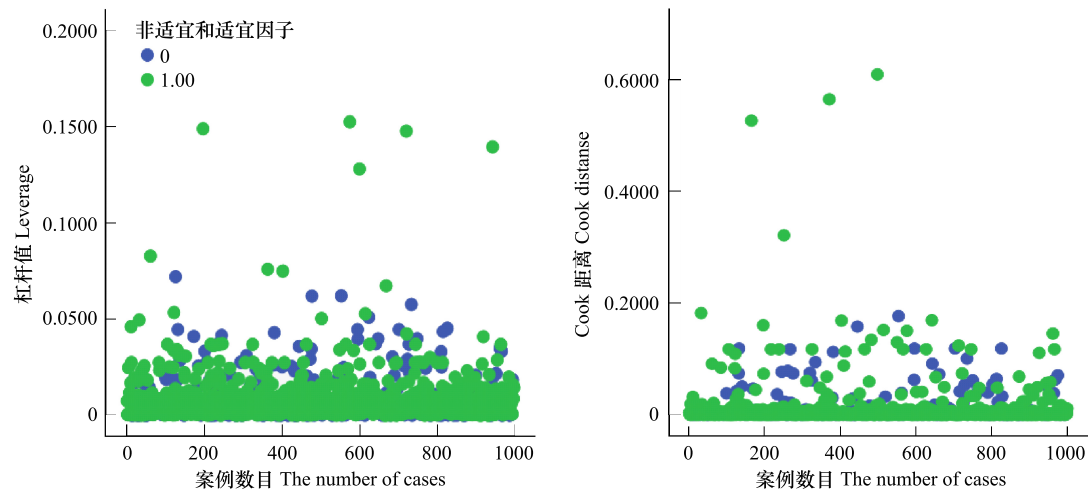


图 2 杠杆值和 Cook 距离散点图

Fig. 2 Scatter diagram of leverage and cook distance

通过以上检验,模型选取的自变量和因变量符合构建逻辑斯蒂回归模型要求,最后经过模型筛选,剩下 9 个因子满足方程。其中:初始因子中,由于研究区范围较小,地形起伏不大,湿度变化不明显,高程和坡度等 6 个因子对水鸟生存环境的影响可以忽略。本回归模型各个因子的偏回归系数和发生比,如表 1。

表 1 逻辑斯蒂回归模型评价因子回归系数指标

Table 1 Weight coefficient of the evaluation index in binary logistic regression					
进入方程因子 Input equation	偏回归系数 b Partial regression coefficient	发生比 $\exp(b)$ Odds of experience	显著性 Sig.	未进入方程因子 Output equation	显著性 Sig.
土地利用	0.257	1.293	0.00	坡度	0.937
NDVI	2.240	9.394	0.00	高程	0.877
降雨量	0.208	1.231	0.00	居民距离	0.704
坡向	-0.970	0.379	0.00	TM2 纹理	0.091
TM4 纹理	-0.791	1.001	0.013	相对湿度	0.090
TM3 纹理	0.001	0.995	0.00	温度	0.865
道路密度	-684	0	0.00		
道路距离	0	0.999	0.00		
居民密度	-36910.78	0	0.00		
b_0	-12.17	0	0.00		

以上 14 个因子进入筛选过程,由于坡度等 6 个因子的 Wald 观测值所对应的概率 P 值大于显著性水平 α ,不应拒绝零假设,认为该回归系数与 0 无显著性差异,因此在筛选变量过程中被剔除;而其余 9 个因子概率 P 值均小于显著性水平 α ,应保留在方程中,构建逻辑回归模型。最后,经过模型检验 Nagelkerke R^2 值为 0.743,接近 1,拟合优度较好。

2.2 栖息地适宜性分级

由表 1 得到的各评价因子的系数权重值 b 和各因子的发生比 $\exp(b)$ 值代入到逻辑斯蒂回归模型中,得到研究区的鹭科水鸟在研究区发生的概率值,进而参照 FAO 的土地适宜性分级标准^[21],对适宜点群进行分

析对比,应用快速聚类分析法将研究区栖息地适宜点群分为 5 个等级,得到不同等级的聚类中心值、各聚类的样本数,分级评价标准(表 2),明确水鸟适宜性在复杂空间中的等级结构及受制约的时空尺度。对研究区进行水鸟栖息适宜性程度分类,分为最适宜栖息、适宜栖息、基本适宜栖息、不适宜栖息、不可栖息 5 级。

表 2 湿地 2003 年鹭科水鸟栖息地适宜性综合分类标准
Table 2 Suitability grading standard of ardeidae waterfowl in Maipo in 2003

适宜性分级 Suitability grades	聚类中心值 Cluster center	聚类点数 Cluster point	评价特征 Evaluating characteristic
最适宜栖息	0.97618	588	土地被开发程度低,环境抗干扰能力强
适宜栖息	0.73665	163	土地被开发程度较低,自动恢复较快,不影响水鸟栖息
基本适宜栖息	0.48297	127	土地被开发程度中等,环境抗人为干扰能力中等,对水鸟栖息有较小影响
不适宜栖息	0.19645	68	栖息地被开发程度高,有大部分城镇用地。对水鸟影响较大
不可栖息	0.0003	54	栖息地被开发程度很高,几乎不能自动恢复,严重影响水鸟栖息

依据逻辑斯蒂回归获得的 2003 年概率值,运用上述规则快速聚类,获得 2003 年和 2009 年水鸟栖息地适宜性分级图(图 3)。近年来,由于香港观鸟会对于保护区的管理较为科学,米埔后海湾湿地的生态环境得到较大的改善,不适宜栖息的区域明显减少,适宜栖息的区域明显增多,比较适合鹭科水鸟生存。然而少数过度开发的地区,逐渐变成水鸟不可栖息的环境。

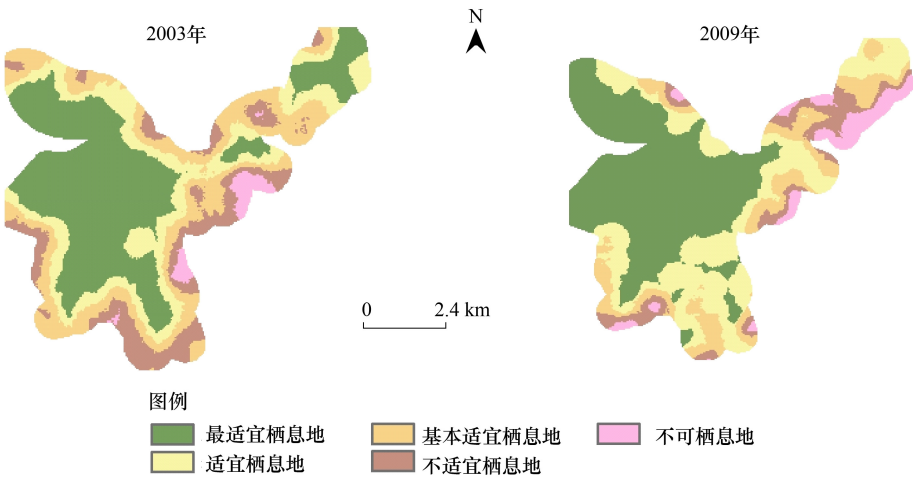


图 3 米埔-后海湾地区栖息地适宜性分级图
Fig. 3 Grade figure of habitat suitability in Maipo

2.3 水鸟实测数据验证

将鹭科水鸟分布地区与适宜性点群分布图在 ArcGIS 中相叠加,随机选取 500 个样点来对回归预测分级数据与实测数据进行拟合验证。参照适宜性分类标准,对米埔湿地鹭科水鸟进行快速分类,再应用逻辑斯蒂回归模型对鸟类分类数据与上述栖息地适宜性评价等级进行回归评价。

根据鹭科水鸟预测值与实测值的误差错判矩阵(表 3)可知:2003 年米埔湿地水鸟的预测数据与实际数据相比,2003 年鹭科水鸟的 Kappa 系数为 0.774,2009 年验证数据的 Kappa 系数为 0.758,说明应用逻辑斯蒂回归模型对栖息地进行适宜性分级的结果与实际水鸟栖息环境基本吻合,验证了本模型应用在实际中的效果较好,对于未知区域水鸟的预测具有较好应用前景。

3 结论

通过变量筛选出的包括土地利用等 9 个因子构建逻辑斯蒂回归模型, Nagelkerke R^2 统计量系数达到

表 3 鹭科水鸟误差错判矩阵分类表

Table 3 Ardeidae waterfowl classification of errors mistaken judge

观察值 Observed value	2003 预测值 Predictive value of 2003						观察值 Observed value	2009 预测值 Predictive value of 2009					
	1	2	3	4	5	%		1	2	3	4	5	%
1	225	30	13	5	1	82.12	1	228	17	5	40	3	77.82
2	3	38	6	2	3	73.08	2	11	80	19	0	0	72.73
3	0	0	38	5	2	84.44	3	10	1	28	4	0	65.12
4	0	6	14	68	10	72.98	4	5	0	1	22	0	78.57
5	4	5	0	4	18	58.06	5	0	0	5	0	21	80.77
Kappa 系数	77.4						Kappa 系数	75.8					

0.743,较好的验证模型拟合优度,并且对水鸟的预测精度与水鸟实测数据精度进行模型预测精度验证,计算得到 2003 年鹭科水鸟的 Kappa 系数为 0.774,2009 年验证数据的 kappa 系数为 0.758,说明其在评价本地区水鸟栖息地适宜性方面,具有较好的预测精度,能够较好的预测米铺湿地鹭科水鸟的数量信息,为相关部门鸟类数据的统计提供可参考意见。

4 讨论

应用 GIS 空间分析技术进行栖息地适宜性评价,能够方便地计算每个斑块的数量值,而且具有空间精确性,可为具体的保护区规划和管理提供科学、客观、高效、直观的参考建议。但是本文没有直接考虑水鸟生境的食物丰度。因为其每年变化较大,且受人为影响严重,食物丰度数据难以准确获得,在下一步的研究中,希望可以通过引入与食物相关的因子进行间接分析。

References:

- [1] Kong B,Zhang S Q,Zhang B,Li X F,Yu H. Habitat suitability evaluation for waterfowls used-land based on RS and GIS. Journal of Remote Sensing,2008,12(6):1001-1009.
- [2] Stillman R A, Goss-custard J D. Seasonal changes in the response of oystercatchers Haematopus ostralegus to human disturbance. Journal of Avian Biology, 2002,33:358-365.
- [3] Puttickgm. Foraging behavior and activity budgets of Curlew Sandpipers. Ardea, 1979,67:111-122.
- [4] Evans P R. Migration and dispersal of shorebirds as a survival strategy. Feeding and Survival Strategy of Estuarine Organisms//Joins N V, Wolff W J, eds. New York: Plenum Press,1981:275-290.
- [5] Colwell A, Tafto W. Waterbird communities in managed wetlands of varying water depth. Waterbirds,2000,23:45-55.
- [6] Hepinstall J A,Sader S A. Using bayesian statistics, thematic mapper satellite imagery, and breeding bird survey data to model bird species probability of occurrence in maine. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing,1997,63:1231-1237.
- [7] Pasher J,Doug K,Kathryn L. Modelling and mapping potential hooded warbler (Wilsonia citrine) habitat using remotely sensed imagery. Remote Sensing of Environment, 2007,107:471-483.
- [8] Li X H,Ma Z J,Li D M,Ding C Q,Zhuo T Q,Lu B Z. Using resouse selection functions to study nest site selection of crested ibis. Biodiversity Science,2001,9(4):352-358.
- [9] Zhang Y H,Deng W,Zhang S W. The spatial structure analysis of the red-crown cranes habitat in Xianghai national nature reserve based on RS and GIS techniques. Acta Ecologica Sinica,2006,26(11):3725-3731.
- [10] Saveraid E H, Debinski D M, Kindscher K, Jakubauskas M E. A comparison of satellite data and landscape variables in predicting bird species occurrences in the greater yellowstone ecosystem, USA. Landscape Ecology, 2001,16(1):71-83.
- [11] Wetlands of China. Waterbird' s habitat in China wetlands. (2009- 06- 09) [2011- 09- 01]. http://www.shidi.org/sf_7A71913F54404CEFB9DEE0B297333424_151_animal.html.
- [12] Zhang H Q. An integrated evaluation of citrus land suitability in county-level area supported by GIS. Resources Scince,1998,20(1):62-70.
- [13] Xue W. Method of statistical analysis and it's application with spss, the fifth edition. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2007:

290-300.

- [14] Gayet G, Guillemain M, Benmergui M, Mesleard F, Boulonier T, Bienvenu J P, Fritz H, Broyer J. Effects of seasonality, isolation and patch quality for habitat selection processes by mute swans *Cygnus olor* in a fishpond landscape. *OIKOS*,2010,120(6):801-812.
- [15] Xing Q J,Zhao C Y,Gao K C,Guo Y. Logical regression analysis on the Hazard of landslide based on GIS. *Geography and Geo-Information Science*, 2004,20(3):49-51.
- [16] Zhao Y S. Principle and method of remote sensing application analysis,the fourth edition. Beijing:Science Press,2003:76-90.
- [17] Holzkämper A, Lausch A, Seppelt R. Optimizing landscape configuration to enhance habitat suitability for species with contrasting habitat requirements. *Ecological Modelling*,2006,198: 277-292.
- [18] Xu J H. Mathematical methods in contemporary geography,the second edition. Beijing:Higher Education Press, 2002:55-80.
- [19] Jiang W G,Wang W J,Xie Z R,Gao S P. A study on changes of wetland ecology landscape of Sanjiang Plain using RS and GIS. *Geography and Geo-Information Science*,2003,19(2):28-31.
- [20] Zhang S L,Zhang K. Comparison between general morans index and getis-ord general of spatial autocorrelation. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni*,2007,46(4):93-96.
- [21] Liu J Y. Macroexamination and dynamic study of the resources and environment remote sensing in China. Beijing:China Science and Technology Press,1996:20-28.

参考文献:

- [1] 孔博,张树清,张柏,李晓峰,于欢. 遥感和 GIS 技术的水禽栖息地适宜性评价中的应用. *遥感学报*,2008,12(6):1001-1009.
- [8] 李欣海,马志军,李典谟,丁长青,翟天庆,路宝忠. 应用资源选择函数研究朱鹮的巢址选择. *生物多样性*,2001,9(4):352-358.
- [9] 张艳红,邓伟,张树文. 向海自然保护区丹顶鹤生境结构空间特征. *生态学报*,2006,26(11): 3725-3731.
- [11] 湿地中国, 中国湿地水鸟的重要栖息地. (2009-06-09)[2011-09-01]. http://www.shidi.org/sf_7A71913F54404CEFB9DEE0B297333424_151_animal.html
- [12] 张红旗. GIS 支持的县级区域柑桔土地适宜性综合评价. *资源科学*,1998,20(1):62-70.
- [13] 薛薇. SPSS 统计分析方法及应用. 第五版. 北京: 电子工业出版社, 2007:290-300.
- [15] 邢秋菊,赵纯勇,高克昌,郭跃. 基于 GIS 的滑坡危险性逻辑回归评价研究. *地理与地理信息科学*,2004, 20 (3),49-51.
- [16] 赵英时. 遥感应用分析原理与方法. 第四版. 北京:科学出版社,2003:76-90.
- [18] 徐建华. 现代地理学中的数学方法. 北京:高等教育出版社. 2002:55-80.
- [19] 蒋卫国,王文杰,谢志仁,高士平. 基于 RS 和 GIS 的三江平原湿地景观变化研究. *地理与地理信息科学*,2003,19(2):28-31.
- [20] 张松林,张昆. 全局空间自相关 Moran 指数和 G 系数对比研究. *中山大学学报(自然科学版)*,2007,46(4):93-96.
- [21] 刘纪远. 中国资源环境遥感宏观调查与动态究. 北京:中国科学技术出版社,1996:20-28.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 32, No. 12 June, 2012 (Semimonthly)

CONTENTS

Temporal and spatial dynamic changes and landscape pattern response of Hemeroby in Dayang estuary of Liaoning Province, China	SUN Yongguang, ZHAO Dongzhi, WU Tao, et al (3645)
Distribution characteristics of plant communities and soil organic matter and main nutrients in the Poyang Lake Nanji Wetland	ZHANG Qianjun, YU Xiubo, QIAN Jianxin, et al (3656)
Evaluation and construction of wetland ecological network in Qingdao City	FU Qiang, SONG Jun, MAO Feng, et al (3670)
Driving forces analysis for ecosystem health status of littoral zone with dikes: a case study of Lake Taihu	YE Chun, LI Chunhua, WANG Qiuguang, et al (3681)
The concentrations distribution and composition of nitrogen and phosphorus in stormwater runoff from green roofs	WANG Shumin, HE Qiang, ZHANG Junhua, et al (3691)
Effects of slope gradient on the community structures and diversities of soil fauna	HE Xianjin, WU Pengfei, CUI Liwei, et al (3701)
Investigation of populations of parasitic wasps parasitizing <i>Carposina sasakii</i> Matsumura (Lepidoptera: Carposinidae) in jujube orchards in China, with respect to the wasp-host relationship	YAO Yanxia, ZHAO Wenxia, CHANG Jupu, et al (3714)
Assessment of ardeidae waterfowl habitat suitability based on a binary logistic regression model	ZOU Lili, CHEN Xiaoxiang, HE Ying, et al (3722)
Combined effects of temperature, salinity and pH on the clearance rate of juveniles of <i>Pinctada martensii</i> (Dunker)	ZHU Xiaowen, WANG Hui, LIU Jin, et al (3729)
Soil nutrient dynamics and loss risks in a chicken-forage mulberry-medicinal plant intercropping system	ZHAO Liping, YANG Guiming, ZHAO Tongke, et al (3737)
Soil particle size distribution and its relationship with soil organic carbons under different land uses in the middle of Heihe river	ZHANG Junhua, LI Guodong, NAN Zhongren (3745)
Effects of DEM resolution and watershed subdivision on hydrological simulation in the Xingzihe watershed	QIU Linjing, ZHENG Fenli, YIN Runsheng (3754)
Impacts of grid sizes on urban heat island pattern analysis	GUO Guanhua, CHEN Yingbiao, WEI Jianbing, et al (3764)
Landscape connectivity analysis for the forest landscape restoration: a case study of Gongyi City	CHEN Jie, LIANG Guofu, DING Shengyan (3773)
Carbon footprint analysis on urban energy use: a case study of Xiamen, China	LIN Jianyi, MENG Fanxin, CUI Shenghui, et al (3782)
The ecological footprint of alpine pastures at the village-level: a case study of Hezuo in Gannan Autonomous Prefecture, China	WANG Lucang, GAO Jing (3795)
The ecosystem health assessment of the littoral zone of Lake Taihu	LI Chunhua, YE Chun, ZHAO Xiaofeng, et al (3806)
The biomass of <i>Bashania fargesii</i> in giant pandas habitat in Qinling Mountains	DANG Kunliang, CHEN Junxian, SUN Feixiang, et al (3816)
Effects of salinity on seed germination and seedling growth in halophyte <i>Limonium aureum</i> (L.) Hill	YOU Jia, WANG Wenrui, LU Jin, et al (3825)
Liana-host tree associations in the tropical montane primary forest and post-harvest forest of Bawangling, Hainan Island, China	LIU Jinxian, TAO Jianping, HE Zeet al (3834)
The response of photosynthetic characters and biomass allocation of <i>P. bournei</i> young trees to different light regimes	WANG Zhenxing, ZHU Jinmao, WANG Jian, et al (3841)
Genetic variation among populations of the endangered <i>Sinocalycanthus chinensis</i> based on morphological traits and ISSR profiles	JIN Zexin, GU Jingjing, LI Junmin (3849)
Growth response to climate in Chinese pine as a function of tree diameter	JIANG Qingbiao, ZHAO Xiuhai, GAO Lushuang, et al (3859)
Age structure and spatial distribution of the rare and endangered plant <i>Alcimandra cathartii</i>	YUAN Chunming, MENG Guangtao, FANG Xiangjing, et al (3866)
The water consumption and water use efficiency of the seedlings of <i>Eucalyptus grandis</i> and other five tree species in Sichuan Province	HU Hongling, ZHANG Jian, WAN Xueqin, et al (3873)
Effects of leaf litter of <i>Cinnamomum septentrionale</i> on growth and resistance physiology of <i>Brassica rapa</i> in the decomposition process of litter	HUANG Weiwei, HU Tingxing, ZHANG Niannian, et al (3883)
Water transport velocity and efficiency in <i>Quercus variabilis</i> detected with deuterium tracer and thermal dissipation technique	SUN Shoujia, MENG Ping, ZHANG Jinsong, et al (3892)
The saxicolous moss's features of absorbing water and its structural adaptability in the heterogeneous environment with rock desertification	ZHANG Xianqiang, ZENG Jianjun, CHEN Jinwu, et al (3902)
Effects of organic materials containing copper on soil enzyme activity and microbial community	CHEN Lin, GU Jie, GAO Hua, et al (3912)
Comparison of floral morphology and pollination characteristics between the sexes in <i>Eurya obtusifolia</i>	WANG Qian, DENG Hongping, DING Bo, et al (3921)
Climatic suitability of potential spring maize cultivation distribution in China	HE Qijin, ZHOU Guangsheng (3931)
Effects of uniconazole dry seed dressing on nitrogen accumulation and translocation and kernel protein quality in wheat	FAN Gaoqiong, YANG Ennian, ZHENG Ting, et al (3940)
Review and Monograph	
International comparison and policy recommendation on the development model of industrial symbiosis in China	SHI Lei, LIU Guoguo, GUO Siping (3950)
Scientific Note	
The Change of landscape pattern in Zhenlai Xian, Jilin Province in recent ten years	ZHANG Guokun, LU Jinghua, SONG Kaishan, et al (3958)
Footprint analysis of turbulent flux over a poplar plantation in Northern China	JIN Ying, ZHANG Zhiqiang, FANG Xianrui, et al (3966)

《生态学报》2012 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的自然科学高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究原始创新性科研成果,特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评介和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 70 元/册,全年定价 1680 元。

国内邮发代号:82-7 国外邮发代号:M670 标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 32 卷 第 12 期 (2012 年 6 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 12 (June, 2012)

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel: (010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100071	Published by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail: journal@csbg.net	Distributed by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel: (010)64034563 E-mail: journal@csbg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add: P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元