

文章编号: 1007-7588(2013)01-0050-09

基于层次分析法的朱鹮栖息地质量综合评价

赵洪峰¹, 罗 磊², 侯玉宝², 付志超³, 谢 辉³, 高学斌²

(1. 陕西师范大学生命科学学院, 西安 710062; 2. 陕西省动物研究所, 西安 710032;

3. 城固县野生动植物保护站, 城固 723200)

摘 要:在以往研究和实地调查的基础上,从栖息地、食物和人为干扰三个角度选择了与朱鹮栖息地质量密切相关的12个主要环境因子作为评价指标,分别是营巢树种、营巢树高度、夜栖树种、夜栖树高度、水田面积、湿地面积、海拔高度、食物丰富度、湿地水质、旅游活动、农药使用和生产活动。应用层次分析法(AHP)对12个影响因子进行两两比较并赋予权重和分值以建立朱鹮栖息地质量评估体系,根据各个评价指标的得分总和将栖息地分为最适宜、适宜、基本适宜、不适宜和极不适宜五个等级。以朱鹮新扩散区内的城固孙坪和再引入区的宁陕寨沟野化放飞区为实例,应用这个评价体系对两处栖息地质量进行了评价。结果显示:孙坪是朱鹮的适宜栖息地,但农药使用和生产活动对朱鹮的生存是潜在威胁;寨沟朱鹮野化放飞区适宜朱鹮生存,但是所面临的问题是觅食地的单一和越冬食物的缺乏。

关键词:朱鹮;栖息地质量;评价;层次分析法

1 引言

朱鹮(*Nipponia nippon*)是全球濒危鸟类,自1981年在陕西洋县重新发现以来,经过30年的保护,我国朱鹮的种群数量已经达到1617只^[1]。关于朱鹮在过去30年的研究成果显著,其中关于朱鹮的繁殖行为、越冬行为和栖息地选择如巢址选择、夜宿地选择和觅食地选择等方面都有较多研究^[2]。随着朱鹮种群的增加,朱鹮逐渐向洋县周围的地区扩散,2007年以来在陕西洋县进行了朱鹮的再引入工作,朱鹮在再引入区已经繁殖成功。但是关于朱鹮的扩散和栖息地保护以及栖息地综合评价等方面的研究则比较少。Li, X. H.等^[3]曾应用地理信息系统根据海拔、植被类型和人为干扰等信息对朱鹮在洋县的生境适宜性进行了评价,认为在洋县适宜朱鹮生存的栖息地面积并不大;刘冬平等^[4]应用遥感和地理信息系统分析了朱鹮在洋县及其周围区域的潜在繁殖地,认为朱鹮的适宜繁殖地在洋

县华阳镇周围、花园乡、酉水河两岸、南郑县和汉中市西北部地区。朱鹮在扩散区和再引入区的繁殖地、夜宿地和游荡区等栖息地现状和质量如何,迄今未有报道。2008年8月到2010年5月期间,笔者针对上述问题在朱鹮分布区开展了相关调查。在以往研究和实地调查的基础上,从栖息地、食物和人为干扰三个方面选择了12个与朱鹮的栖息地质量(包括繁殖地、夜栖地、越冬地、觅食地和游荡区)密切相关的主要影响因子,应用层次分析法建立栖息地质量评价指标体系及评估因子权重赋值的模型,并选择朱鹮部分扩散区进行了实例分析、验证。

2 研究区概况

2.1 调查范围

调查范围包括朱鹮的原有分布区和扩散分布区。野生朱鹮目前仅分布于陕西省洋县及其相邻的城固、佛坪、南郑和西乡,偶尔见于太白县,而再引入野化放飞朱鹮主要分布于宁陕和石泉(图1)。

收稿日期: 2012-04-20; 修订日期: 2012-10-23

基金项目: 陕西省科学院重大项目(编号: 2009K-05); 中央高校科研经费项目(编号: GK2061001); 陕西省自然科学基金研究计划项目(编号: 2010JQ3003)。

作者简介: 赵洪峰,男,内蒙古锡林郭勒盟人,博士,主要研究方向为鸟类生态学。E-mail: zhaohf@snnu.edu.cn

通讯作者: 高学斌, E-mail: gaob63@163.com

2013年1月

2.2 调查区自然概况

调查区包括陕西秦岭中段南坡、汉中盆地以及西乡和南郑县所处的大巴山北坡部分相邻区域。该地区属于亚热带气候区,年降水量在1000mm以上。河流属于长江水系,山间小溪较多,河谷相对开阔。平原地带为农耕带,山间沟谷开垦有少量农田,以种植水稻为主。农耕带、河流边以及村落栽种有成排(片)的杨树(*Populus spp.*),山势较缓,坡地上有成片的阔叶林和针叶林,优势种主要有栓皮栎(*Quercus variabilis*)、马尾松(*Pinus massoniana*)和油松(*Pinus tabulaeformis*)等^[5]。

3 研究方法

3.1 评价指标选择

根据以往研究和笔者的观察,朱鹮的栖息地适宜性评价指标的选择主要包括栖息地,食物和人为干扰三个方面^[6,7]。

(1)栖息地。朱鹮的栖息地包括营巢地、夜宿地、觅食地和游荡区(越冬区)。一般认为,影响朱鹮营巢选择的主要因素是水田面积、营巢树高度、海拔高度和人为干扰^[8,9]。在评价时,这些影响因子均作为评价指标。朱鹮的营巢树种主要是马尾松和栓皮栎^[10],夜宿地的主要树种是马尾松和麻栎(*Quercus acutissima*),因此营巢和夜栖树种也做为评价指标。朱鹮无论是在繁殖期还是越冬期,水田都是主要的觅食地,因此水田不仅影响着巢址选择也影响着朱鹮的觅食。游荡期朱鹮常常成群在汉江流域一带(金水河和湑水河)的河岸和滩涂取食,所以我们把除水田外的湿地面积也列入评价体系。

(2)食物。朱鹮是肉食性鸟类,一般都在湿地觅食,较少在旱地觅食,湿地质量和污染状况(水质)直接影响食物的丰富性和组成,应用样方实际调查的结果,和食物密切相关的指标涉及到湿地质量和食物丰富度^[2,7]。

(3)人为干扰。人为干扰

对朱鹮的影响有两方面,一方面朱鹮和人类有着密切的关系,适宜的干扰对朱鹮的种群有利^[11,12],另一方面,农药的使用和频繁的旅游活动对朱鹮造成不利影响^[13]。因此将生产活动、旅游活动和农药使用作为评价指标。

综上,选取的12个栖息地评价指标分别是营巢树种、营巢树高、夜栖树种、夜栖树高、水田面积、湿地面积、海拔高度、食物丰富度、湿地水质、旅游活动、农药使用和生产活动(图2)。

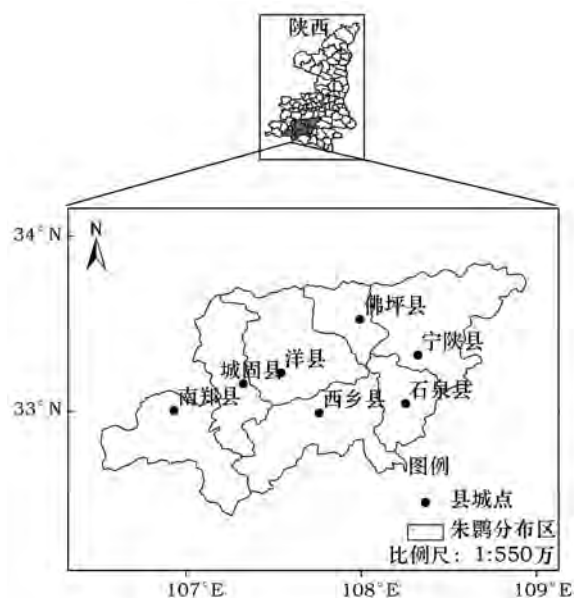


图1 陕西朱鹮分布区范围

Fig.1 The distribution area of crested ibis in Shaanxi Province, China

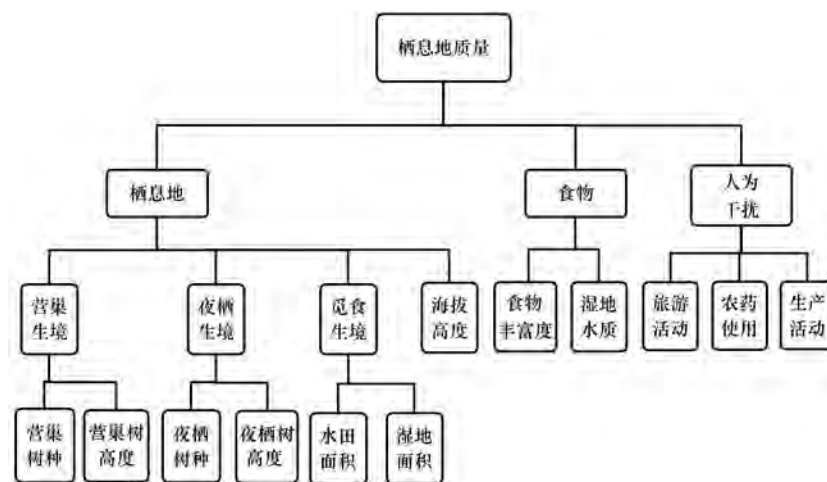


图2 栖息地质量评价因子的组织结构

Fig.2 Organization structure of the items in habitat suitability assessment

3.2 指标权重分析

3.2.1 层次分析法原理 将评价系统的有关方案的各种要素分解成若干层次,并以同一层次的各种要素按照上一层要素为准则,进行两两判断比较并计算出各要素的权重,根据综合权重按最大权重原则确定最优方案^[14]。

3.2.2 两两比较 根据各因子对栖息地质量影响的相对程度,通过两两因子之间的比较确定每个因子的相对重要性值(表1)。食物是维持恒温动物生存的主要因素,而冬水田的减少是导致朱鹮数量减少的关键因素,在进行两两比较时食物丰富度和水田面积这两个因子的重要度值最高,列为第一等级;

湿地水质、湿地面积和农药使用是影响朱鹮巢址选择、觅食、夜宿和食物的重要因子,列为第二等级;相对于朱鹮的营巢树种和夜栖树种,营巢树和夜栖树的高度对于营巢和夜栖生境的选择更为重要,所以将这两个因子列为第三等级;海拔和生产活动列为第四等级;营巢树种和夜栖树种对栖息地影响较小,为第五等级;旅游活动对朱鹮的影响相比其他因素影响最小,列为第六等级。

表1即为两两比较后的重要度值的12×12的初级矩阵A。将矩阵A按列归一化:

$$b_{ij} = a_{ij} / \sum a_{ij} \quad (1)$$

根据公式(1)得矩阵:

$$B = \begin{bmatrix} 0.029 & 0.021 & 0.038 & 0.029 & 0.021 & 0.021 & 0.027 & 0.038 & 0.027 & 0.043 & 0.027 & 0.021 \\ 0.087 & 0.063 & 0.064 & 0.087 & 0.063 & 0.082 & 0.053 & 0.064 & 0.053 & 0.087 & 0.053 & 0.082 \\ 0.145 & 0.188 & 0.191 & 0.145 & 0.188 & 0.164 & 0.214 & 0.191 & 0.214 & 0.130 & 0.214 & 0.164 \\ 0.029 & 0.021 & 0.038 & 0.029 & 0.021 & 0.021 & 0.027 & 0.038 & 0.027 & 0.043 & 0.027 & 0.021 \\ 0.087 & 0.063 & 0.064 & 0.087 & 0.063 & 0.082 & 0.053 & 0.064 & 0.053 & 0.087 & 0.053 & 0.082 \\ 0.058 & 0.031 & 0.048 & 0.058 & 0.031 & 0.041 & 0.036 & 0.048 & 0.036 & 0.065 & 0.036 & 0.041 \\ 0.116 & 0.126 & 0.096 & 0.116 & 0.126 & 0.123 & 0.107 & 0.096 & 0.107 & 0.109 & 0.107 & 0.123 \\ 0.145 & 0.188 & 0.191 & 0.145 & 0.188 & 0.164 & 0.214 & 0.191 & 0.214 & 0.130 & 0.214 & 0.164 \\ 0.116 & 0.126 & 0.096 & 0.116 & 0.126 & 0.123 & 0.107 & 0.096 & 0.107 & 0.109 & 0.107 & 0.123 \\ 0.014 & 0.016 & 0.032 & 0.014 & 0.016 & 0.014 & 0.021 & 0.032 & 0.021 & 0.022 & 0.021 & 0.014 \\ 0.116 & 0.126 & 0.096 & 0.116 & 0.126 & 0.123 & 0.107 & 0.096 & 0.107 & 0.109 & 0.107 & 0.123 \\ 0.058 & 0.031 & 0.048 & 0.058 & 0.031 & 0.041 & 0.036 & 0.048 & 0.036 & 0.065 & 0.036 & 0.041 \end{bmatrix}$$

表1 各因子的相对重要度值

Table 1 The relative importance value of each factor

	TSN	NTH	APF	TNP	NPH	ELE	AW	FA	WWQ	TA	PU	HA
TSN	1	1/3	1/5	1	1/3	1/2	1/4	1/5	1/4	2	1/4	1/2
NTH	3	1	1/3	3	1	2	1/2	1/3	1/2	4	1/2	2
APF	5	3	1	5	3	4	2	1	2	6	2	4
TNP	1	1/3	1/5	1	1/3	1/2	1/4	1/5	1/4	2	1/4	1/2
NPH	3	1	1/3	3	1	2	1/2	1/3	1/2	4	1/2	2
ELE	2	1/2	1/4	2	1/2	1	1/3	1/4	1/3	3	1/3	1
AW	4	2	1/2	4	2	3	1	1/2	1	5	1	3
FA	5	3	1	5	3	4	2	1	2	6	2	4
WWQ	4	2	1/2	4	2	3	1	1/2	1	5	1	3
TA	1/2	1/4	1/6	1/2	1/4	1/3	1/5	1/6	1/5	1	1/5	1/3
PU	4	2	1/2	4	2	3	1	1/2	1	5	1	3
HA	2	1/2	1/4	2	1/2	1	1/3	1/4	1/3	3	1/3	1

注:TSN: Tree Species for Nesting, 营巢树种;NTH: Nesting Tree Height, 营巢树高;TNP: Tree Species for Night-perching, 夜栖树种;NPH: Night-Perching Tree Height, 夜栖树高;APF: Area of Paddy Field, 水田面积;AW: Wetland Area, 湿地面积;ELE: Elevation, 海拔高度;FA: Food Abundance, 食物丰富度;WWQ: Wetland Water Quality, 湿地水质;TA: Tourism Activities, 旅游活动;PU: Pesticide Use, 农药使用;HA: Human Activities, 生产活动。

2013年1月

将矩阵 B 按行求和:

$$r_i = \sum b_{ij} \quad (2)$$

根据公式(2)得到矩阵 R 。

将矩阵 R 归一化:

$$w_i = r_i / \sum r_i \quad (3)$$

根据公式(3)所得 w_i 即为矩阵 A 的特征向量的近似值。矩阵:

$$W = \begin{pmatrix} 0.028 \\ 0.070 \\ 0.179 \\ 0.028 \\ 0.070 \\ 0.045 \\ 0.112 \\ 0.179 \\ 0.112 \\ 0.020 \\ 0.112 \\ 0.045 \end{pmatrix}$$

3.2.3 一致性检验 在实际评价中只能对矩阵 A 进行粗略判断,有时会犯不一致的错误,为了检验判断矩阵的一致性,根据层次分析法的原理,计算一致性指标 $C.I.$:

$$C.I. = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1) \quad (4)$$

$$\text{其中 } \lambda_{\max} = 1/n \sum ((AW)_i / w_i) \quad (5)$$

根据计算 $\lambda_{\max} = 12.2107$, $C.I. = 0.0192$

根据 $C.I.$ 计算随机一致性比值 $C.R. = C.I./R.I.$, 其中 $R.I.$ 为平均随机一致性指标,可以通过查表获得,当 $C.R. < 0.1$ 时,认为判断矩阵满足一致性要求。通过实际计算,可以获得 $C.R. = 0.0192/1.54 = 0.0125 < 0.1$, 因此接受原来的判断矩阵 A 具有高度的一致性。

3.2.4 权重分析 根据层次分析法计算出的各环境因子的权重值如表2所示。

3.3 评价因子分类和赋值

3.3.1 评价因子的分级和所赋分值 评价因子的分级和所赋分值详见表3。一个地区的栖息地适宜性评价所得的分值为各项的分值和权重的乘积之

和。评价得分的最高值为100,最低值为18.275,根据各等级的划分,总分在84分以上的为最适宜等级,在67~84分之间的为适宜等级,51~67分之间的为基本适宜等级,35~51分之间为不适宜等级,分值在35分以下为极不适宜等级。

3.3.2 评价指标选择和赋值说明

(1)营巢树种:朱鹮主要的营巢树种是马尾松、栓皮栎和油松,偶尔选择泡桐(*Paulownia fortunei*)、化香(*Platycarya strobilacea*)和榆树(*Ulmus pumila*)等树种筑巢^[15],所以本文认为朱鹮适宜的营巢树种是马尾松、栓皮栎和油松,其中朱鹮在马尾松上的营巢频率最高,因此认为马尾松为最适宜营巢树。

(2)营巢树高度:朱鹮一般选择高大的树木筑巢,营巢树的高度平均在19m左右,朱鹮较少选择低于15m的树木,所以认为平均树高19m以上最适宜朱鹮营巢。

(3)夜栖树种:朱鹮主要选择的夜栖树有麻栎、槲栎(*Quercus aliena*)、栓皮栎、油松和马尾松等,其中栎树是最适宜的夜栖树种^[16]。

(4)夜栖树高度:朱鹮主要选择在15m以上的高大树木上栖息,因此将15m以上的树高定义为最适宜等级。

(5)水田面积:冬水田是朱鹮冬季的主要觅食地,而夏水田是朱鹮在繁殖期和游荡期的重要觅食地,刘冬平等^[4]认为水田面积在3hm²/km²的样地可以作为朱鹮的潜在繁殖地,根据这个标准,本文将3hm²/km²定义为适宜,5hm²/km²为最适宜。

(6)海拔高度:在海拔1400m以上和海拔200m以下的地区,很少见朱鹮活动,朱鹮分布区的海拔主要在800~1400m之间^[17]。

(7)湿地面积:除了水田外,其他湿地尤其是滩涂湿地是朱鹮在繁殖期,越冬期和游荡期的重要觅食地^[16-18]。

(8)食物丰富度:据史东仇等^[19]对朱鹮游荡区食物丰富度的样方调查,本文将各种不同类型样地的

表2 各评价指标的权重值

Table 2 Weighting value of 12 factors

TSN	NTH	APF	TNP	NPH	ELE	AW	FA	WWQ	TA	PU	HA
0.028	0.070	0.179	0.028	0.070	0.045	0.112	0.179	0.112	0.020	0.112	0.045

注:代码和表1相同。

表3 评价指标适宜性分类和所赋分值

Table 3 The classification and value assignment of suitability evaluation factor

评价指标	包含项目	适宜状况	所赋分值	备注
营巢树	马尾松林或栓皮栎林	非常适宜	100	郁闭度在60%以上
	油松、栎类针阔混交林	适宜	75	
	华山松林或柏树林	基本适宜	50	
	其他林型	不适宜	25	
营巢树高度	乔木平均高度19m以上	非常适宜	100	
	15~19m	适宜	75	
	8~15m	基本适宜	50	
	<8m	不适宜	25	
夜栖树	栎桦林	非常适宜	100	郁闭度在40%以上
	油松、栎类针阔混交林或马尾松林	适宜	75	
	华山松或柏树林	基本适宜	50	
	其他林型	不适宜	25	
夜栖树高度	15m以上	非常适宜	100	
	10~15m	适宜	75	
	8~10m	基本适宜	50	
	<8m	不适宜	25	
水田面积	面积>5hm ²	非常适宜	100	包括冬水田和夏水田
	3~5hm ²	适宜	75	
	1.5~3hm ²	基本适宜	50	
	0.5~1.5hm ²	不适宜	25	
海拔	800~1400m	非常适宜	100	以繁殖期的分布海拔为参考基准
	400~800m	适宜	75	
	200~400m	基本适宜	50	
	<200m或者>1400m	不适宜	25	
湿地面积	>3hm ²	非常适宜	100	水田除外,水深浅于30cm的河流滩涂等湿地
	2~3hm ²	适宜	75	
	1~2hm ²	基本适宜	50	
	0.5~1hm ²	不适宜	25	
食物丰富度	>6g/m ²	非常适宜	100	以繁殖期每天取食重量为基准
	(4~6)g/m ²	适宜	75	
	(2~4)g/m ²	基本适宜	50	
	<2g/m ²	不适宜	25	
湿地水质	一、二类水质	非常适宜	100	根据GB3838-2002《地表水环境质量标准》
	三类水质	适宜	75	
	四类水质	基本适宜	50	
	五类水质	不	25	
旅游活动	没有	非常适宜	100	无旅游活动
	较少	适宜	75	<10人次/天
	较多	基本适宜	50	<50人次/天
	很多	不适宜	25	>50人次/天
农药使用	无农药:不使用	非常适宜	100	主要为有机氯和有机磷农药
	少量:使用1次	适宜	75	
	中度:使用2~3次	不适宜	25	
	严重:大于3次	极不适宜	0	
生产活动	无	基本适宜	50	
	正常耕作和鱼池修建等	非常适宜	100	
	渔猎	不适宜	25	
	河道开采或厂矿开发	极不适宜	0	

2013年1月

1m×1m的生物量平均后得出生物量是2.89g/m²,朱鹮在游荡期的每天取食为130g,在繁殖期每天取食260g,所以认为如果1m×1m样方的生物量在5.78g/m²以上,表明食物丰富,可以满足朱鹮食物所需。

(9)湿地水质:湿地的水环境质量直接影响朱鹮的生存和繁殖及觅食^[13],根据GB3838-2002《地表水环境质量标准》定义湿地质量。其中二类以上水质为最适宜等级,三类水为适宜等级,四类水为基本适宜等级,而五类水质则为不适宜等级。湿地水质应用多参数水质监测仪测量,主要关注的是重金属指标。

(10)旅游活动:由于朱鹮对人为干扰有一定的适应性,所以少量的旅游活动对朱鹮的影响不大,但是频繁的旅游会严重影响朱鹮的行为节律和觅食^[20]。

(11)农药使用:农药的使用是历史上造成朱鹮数量下降的主要因素^[21]。

(12)生产活动:朱鹮是人类的伴生物种,常常选择在村庄和水田周围活动,正常的耕作等活动对朱鹮有利^[11-12],但是渔猎、河道开采和厂矿开发对朱鹮的生存产生严重不利影响^[21]。

李欣海等^[9]认为朱鹮的领域为1km²,因此本文实际的指标测量也以1km²为基准选择样地。

4 实证分析

4.1 城固县孙坪栖息地

陕西省城固县孙坪栖息地,其区域范围地理坐标为:107°21'43"E-107°23'12"E和32°57'24"N-33°00'37"N,海拔561~698m,位于汉中盆地南部,大巴山北坡低山区,属于亚热带气候区,年降雨量1000mm以上,山间沟谷开垦有少量稻田,河流边以

及村落栽种有成排(片)的杨树,山势较缓,坡地上有成片的针阔混交林,优势树种主要为栓皮栎、马尾松和油松等。自2003年开始,该地每年都有朱鹮繁殖的记录,孙坪栖息地适宜性评价见表4。

孙坪栖息地适宜性评价的总分为:

$$\begin{aligned} &100 \times 0.028 + 75 \times 0.070 + 100 \times 0.179 + 75 \times 0.028 \\ &+ 100 \times 0.070 + 75 \times 0.045 + 75 \times 0.112 + 50 \times 0.179 \\ &+ 75 \times 0.112 + 100 \times 0.020 + 25 \times 0.112 + 25 \times 0.045 \\ &= 70.100 \end{aligned}$$

这个分数属于适宜等级,即孙坪适宜于朱鹮生存,但是所面临的问题是当地农药的使用和渔猎活动的发生。

4.2 宁陕寨沟朱鹮野化放飞区

朱鹮再引入区的调查区位于陕西省宁陕县的寨沟及相邻区域,其区域范围地理坐标为:108°17'03"E-108°20'36"E和33°18'12"N-33°23'38"N,海拔730~1100m,该区域位于陕西秦岭中段南坡,属山地南温带气候,年平均降水量899mm,植被为有部分常绿树种的落叶阔叶林带,主要乔木有马尾松、油松、麻栎、栓皮栎、板栗(*Castanea mollissima*)等。林地的森林覆盖率达80%。沿沟谷小溪均有稻田分布,还有少量人工种植的莲藕地,为朱鹮提供了多样的觅食环境,自2007年朱鹮野化放飞以来,每年均有成功繁殖的记录,宁陕寨沟朱鹮野化放飞区的栖息地适宜性评价见表5。

宁陕寨沟栖息地适宜性评价的总分为:

$$\begin{aligned} &75 \times 0.028 + 75 \times 0.070 + 100 \times 0.179 + 75 \times 0.028 \\ &+ 100 \times 0.070 + 100 \times 0.045 + 25 \times 0.112 + 50 \times 0.179 \\ &+ 75 \times 0.112 + 50 \times 0.020 + 100 \times 0.112 + 100 \times 0.045 \\ &= 75.700 \end{aligned}$$

表4 孙坪的栖息地适宜性评价

Table 4 The habitat suitability evaluation in Sunping, Chenggu County, Shaanxi Province, China

	TSN	NTH	APF	TNP	NPH	ELE	AW	FA	WWQ	TA	PU	HA
适宜状况	非常适宜	适宜	不适宜	适宜	适宜	适宜	适宜	适宜	适宜	适宜	不适宜	适宜
所得分值	100	75	25	75	100	75	75	50	75	100	25	25
备注	马尾松和栓皮栎混交林	15~19m	无大面积积水田	混交林	>15m	440~690m	3hm ²	3.1g/m ²	三类水质	无旅游活动	使用普遍	有渔猎活动

注:代码和表1相同。

表5 宁陕寨沟朱鹮野化放飞区的栖息地适宜性评价

Table 5 The habitat suitability evaluation in Zhaigou, Ningshan County, Shaanxi Province, China

	TSN	NTH	APF	TNP	NPH	ELE	AW	FA	WWQ	TA	PU	HA
适宜状况	适宜	适宜	非常 适宜	适宜	非常 适宜	非常适 宜	不适宜	基本 适宜	适宜	适宜	非常 适宜	非常 适宜
所得分值	75	75	100	75	100	100	25	50	75	75	100	100
备注	油松、 栎类针 阔混交	15~19 m	>5hm ²	油松、 栎类针 阔混交	>15m	>800 m	0.5~1 hm ²	3.4 g/m ²	三类 水质	<10 人次 /天	不使 用	正常生 产活动

注:代码和表1相同。

这个分数属于适宜等级,但是所面临的问题是湿地滩涂面积较少,朱鹮的食物丰富度较低,为了保障朱鹮的食物供给,冬季当地管护部门需进行人工投食。

5 结论与讨论

5.1 层次分析法的应用

层次分析法自20世纪80年代问世以来已经广泛应用于环境评价。层次分析法的优点是各评价因子的重要性非常明显^[22]。但是在对每个评价因子进行权重分析时,常常根据经验判断而具有主观性。影响朱鹮栖息地的环境因素和人为因素很多,我们根据文献和实地调查从中选择了12个能够直观反映朱鹮栖息地而且相对重要的因子,并首次应用层次分析法以孙坪和宁陕朱鹮野化区为实例进行了评价与验证,评价结果基本反映出栖息地的实际情况。

5.2 影响朱鹮栖息地适宜性的主要限制因子

刘冬平等^[23]认为在繁殖期朱鹮对水田的利用率显著高于针阔混交林的利用率,马志军等^[24]发现冬季朱鹮主要的觅食地是冬水田,而根据赵洪峰等^[7]对宁陕野化放飞区的观察,朱鹮在越冬期主要选择的觅食地也是冬水田,本文对新扩散区城固县孙坪朱鹮的观察也发现水田是主要的觅食地(繁殖期)。

另外,朱鹮的营巢和夜栖都选择在高大的树木上,因此水田和植被状况(主要是乔木)是影响朱鹮繁殖地、夜宿地和越冬地适宜性的主要限制因子;而在游荡期,成群的朱鹮在水库和河流边的浅滩觅食^[16],并选择在高大树木上夜宿,因此对于游荡期影响朱鹮栖息地适宜性的主要限制因子是湿地(河流,浅滩和水库)和植被状况。

5.3 朱鹮的扩散

Li, X.H.等^[3]认为在洋县朱鹮适宜栖息地面积仅约占洋县面积的25%,刘冬平等^[4]也认为朱鹮的潜在繁殖地只是汉中市的局部地区,但是近年朱鹮在距离洋县较远的再引入区繁殖成功,而且2011年在洋县北邻的太白县也发现了朱鹮。据此本研究可以推测秦岭作为朱鹮的历史分布区可能有更多的地区和栖息地适合朱鹮生存。从孙坪和寨沟栖息地适宜性评价的结果似乎支持这个结论。

5.4 朱鹮现在面临的主要威胁

随着朱鹮种群数量的增加,扩散的朱鹮常常会在自然保护区以外新的地方进行繁殖。由于当地保护部门的宣传和居民保护意识的提高,猎杀和毒杀朱鹮的事件已经鲜有发生,但是在自然保护区外,新的扩散区和再引入区的农药使用,河流污染,渔猎和河道开采等活动对于朱鹮仍旧是潜在的威胁。尤其是农药使用和污染很可能导致朱鹮的繁殖成功率下降甚至繁殖失败^[25],因此有必要对朱鹮扩散区和再引入区的觅食地和繁殖地进行提前保护。建立朱鹮扩散区和再引入区的种群动态和栖息地监测体系,健全当地居民的生态补偿机制,发展绿色农业,减少河流污染,是保护扩散和再引入朱鹮种群及其栖息地的有利措施。

参考文献 (References):

- [1] 张一诺. 朱鹮远飞须三问[N]. 中国绿色时报, 2011-01-13(4).
- [2] 丁长青. 朱鹮研究[M]. 上海: 上海科技教育出版社, 2004.
- [3] Li, X. H., D. M. Li, Y. M. Li, et al.. Habitat evaluation for crested ibis: a GIS-based approach[J]. *Ecological Research*, 2002, 17(5): 565-573.

2013年1月

- [4] 刘冬平,丁长青,楚国忠. 朱鹮的潜在繁殖地[J]. 动物学报, 2006,52(1):11-20.
- [5] 杨起超. 陕西省汉中地区地理志[M]. 西安:陕西人民出版社, 1993.
- [6] 李欣海,李典谟,丁长青,等. 朱鹮(*Nipponia nippon*)栖息地质量的初步评价[J]. 生物多样性,1999,7(3):161-169.
- [7] 赵洪峰,罗磊,常秀云,等. 陕西宁陕野化放飞朱鹮秋季觅食地选择与食物丰富度[J]. 动物学杂志,2010,45(1):83-89.
- [8] 王中裕,赵利敏,王琦. 朱鹮营巢生境的分析[J]. 动物学杂志, 2000,35(1):28-31.
- [9] 李欣海,马志军,李典谟,等. 应用资源选择函数研究朱鹮的巢址选择[J]. 生物多样性,2001,9(4):352-358.
- [10] 马志军,丁长青,翟天庆,等. 朱鹮的巢址变化及其影响[A]. 中国鸟类学研究[C]. 北京:中国林业出版社,2000.
- [11] 李欣海,马志军,丁长青,等. 朱鹮分布与栖息地内农民的关系[J]. 动物学报,2002,48(6):725-732.
- [12] 罗磊,赵洪峰,常秀云,等. 宁陕野化放飞朱鹮秋冬季节日间活动时间分配和节律[J]. 应用与环境生物学报,2010,16(6):833-839.
- [13] 张跃明,路宝忠,翟天庆,等. 朱鹮死亡原因与保护对策[A]. 稀世珍禽——朱鹮[C]. 北京:中国林业出版社,2000.
- [14] 王莲芬,许树柏. 层次分析法引论[M]. 北京:中国人民大学出版社,1990.
- [15] 张智,丁长青. 中国朱鹮就地保护与研究进展[J]. 科技导报, 2008,26(14):48-53.
- [16] 王中裕,王琦,翟天庆. 朱鹮游荡期的生态观察[J]. 四川动物, 2000,19(2):60-61.
- [17] 丁长青,刘冬平. 野生朱鹮保护研究进展[J]. 生物学通报, 2007,42(3):1-4.
- [18] 马志军,丁长青,李欣海,等. 朱鹮冬季觅食地的选择[J]. 动物学研究,2001,22(1):46-50.
- [19] 史东仇,于晓平,路宝忠,等. 朱鹮的食性资料和游荡期的食物丰度[J]. 西北大学学报,1991,21(S1):37-42.
- [20] 周学红,蒋琳,王强,等. 朱鹮游荡期对人类干扰的耐受性[J]. 生态学报,2009,29(10):5176-5184.
- [21] 史东仇,于晓平,范传道,等. 朱鹮(*Nipponia nippon*)衰亡过程之叙述[J]. 西北大学学报,1991,21(S1):25-30.
- [22] 李军锋,李天文,金学林,等. 基于层次分析法的秦岭地区大熊猫栖息地质量评价[J]. 山地学报,2005,23(6):694-701.
- [23] 刘冬平,丁长青,楚国忠. 朱鹮繁殖期的活动区和栖息地利用[J]. 动物学报,2003,49(6):755-763.
- [24] 马志军,丁长青,李欣海,等. 朱鹮冬季觅食地的选择[J]. 动物学研究,2002,22(1):46-50.
- [25] 丁长青,李锋. 朱鹮的保护与研究[J]. 动物学杂志,2005,40(6):54-62.

Crested Ibis Habitat Assessment Using Analytical Hierarchy Processes

ZHAO Hongfeng¹, LUO Lei², HOU Yubao², FU Zhichao³, XIE hui³, GAO Xuebin²

(1. College of Life Sciences, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China;

2. Shaanxi Institute of Zoology, Xi'an 710032, China;

3. Wildlife Conservation Station of Chenggu County, Chenggu 723200, China)

Abstract: The crested ibis (*Nipponia nippon*) is a globally endangered bird distributed on southern slopes of the Qinling Mountains. There were only seven individuals remaining when the species was rediscovered in 1981. Wild and artificial breeding has increased the number of ibis to more than 1,600. The species has also started to disperse to neighboring areas. In this paper, habitat suitability of crested Ibis was evaluated using analytical hierarchy process method across its previous range and new dispersal zone. Field surveys were carried out in Yangxian, Chenggu, Xixiang, Foping, Nanzheng and two other reintroduction areas, Ningshaan and Shiquan. Twelve items were chosen to establish an index system for habitat suitability assessment including habitat, food and human disturbance. The habitat includes nesting sites, night-perching sites, foraging sites, wintering sites and wandering areas. The habitat system included seven items: tree species for nesting (*Pinus massoniana*, *Pinus tabulaeformis*, *Quercus variabilis*), nesting tree height (average height above 15m), tree species for night-perching (*Pinus massoniana*, *Quercus acutissima*, *Quercus aliena*), night-perching tree height (above 15m), area of paddy field (both summer and winter paddy field, usually larger than 3 hm²/km²), wetland area (usually larger than 3 hm²/km²) and elevation (200~1400m). The food system included two items: food abundance (total food biomass larger than 6g/m²) and wetland water quality (national water quality standards). The human disturbance system included three items: pesticide use (normally one or two times), tourism and human activities (mainly mining development, fishing). We applied this system to assess new sites for crested ibis, and found that Sunping of Chenggu county are suitable for crested ibis; however, pesticide use and fishing may be potential threats to the species. The Zhaigou reintroduction area of Ningshaan is also suitable (the total score is 75.7), but food shortage may be a problem. This assessment may provide new avenues for species conservation.

Key words: Crested ibis; Habitat suitability; Assessment; AHP