DOI: 10.5846/stxb201411142260
刘鹏,代娟,曹大藩,李志宏,张立.普洱市亚洲象栖息地适宜度评价.生态学报,2016,36(13): - .
Liu P, Dai J, Cao D F, Li Z H, Zhang L.Habitat suitability assessment for Asian elephant in Pu′er prefecture in the Yunnan province of China.Acta Ecologica Sinica,2016,36(13): - .

普洱市亚洲象栖息地适宜度评价

刘 鹏[1],代 娟[1,2],曹大藩[3],李志宏[4],张 立[1,*]

1 北京师范大学生命科学学院,教育部生物多样性与生态工程重点实验室,北京 100875

2 北京市第五中学,北京 100007

3 国际爱护动物基金会亚洲象保护项目,普洱 665000

4 普洱市林业局,普洱 665000

摘要: 亚洲象(*Elephas maximus*)属于我国Ⅰ级保护动物,在中国仅分布于云南省西双版纳国家级自然保护区、普洱市的思茅区、澜沧县和江城县,以及临沧南滚河国家级自然保护区。将普洱全境作为研究区域,利用野外调查数据,结合遥感与地理信息系统技术,运用生态位因子分析(ENFA)模型对普洱市亚洲象的栖息地适宜度进行了评价,并预测了适宜栖息地的分布。发现:普洱市亚洲象栖息地的边际值为 0.991,表明亚洲象在普洱市境内对环境变量的选择不是随机的;耐受值为 0.315,表明亚洲象在普洱市境内生态位较窄,受环境条件的制约。根据模型计算得到的栖息地适宜度指数,将普洱市的亚洲象栖息地分为最适栖息地,较适栖息地,边际栖息地和非栖息地 4 个等级,面积分别为 409.32 km^2、574.32 km^2、2909.48km^2和 38722.32 km^2。最适栖息地仅占全市面积的 0.96%,而非栖息地占 90.86%。利用 GIS 和 Biomapper 4.0 生成亚洲象栖息地分布图,发现普洱境内最适栖息地和较适栖息地面积狭小。对最适栖息地、较适栖息地和边际栖息地进行景观格局分析的结果表明,三种类型的栖息地破碎化均十分严重,连通度较低,栖息地内受到较大程度的人类活动的干扰。因此建议在普洱和西双版纳间尽快建立野生动物生态廊道,以加强亚洲象各种群间的交流。

关键词:亚洲象; 普洱; 生态位因子分析; 栖息地评价

Habitat suitability assessment for Asian elephant in Pu′er prefecture in the Yunnan province of China

LIU Peng[1], DAI Juan[1], CAO Dafan[3], LI Zhihong[4], ZHANG Li[1,*]

1 *Key Laboratory for Biodiversity Science and Ecological Engineering, Ministry of Education, College of Life Science, Beijing Normal University, Beijing* 100875, *China*

2 *Beijing No.5 Middle School, Beijing* 100007, *China*

3 *Asian Elephant Conservation Program of International Fund for Animal Welfare, Pu'er* 665000, *China*

4 *Forestry Bureaus of Pu'er City, Pu'er* 665000, *China*

Abstract: The Asian elephant (*Elephas maximus*) is listed as a first-class protected species in China, and is only distributed in Xishuangbanna, Pu′er, and Lincang prefectures of Yunnan Province. The main threats to the survival of elephants in China were habitat loss and fragmentation. Only 5 elephants were reported in Pu′er in 1996, and currently, there are over 80 elephants belonging to 8 groups living in the region. In this study, we collated 152 elephant occurrence points within the entire Pu′er range in 2010, and assessed habitat suitability for Asian elephant in Pu′er, based on Ecological Niche Factor Analysis (ENFA) of the field survey data. We also predicted the distribution of suitable habitats for

基金项目:国家自然科学基金会资助项目(31172108);美国内政部鱼和野生动物管理局亚洲象保护基金资助项目(98210-8-G565)

收稿日期:2014-11-14; **网络出版日期**:2015-00-00

* 通讯作者 Corresponding author.E-mail: asterzhang@bnu.edu.cn

elephants in Pu′er. The marginality value obtained from ENFA was 0.992. This result indicated that the deviation of the preferable niche of elephants was different from the average value of the environment, and that elephants chose their habitat non-randomly. The tolerance value was 0.315, which indicated that the niche of Asian elephant was narrow, and that environment indicators restricted the survival of elephants. Results showed that the elephants in Pu′er preferred natural forest with low elevation (<1419 m) and moderate slopes (<14°), as well as areas far from streams and human disturbance (villages and roads). We divided elephant habitat in Pu′er into 4 categories: optimal habitat (409.32 km^2), suitable habitat (574.32 km^2), marginal habitat (2,909.48 km^2), and unsuitable habitat (38,722.32 km^2). The unsuitable habitat accounted for 90.86% of the total area, whereas the optimal habitat occupied only 0.96%. Natural forest is the major vegetation type in optimal (55.6%), suitable (54.55%), and marginal (48.21%) habitats, but it constituted only 33.05% of the unsuitable habitat, indicating that natural forest is the preferred habitat for Asian elephants. According to landscape structure analysis using FRAGSTATS, the mean patch fractal dimension indices (FRAC_MN) for marginal, suitable, and optimal habitats were found to be close to 1, and the meancontiguity indices (CONTIG_MN) were found to be 0.12-0.15. Landscape analysis showed that the optimal, suitable, and marginal habitats all suffered severe fragmentation, low connectivity, and high levels of human disturbance. In comparison with real distribution, the predicted map incorporated some farmlands where Asian elephants forage. The proportion of optimal and suitable habitat in Pu′er is very low, owing to the loss of natural forest and the cultivation of economic plants. It is critical to establish protected areas in the habitat of Asian elephants, in combination with effective conservation measures. In addition, the three main areas of elephant distribution in Pu′er are isolated. It is understood that low connectivity among populations impedes important communication among different population groups. Therefore, it is also necessary to establish and restore ecological corridors to link the current elephant habitats in Pu′er, and to increase their connection with other elephant populations in Xishuangbanna.

Key Words: Asian elephant (*Elephas maximus*); Pu′er prefecture; Ecological Niche Factor Analysis; habitat assessment

栖息地保护是目前野生动物保护工作的关键,栖息地质量量化对于动物种群管理及保护计划制定具有重要意义[1-2]。栖息地评价是对栖息地质量进行量化的有效手段,其主要目标是通过分析目标物种的栖息地要求及其与当地自然环境的匹配关系,明确栖息地的分布范围与特征[3]。它对于了解栖息地退化的程度和空间分布,设定栖息地恢复重建的标准和评估其效果有重要作用。利用模型来评价特定物种的生境适宜性、预测潜在适宜生境及物种地理分布,是开展生物多样性保护、物种监测和管理中的重要工具和有效手段[4-5]。生态位因子分析(Ecological Niche Factor Analysis,ENFA)是基于物种发生数据和一系列生态地理变量,通过对物种生态位和生态位幅度及其与整个研究区域环境因子的平均状态和变异相互比较,进而计算物种适生性的模型(habitat suitability model,HS model)[6]。

亚洲象(*Elephas maximus*)属于国家Ⅰ级保护动物,在我国仅分布于云南省西双版纳国家级自然保护区、普洱市的思茅区、澜沧县和江城县,以及临沧南滚河国家级自然保护区。目前亚洲象生存所面临的最大威胁是栖息地的丧失和破碎化。本研究组此前对普洱市思茅区内亚洲象对栖息地的选择和利用进行过研究,但尚未有人对普洱全境的亚洲象栖息地现状做过分析评价。近年来普洱市亚洲象的种群数量不断增加,已经从最初于 1996 年由景洪大渡岗乡的勐满、大荒田进入普洱境内的 1 群 5 头增加到现在的 80 余头,约占全国亚洲象总数的 40%。随着亚洲象种群数量的增加,人象之间的冲突随之加剧。因此,了解目前亚洲象栖息地现状,制定栖息地保护和恢复计划成为保护工作的重点。

本研究将利用生态位因子分析模型,结合地理信息技术手段,对普洱全境的亚洲象栖息地进行适宜度的评价和预测,以期进一步了解该区域内亚洲象适宜栖息地的分布格局及面积大小,研究影响亚洲象栖息地质量的主要因素,为保护区和生态廊道的规划提供科学依据。

1　材料与方法

1.1　研究区域

本研究以普洱市全境为研究区域,对普洱市境内亚洲象的栖息地进行分析和预测。普洱市位于云南省西南部,云贵高原西南边缘,属横断山脉南段,地处 99°09′—102°19′E, 22°02′—24°50′N。全市辖景东、镇沅、景谷、墨江、宁洱、江城、澜沧、孟连、西盟 9 县和思茅区,是云南省面积最大的一个地区,并与老挝、越南、缅甸接壤。

普洱市地形多样,雨量充沛,阳光充足,动植物资源丰富。森林覆盖为该区植被,海拔 800—1400 m 地带为常绿针阔叶混交林带,针叶林带主要为思茅松,广泛分布在海拔 1000—1800 m 的山区、半山区。据调查,已知的高等植物有 352 个科,1688 属,5600 多种,鸟兽 470 多种,两栖爬行类 46 种

1.2　研究方法

1.2.1　生态位因子分析模型

采用生态位因子分析(Ecological Niche Factor Analysis, ENFA)模型对研究区内的亚洲象栖息地适宜性进行分析与评价。ENFA 是研究物种地理分布的一种多变量分析方法,其最大优点是模型计算只需物种出现点的数据,而不需要非出现点的数据[6-7]。物种分布区域和环境背景之间的差异主要通过计算如下三个指标得到:

边际值(Marginality, M):　$$M = \frac{|m_G - m_S|}{1.96\sigma_G}$$

特异值(Specialisation, S):　$$S = \frac{\sigma_G}{\sigma_S}$$

耐受值(Tolerance, T):　$$T = \frac{1}{S}$$

m_G为整个研究区域在某一生态地理变量(ecogeographical variable, EGV)轴上的平均值,σ_G为其标准差;m_S为某一物种分布区内该生态地理变量的平均值,σ_S为其标准差。边际值 M 描述了物种适宜分布区内 EGV 均值与整个研究区范围内 EGV 均值之间的距离,M 值越大,表明物种分布越不随机。特异值 S 描述了物种适宜分布区内 EGV 变异范围与整个研究区内 EGV 变异范围的比率,S 值越大,表明物种生态位的特化程度越高。耐受值 T 是 S 的倒数,T 值越小,表明物种分布越狭窄[8]。

ENFA 分析在 Biomapper4.0[9](URL: http://www2.unil.ch/biomapper) 软件中运行,并基于 Boyce 等方法评价模型的精确性[10],生成 P/E 曲线判断模型[11]。

1.2.2　栖息地评价

将 2010 年野外调查期间记录到的亚洲象活动痕迹(足迹、粪便、卧息、觅食等)作为分布点数据。数据采自普洱市思茅区和澜沧县糯扎渡地区,共 152 个分布点。

用于评价亚洲象栖息地的生态地理变量有三种:地理环境因素(海拔、坡度、坡向、坡位、河流),植被覆盖因素(天然林、思茅松、经济林、农田)和人为干扰因素(居名点、主要公路、乡村土路)。根据各种生态地理变量的作用方式,可将它们重分为三类:资源因素、限制因素和干扰因素,经转化处理得到 19 个生态地理变量,通过相关性分析最终选择 17 个生态地理变量用于 ENFA 分析(表 1)。

在 Biomapper 4.0 中进行 ENFA 分析,采用中位数(Median)算法提取累计贡献率达到需求的前 n 个因子生成栖息地适宜度分布图,适宜度指数(Habitat Suitability Index, HSI)的取值范围为 0—100,根据 P/E 曲线将栖息地划分为合适的等级[6]。

1.2.3　景观格局分析

基于亚洲象栖息适宜度指数,运用 FRAGSTATS3.3[12]软件计算亚洲象栖息斑块类型水平上的 6 个指数:

斑块数目(number of patches, NP),斑块密度(patch density, PD),平均斑块面积(mean patch area, AREA_MN),最大斑块指数(largest patch index, LPI),斑块分维数(fractal dimension index, FRACT),斑块连通度指数(contiguity index, CONTIG)。

斑块数(NP)在类型级别上表示景观中某一斑块类型的斑块个数。斑块密度(PD)在景观级别上表示景观整体斑块分化程度。平均斑块面积(AREA_MN)表示斑块类型水平上的平均斑块大小。最大斑块指数(LPI)表示某一斑块类型中的最大斑块占整个景观面积的比例($0<LPI\leqslant100$)。斑块分维数(FRACT)表示景观中每一类型斑块的分维数相加后取算术平均值($1\leqslant FRACT\leqslant2$)。斑块连通度指数(CONTIG)表示景观元素在空间结构上的联系。

表 1 亚洲象栖息地分析中所需生态地理变量(EGV)及其处理方式

Table 1 Ecogeographical variables used in the Ecological Niche Factor Analysis for Asian elephant habitat assessment

变量类型 Type of variables	生态地理变量 Ecogeographical Variables (EGV)	处理方式 Process mode	是否用于 ENFA 分析 Whether to be used for ENFA
限制因素	海拔	转换成 200 m×200 m 的栅格格式	是
Limiting factor	坡度	采用 ArcGIS/ArcView 的 Spatial Analysis 模块提取	是
	坡向	采用 ArcGIS 的 Spatial Analysis 模块提取后,按方位赋值	是
	坡位	用 ArcView Topographical Position Index(TPI)扩展模块计算,根据亚洲象栖息地选择研究,将坡位分为:1-山谷、2-下坡位、3-中坡位、4-上坡位、5-山脊	是
	到山脊距离	ArcGIS Sparial Analysis 模块 Distance 功能转为距离图层	是
	到山谷距离		是
	到干流距离		是
	到支流距离		是
资源因素	天然林频率	ArcGIS Sparial Analysis 模块 Neighborhood Statistics 功能,以 1.5km 为半径提取	是
Resource factor	到天然林距离	ArcGIS Sparial Analysis 模块 Distance 功能转化为距离图层	是
	思茅松林频率	ArcGIS Sparial Analysis 模块 Neighborhood Statistics 功能,以 1.5km 为半径提取	是
	到思茅松林距离	ArcGIS Sparial Analysis 模块 Distance 功能转化为距离图层	是
干扰因素	经济林频率	ArcGIS Sparial Analysis 模块 Neighborhood Statistics 功能,以 1.5km 为半径提取	是
Disturbance factor	到经济林距离	ArcGIS Sparial Analysis 模块 Distance 功能转化为距离图层	否,与到天然林距离相关
	农地频率	ArcGIS Sparial Analysis 模块 Neighborhood Statistics 功能,以 1.5 km 为半径提取	是
	到农地距离	ArcGIS Sparial Analysis 模块 Distance 功能转为距离图层	否,与农地频率相关
	到居民点距离	ArcGIS Sparial Analysis 模块 Distance 功能转化为距离图层	是
	到主要公路距离		是
	到乡村土路距离		是

2 结果

2.1 亚洲象的生态位特征

经过模型运算得到了反映亚洲象分布区域与环境背景间的差异的三个主要参数。边际值 M=0.991。M 值较高且接近于 1,表明亚洲象在普洱市境内对 EGV 的选择不是随机的,其偏好的生态位偏离环境背景的平均值。特异值 S=3.175, 耐受值 T=0.315。T 值接近于 0,表明亚洲象在普洱市境内生态位较窄,对环境有一定的选择性,其生存受一定环境条件的制约。

%1.4 栖息地现状与评价

模型运算得到生态地理变量的得分矩阵(表 2)。边际因子解释了 100%的边际性和 29.8%的特异性,前 4 个特异因子共解释了 73.7%的特异性。选择前 4 个特征因子(累计解释 86.9%的信息,包括 100%的边际性和 73.7%的特异性)来进行栖息地适宜度的计算。用交叉检验(cross-validation)对模型的预测能力进行评价,得到 Boyes 指数曲线。该曲线的变异较小,基本呈单调递增趋势,Boyes Index = 0.824±0.1496,说明模型预测能力较高。根据 Boyes 指数曲线将普洱市亚洲象栖息地分为 4 个等级(图 1):非栖息地(0<HSI≤20)、边际栖息地(20<HSI≤44)、较适栖息地(44<HSI≤70)和最适栖息地(70<HSI≤100)。

表 2　ENFA 分析中 17 个生态地理变量的得分矩阵

Table 2　Score matrix of the 17 Ecogeographical variables used in ENFA of Puer

生态地理变量 Eco-geographical variables(EGV)	边际因子(29.8%) Marginal factor	特异因子 1(21%) Specific factor 1	特异因子 2(13.9%) Specific factor 2	特异因子 3(9%) Specific factor 3	特异因子 4(5.6%) Specific factor 4
天然林频率 Frequency of natural forest	0.446	−0.613	−0.545	0.426	−0.628
到主要公路距离 Distance to main road	−0.443	−0.128	−0.058	−0.251	−0.052
到思茅松林距离 Ditance to *Pinus kesiya* forest	0.428	−0.027	0.007	−0.093	−0.047
海拔 Elevation	−0.333	−0.161	0.157	0.197	−0.007
坡度 Slope	−0.333	−0.053	−0.003	−0.081	0.03
农地频率 Frequency of farmland	−0.296	−0.395	−0.68	0.756	−0.588
思茅松频率 Frequency of *Pinus kesiya* forest	−0.182	−0.342	−0.376	0.125	−0.469
到山脊距离 Distance to ridge	−0.131	−0.011	−0.016	0.044	0.001
到河流干流距离 Distance ro main stream	0.126	−0.301	−0.094	0.091	0.042
到河流支流的距离 Distance to branch stream	0.115	−0.104	−0.047	0.028	0.033
坡向 Aspect	0.103	0.027	−0.018	−0.01	0.004
经济林频率 Frequency of economic forest	−0.095	−0.415	−0.209	−0.135	−0.175
到乡村公路距离 Distance to country road	0.07	−0.091	−0.109	−0.025	−0.02
到天然林距离 Distance to matural forest	−0.059	0.139	−0.053	−0.12	−0.008
到山谷距离 Distance to valley	−0.046	0.033	0.03	0.135	−0.012
坡位 Slope position	0.045	0.027	−0.021	−0.029	0.01
到居民点距离 Distance to settlement	0.022	−0.038	−0.004	0.224	0.001

从亚洲象栖息地适宜度与具体生态地理变量的关系来说,亚洲象的栖息地主要分布在远离河流(>平均干流距离 8909 m,>平均支流距离 3205 m)、乡村公路(>平均距离 2630 m)、居民点(>平均距离 1206 m)和思茅松(>平均距离 362 m)的低海拔(<平均海拔 1419 m)、坡度较缓(<平均坡度 14°)、距离山脊和山谷较近的山体中上部(坡位边际系数=0.045)的天然林中。

对普洱市亚洲象的栖息地进行统计分析发现,目前普洱市内最适栖息地和较适栖息地面积狭小(表 3,图 1),其中最适栖息地面积为 409.32 km^2,仅占全市总面积的 0.96%;较适栖息地面积为 574.32 km^2,占 1.35%;边际栖息地面积为 2,909.48 km^2,占 6.83%;而非栖息地面积为 38,722.32 km^2,占 90.86%。

表 3　普洱地区不同植被类型栖息地面积

Table 3　Habitat suitability area in each vegetation type in Pu′er

植被类型 Vegetation type	非栖息地 Unsuitable habitat		边际栖息地 Marginal habitat		较适栖息地 Suitable habitat		最适栖息地 Optimal area		总面积/km^2 Total area
	面积/km^2 Area	百分比/% Percentage	面积/km^2 Area	百分比/% Percentage	面积/km^2 Area	百分比/% Percentage	面积/km^2 Area	百分比/% Percentage	
天然林 Natural forest	12797.73	33.05%	1402.66	48.21%	313.29	54.55%	227.58	55.60%	14741.26
思茅松林 *Pinus kesiya* forest	11167.52	28.84%	696.53	23.94%	117.85	20.52%	87.47	21.37%	12069.37
农田 Farmland	11423.08	29.50%	661.62	22.74%	118.60	20.65%	81.82	19.99%	12285.12
经济林 Economic forest	3337.86	8.62%	148.97	5.12%	24.58	4.28%	12.48	3.05%	3523.89
总面积 Total area	38722.32	100%	2909.48	100%	574.32	100%	409.32	100%	42615.44

江城县的最适栖息地和较适栖息地面积最大,分别占该类型栖息地总面积的 31.39%和 26.00%。从植被类型上看(表 3),边际栖息地、较适栖息地和最适栖息地在天然林中的分布最多,所占比例依次是 48.21%,54.55%,55.6%,其次是思茅松林。由此可以看出,天然林是普洱地区亚洲象适宜栖息地的主要植被类型。

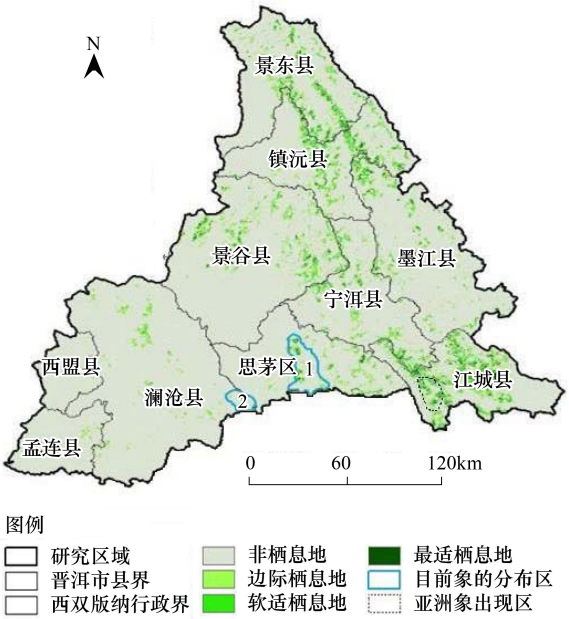


图 1 普洱市亚洲象种群分布区与适宜栖息地分布

Fig. 1 The distribution areas and suitable habitat of Asian elephant in Pu′er

2.3 栖息地景观格局

最适栖息地、较适栖息地和边际栖息地的景观格局分析结果见表 4。三类栖息地中,较适宜栖息地的斑块数目最多,最适栖息地斑块数目最少。斑块密度可看做斑块破碎化的简单度量。边际栖息地、较适宜栖息地和最适宜栖息地的斑块密度分别为 0.0874 个/km^2、0.1610 个/km^2和 0.0578 个/km^2,可以看出三种类型的栖息地破碎化均十分严重。较适栖息地的平均斑块面积最大,其次是最适宜栖息地斑块和边际栖息地斑块。最大斑块指数可看做优势斑块的简单度量。亚洲象适宜栖息地中占优势地位的是较适栖息地,为 51.05%,其次是最适栖息地和边际栖息地,分别为 1.54%和 1.04%。平均斑块分维数是描述景观中斑块形状复杂程度的指数,它校正了斑块面积大小带来的影响,其值越接近 1,斑块形状越简单,越接近于 2,斑块形状越复杂。斑块分维数在一定程度上反映了人类活动对景观格局的影响。一般来说,受人类活动干扰小的景观的分维数大,而受人类活动干扰大的景观的分维数小。三类栖息地的平均斑块分维数均接近 1,表明均受到较大程度的人类活动干扰。平均斑块连通度指数连通度指数大小在 0—1 之间变化,0 表示景观元素之间没有生态联系,1 表示景观元素之间达到最好的连接性。三类栖息地的连通度指数都趋近于 0,连通度都较低。

表 4 景观格局分析结果

Table 4 Results of Landscape Analysis

栖息地类型 Habitat category	斑块数目 NP	斑块密度 PD	平均斑块面积 AREA_MN	最大斑块指数 LPI	平均斑块分维数 FRAC_MN	平均斑块连通指数 CONTIG_MN
边际栖息地 Marginal habitat	3882	0.0874	15.2004	1.04%	1.028	0.1284
较适栖息地 Suitable habitat	7040	0.1610	51.7017	51.05%	1.0318	0.1469
最适栖息地 Optimal habitat	2528	0.0578	16.2959	1.54%	1.0286	0.1306

NP:斑块数目 number of patches;PD:斑块密度 patch density;AREA_MN:平均斑块面积 mean patch area,LPI:最大斑块指数 largest patch index;FRAC_MN:平均斑块分维数 mean fractal dimension index;CONTIG_MN:平均斑块连通指数 mean contiguity index

3 讨论

3.1 适宜栖息地与现分布区的比较

栖息地评价结果显示,普洱市内江城县、景东县和镇沅县的最适栖息地和较适栖息地面积较大(图 1),但亚洲象自出现于普洱以来从未远距离迁移到镇远县和景东县。2011 年 10 月,18 头野象迁移到江城县整董镇境内(图 1 中虚线标示区域),该象群的出现一定程度上验证了我们的评价结果。而目前亚洲象主要分布于思茅区的六顺乡、云仙乡和思茅港镇(图 1,区域 1),以及澜沧县糯扎渡镇(图 1,区域 2)。从图 1 中可以看出,两个区域内最适栖息地和较适栖息地面积狭小。

本研究中所采用的亚洲象分布点全部采自天然林,但预测的适宜栖息地中包含部分农田(表 4),对西双

版纳亚洲象栖息地进行适宜度评价时也出现过同样的问题[13]。这样的结果并不意味着农田是亚洲象的适宜栖息地,而是在一定程度上反映了亚洲象对栖息地环境变化的适应。由于天然林被大量开垦,不能供给亚洲象充足的食物,农作物就成为亚洲象较为固定的季节性食物来源[14]。野外调查发现,象损严重的农田经常与亚洲象栖息地天然林呈镶嵌式分布,一片天然林周围往往被农田所包围,天然林中食物资源的不充足通过周边农田中的农作物来补充,从某种程度上说,农田成为了亚洲象适宜栖息地的一种延伸。因此,被模型预测为亚洲象栖息地的农田在一定程度上可被视为易于发生象损的地区[15]。

3.2　栖息地丧失和破碎化是威胁普洱亚洲象种群的主要因素

本研究对栖息地景观格局的分析表明,普洱市的亚洲象栖息地破碎化程度高,受到人类活动的严重干扰,且斑块间的连通度较低。相较于西双版纳的亚洲象种群[16],普洱市亚洲象面临的盗猎威胁较小,影响其生存的主要因素是栖息地的丧失和破碎化。天然林的大量砍伐,思茅松等经济树种以及咖啡等经济作物的大面积种植是导致亚洲象栖息地丧失和破碎化的主要原因。

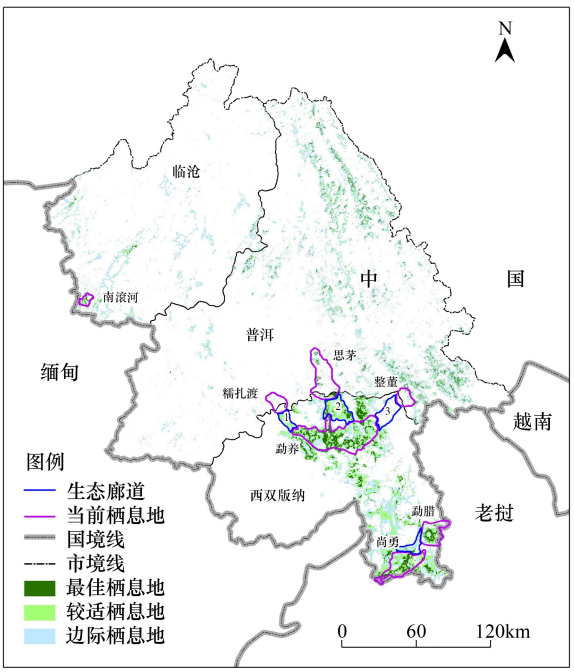
首先,天然林是影响亚洲象栖息地质量的主要因素,一方面它为亚洲象提供了隐蔽场所,另一方面它也是亚洲象食物的主要来源[17]。本研究结果显示出亚洲象对天然林的特殊要求,即较高的天然林频率。但由于普洱市是云南省重要的商品林基地,许多林区被划为了林木采伐区,大量天然林被砍伐。例如在普洱市的南屏镇,仅在 1999—2004 年该地区亚洲象活动区域内就有约 27 km^2覆盖较好的天然林被采伐,占该地区亚洲象活动面积的一半以上[18],天然林砍伐所造成的栖息地丧失很可能也是导致原先生活在这里的 4 头象往北扩散至云仙乡的主要原因[19]。其次,思茅松采伐和松脂割采带动了当地经济的增长,却是以天然林的大量采伐为代价的,原本为亚洲象适宜栖息地的天然林被思茅松所取代。目前普洱市林分的优势树种结构在面积和蓄积上均以针叶树种为主,其中以思茅松占绝对优势[20]。第三,天然林呈不连续分布,被大片的农田、经济林等隔离。尤其在西南部的澜沧县、西盟县和孟连县,大面积的农田与经济林成为景观中的优势类型。茶叶和咖啡是普洱的重要经济作物,山间盆地和低缓丘陵几乎完全被开垦种植,进一步造成了亚洲象栖息地的丧失和破碎化。此外,林木采伐区和公路也会造成栖息地的隔离,进一步加剧了栖息地的丧失和破碎化。

当前普洱在农村地区已普遍开展退耕还林项目,但野外调查发现,退耕还林区域内新种植的几乎都是思茅松等经济树种。虽然这使得无法再依靠种植农作物获得收入的农民可以通过割采松脂、出售木材得到经济上的保障,却影响了栖息地的恢复。研究表明,思茅松林内可供亚洲象取食的野生植物种类和数量很少[17],本研究的野外考察还发现这些松林种植较密,林下植被很少,亚洲象很少选择和利用这些区域。因此,亚洲象尚未从退耕还林政策中获得好处,栖息地丧失和破碎化的现状未能从根本上得到改善。

3.3　保护栖息地,建立生态廊道

通过栖息地适宜度评价,我们发现普洱境内亚洲象的最适栖息地和较适栖息地面积狭小,被利用程度较低,且面临严重的破碎化。针对当前现状,建议合理保护和利用栖息地,并建立生态廊道。

目前普洱市境内的亚洲象种群主要分布于思茅、糯扎渡和整董三个区域,脆弱的栖息环境亟需保护。思茅区东南部设有一个省级保护区——菜阳河保护区,但野外调查发现亚洲象几乎不进入该保护区,而实际的活动



审图号: GS (2015) 1933号

图 2　普洱与西双版纳亚洲象栖息地与规划的生态廊道

Fig.2　Asian elephant habitats and ecological corridors in Pu′er and Xishuangbanna

区域因未在保护区内而缺乏相应的保护机制和措施,致使人类干扰严重,栖息地得不到有效保护。糯扎渡地区虽然是个省级保护区,但整个保护区几乎是一个孤岛,周围被村寨和农田包围。保护区内有大量农田和经济林存在,栖息地破碎化十分严重,因此也亟需采取相应措施来改善当前情况。此外,2011 年 10 月,一群由 18 头象组成的象群出现在江城县整董镇猫飞山区域,本研究结果也表明江城县存在较大面积的适宜栖息地,因此应考虑尽快将思茅区和江城县境内的亚洲象活动区域划为保护区或者协议保护区,建立起有效地保护机制。

再者,三个区域的亚洲象种群由于分布在不连续的栖息地内,种群之间没有交流[17,19,21],为防止小种群的灭绝,应结合普洱和西双版纳亚洲象栖息地适宜性的分析结果[13],尽快建立生态廊道。西双版纳勐养保护区北部是亚洲象从勐养迁移至糯扎渡和思茅区的通道,这个区域是扩大普洱亚洲象种群栖息地,加强与西双版纳亚洲象种群交流的关键区域,因此有必要在此建设普洱至勐养的生态走廊带(图 2,区域 1、2)。自有记录以来象群首次迁移至江城县活动,可将江城县作为西双版纳亚洲象种群向外扩散的地区。江城县存在大面积的适宜栖息地,除目前象群活动范围外还有大部分未被利用,因此有必要弄清象群在勐养与江城县之间的迁徙路线,将该路线建设成为生态廊道(图 2,区域 3),使勐养的象群能够顺利向外迁移,扩大可利用栖息地的范围,减少勐养保护区内亚洲象种群之间的资源争夺。

参考文献(References):

[1] 李迪强, 蒋志刚, 王祖望. 人类活动对普氏原羚分布的影响. 生态学报, 1999, 19(6): 890-895.

[2] 金龙如, 孙克萍, 贺红士, 周宇飞. 生境适宜度指数模型研究进展. 生态学杂志, 2008, 27(5): 841-846.

[3] 肖燚, 欧阳志云, 朱春全, 赵景柱, 何国金, 王效科. 岷山地区大熊猫生境评价与保护对策研究. 生态学报, 2004, 24(7): 1373-1379.

[4] Guisan A, Thuiller W. Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. Ecology Letters, 2005, 8(9): 993-1009.

[5] 陈艾. 平武县大熊猫栖息地变迁[D]. 北京: 北京大学, 2009.

[6] Hirzel A H, Hausser J, Chessel D, Perrin N. Ecological-niche factor analysis: How to compute habitat-suitability maps without absence data?. Ecology, 2002, 83(7): 2027-2036.

[7] Hirzel A H, Helfer V, Metral F. Assessing habitat-suitability models with a virtual species. Ecological Modelling, 2001, 145(2/3): 111-121.

[8] 王学志, 徐卫华, 欧阳志云, 刘建国, 肖燚, 陈佑平, 赵联军, 黄俊忠. 生态位因子分析在大熊猫(*Ailuropoda melanoleuca*)生境评价中的应用. 生态学报, 2008, 28(2): 821-828.

[9] Hirzel A H, Hausser J, Perrin N. Biomapper 4. 0. Laboratory of Conservation Biology, Department of Ecology and Evolution. Lausanne, Switzerland: University of Lausanne, 2007, URL: http://www2.unil.ch/biomapper.

[10] Hirzel A H, Le Lay G, Helfer V, Randin C, Guisan A, Evaluating the ability of habitat suitability models to predict species presences. Ecological Modelling, 2006, 199(2): 142-152.

[11] 杨瑞, 张雅林, 冯纪年. 利用 ENFA 生态位模型分析玉带凤蝶和箭环蝶异地放飞的适生性. 昆虫学报, 2008, 51(3): 290-297.

[12] McGarigal K, Cushman S A, Neel M C, Ene E. FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps. Amherst: the University of Massachusetts, 2002, http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html.

[13] 金延飞. 西双版纳亚洲象栖息地适宜度评价及生态廊道规划[D]. 北京: 北京师范大学, 2010.

[14] 林柳, 朱文庆, 张龙田, 冯利民, 王利繁, 陶庆, 张立. 云南西双版纳尚勇保护区亚洲象新活动廊道的开辟和利用. 兽类学报, 2008, 28(4): 325-332.

[15] Enari H, Suzuki T. Risk of agricultural and property damage associated with the recovery of Japanese monkey populations. Landscape and Urban Planning, 2010, 97(2): 83-91.

[16] 林柳, 金延飞, 陈德坤, 郭贤明, 罗爱东, 赵建伟, 王巧燕, 张立. 西双版纳国家级自然保护区勐腊子保护区亚洲象种群和栖息地评价. 生态学报, 2014, 34(7): 1725-1735.

[17] 张立, 王宁, 王宇宁, 马利超. 云南思茅亚洲象对栖息地的选择与利用. 兽类学报, 2003, 23(3): 185-192.

[18] 冯利民. 中国亚洲象(*Elephas maximus*)的现状: 分布、数量和栖息地利用[D]. 北京: 北京师范大学, 2005.

[19] 林柳. 西双版纳勐养保护区亚洲象的栖息地选择、分布和对植被的影响[D]. 北京: 北京师范大学, 2009.

[20] 雷玮. 论思茅地区森林结构与森林生态经济系统优化. 云南林业科技, 1998, (4): 52-57.

[21] 冯利民, 张立. 云南西双版纳尚勇保护区亚洲象对栖息地的选择. 兽类学报, 2005, 25(3): 229-236.