

# 生态位因子分析在大熊猫 (*Ailuropoda melanoleuca*) 生境评价中的应用

王学志<sup>1</sup>, 徐卫华<sup>1</sup>, 欧阳志云<sup>1,\*</sup>, 刘建国<sup>2</sup>, 肖 焱<sup>1</sup>, 陈佑平<sup>3</sup>, 赵联军<sup>3</sup>, 黄俊忠<sup>3</sup>

(1. 中国科学院生态环境研究中心城市与区域生态国家重点实验室, 北京 100085; 2. Department of Fisheries & Wildlife,

Michigan State University, East Lansing, Michigan 48824, USA; 3. 王朗国家级自然保护区, 四川平武 622550)

**摘要:**生态位因子分析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”数据,在生境评价与生境预测中得到广泛应用。将该方法应用于大熊猫生境适宜性评价中,利用大熊猫活动痕迹点和遥感数据分析了平武县大熊猫生境分布现状,综合评价了该县自然保护区的分布状况和存在的保护空缺。研究结果表明,大熊猫偏好在中高海拔(>2128 m)的针叶林和针阔混交林中活动,而避免在落叶阔叶林和灌丛林中活动,避免在有人为干扰的地区活动,农田是对大熊猫活动影响强度最大的人为干扰因子。平武县大熊猫生境主要分布在该县西部和北部地区,总面积为234033 hm<sup>2</sup>,其中适宜生境为106345 hm<sup>2</sup>,次适宜生境为127688 hm<sup>2</sup>。目前该县已建的3个大熊猫自然保护区使47.2%的大熊猫生境得到保护(包括49.2%的适宜生境和45.6%的次适宜生境),尽管如此,保护区之间连接性差,存在严重的保护空缺。该县北部的白马乡、木座乡是大熊猫的主要分布区,却没有得到保护区的有效保护,建议在该地区新建自然保护区。

**关键词:**大熊猫(*Ailuropoda melanoleuca*);生态位因子分析;生境适宜性;生境评价

文章编号:1000-0933(2008)02-0821-08 中图分类号:Q143, Q145, Q958, X171.1 文献标识码:A

## The application of Ecological-Niche factor analysis in giant pandas (*Ailuropoda melanoleuca*) habitat assessment

WANG Xue-Zhi<sup>1</sup>, XU Wei-Hua<sup>1</sup>, OUYANG Zhi-Yun<sup>1,\*</sup>, LIU Jian-Gou<sup>2</sup>, XIAO Yi<sup>1</sup>, CHEN You-Ping<sup>3</sup>, ZHAO Lian-Jun<sup>3</sup>, HUANG Jun-Zhong<sup>3</sup>

1 State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China

2 Department of Fisheries & Wildlife, Michigan State University, East Lansing, Michigan 48824, USA

3 Wanglang National Nature Reserve, Pingwu, Sichuan 622550, China

*Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(2): 0821 ~ 0828.

**Abstract:** Ecological-Niche Factor Analysis (ENFA) is a multivariate approach to study species geographic distribution on a large scale with only presence data. It was widely applied in many fields including wildlife management, habitat assessment and habitat prediction. In this paper, this approach was applied in habitat suitability assessment for giant pandas in Pingwu county, Sichuan province, China. With giant pandas presence data and remote sensing data, panda habitat suitability in this county was evaluated based on ENFA model, and spatial distribution pattern of nature reserves and conservation gaps

**基金项目:**国家自然科学基金资助项目(30428028, 40621016)

**收稿日期:**2006-12-18; **修订日期:**2007-09-23

**作者简介:**王学志(1979~),男,湖南人,博士生,主要从事GIS应用和生物多样性保护研究. E-mail: takinwang@gmail.com

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zyouyang@cees.ac.cn

**致谢:**本研究得到王朗、雪宝顶、小河沟自然保护区管理处等的帮助,在此一并感谢。

**Foundation item:** The project was financially supported by the National Natural Science Foundation of China (No. 30428028, 40621016)

**Received date:** 2006-12-18; **Accepted date:** 2007-09-23

**Biography:** WANG Xue-Zhi, Ph. D. candidate, mainly engaged in GIS application & biodiversity conservation. E-mail: takinwang@gmail.com

were then evaluated. The results show that giant pandas in this county prefer the high elevation zones (>2128m) dominated by coniferous forest, mixed coniferous and broadleaf forest, and avoid deciduous broadleaf forest and shrubs. Pandas avoid staying at habitats with human disturbances. Farmland is a major factor threatening panda habitat. Panda habitat is mainly distributed in north and west of Pingwu with a total area of 234033 ha (106345 ha for suitable and 127688 ha for marginally suitable). Three nature reserves located in Pingwu, cover 49.2% of total suitable habitat and 45.6% of total marginally suitable habitat. Although 47.2% of pandas' habitat was under protection in reserves, the connectivity between reserves is weak and a conservation gap existed in the north part of Pingwu. Thus, a new nature reserve in Baima and Mupi should be established to link the isolated habitats.

**Key Words:** giant panda (*Ailuropoda melanoleuca*); ecological-niche factor analysis; habitat suitability; habitat assessment

近年来,由于人类活动干扰不断加强,造成大熊猫(*Ailuropoda melanoleuca*)生境丧失,种群数量不断下降。大熊猫的生境丧失、破碎化、种群数量减少引起了人们的广泛关注。研究大熊猫生境一直是大熊猫保护生物学的热点。20 世纪 70 年代以来,许多学者采用野外调查的方法开展了大量大熊猫生境选择与生境恢复的研究<sup>[1~5]</sup>。

近年来,随着 3S 技术(GIS, RS, GPS)的发展,大尺度开展大熊猫生境研究已成为新的研究热点<sup>[6~11]</sup>,在大熊猫的生境评价<sup>[6~9]</sup>、生境保护<sup>[10]</sup>和生境规划<sup>[11]</sup>等方面的研究取得了较大进展。生境模型是进行生境评价、生境规划和生境保护研究的基础。生态位因子分析(Ecological-Niche Factor Analysis, ENFA)模型是继回归模型和机理模型之后的一种新的生境适宜性模型<sup>[12,13]</sup>,其最大优点是模型计算只需物种“出现点(presence point)”的数据,而不需要“非出现点(absence point)”的数据,模型结果充分体现物种的生境利用与生境因子之间的关系<sup>[12]</sup>,在生境评价与生境预测中得到广泛应用<sup>[12~16]</sup>。

以往大熊猫生境模型的研究大多是基于机理模型进行<sup>[6~11]</sup>,很少将大熊猫痕迹分布点综合到生境模型的计算过程中,得到的结果仅是大熊猫的适宜生境,而不能反映出大熊猫对生境的实际利用程度,同时更不能很好体现大熊猫的生境利用与生境因子之间的相互关系,而揭示这三者的关系是研究大熊猫生境丧失机理,并进行大熊猫生境保护和规划的基础。为此,利用大熊猫种群数量野外调查的数据,运用 ENFA 模型分析平武县大熊猫生境的分布现状,探讨大熊猫的生境利用与生境因子之间的关系,综合评价平武县大熊猫自然保护区的分布状况和保护空缺,从而为该地区自然保护区的合理规划和大熊猫保护提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究地区

平武县(N31°59'31"~33°02'41", E103°40'31"~104°59'13")位于四川盆地西北部,青藏高原向四川盆地过渡的东缘地带,岷山山系东坡,长江的二级支流涪江的上游地区。行政隶属四川省绵阳市,面积为 5959 平方公里。该县境内海拔 1000 m 以上的山地占 94%。地势西北高,东南低。西北部最高点“雪宝顶”海拔为 5588 m,东南部最低点河谷海拔为 600 m,相对高差近 5000 m。气候属于北亚热带山地湿润性季风气候,森林覆盖率为 51%。

该县是我国野生大熊猫分布数量最多,密度最高的县。第三大熊猫调查时该县的野生大熊猫种群数量达 230 只<sup>[17]</sup>,最新研究结果表明近年该县的野生种群数量有较大增长,2003 年王朗自然保护区大熊猫种群数量是 1998 年的 2 倍<sup>[18]</sup>。目前该县已经建立王朗、雪宝鼎两个国家级自然保护区和小河沟省级自然保护区,保护区面积占全县总面积的 21%。

### 1.2 模型介绍

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。该方法建立在生态位概念的基础上,在多维空间上比较物种出现点的生境因

子分布与研究区域的生境因子分布的差异性。采用主成份分析的计算方法,从生态地理变量(Ecogeographical Variables, EGV)中提取主要信息重新组合为互不相关的特征因子矩阵,特征矩阵和特征向量用来生成生境适宜图。组合后的因子保留了原来生境因子的大多数信息,且都具有生态学意义<sup>[12,13]</sup>。ENFA 有 3 个重要概念:

$$\text{边际性 (Marginality)} \quad M = \frac{|m_c - m_s|}{1.96\sigma_c}$$

$$\text{特殊性 (Specialisation)} \quad S = \frac{\sigma_c}{\sigma_s}$$

$$\text{耐受性 (Tolerance)} \quad T = \frac{1}{S}$$

式中,  $m_c$  为整个研究区域范围内某一生境因子对应 EGV 的平均值,  $\sigma_c$  为其标准差;  $m_s$  为某一物种分布范围内生境因子对应 EGV 的平均值,  $\sigma_s$  为其标准差。

边际性系数  $M$  反映了物种的最适生态位需求与整个研究区域生境因子状况的差异,当  $M$  为正时,表明这个物种偏好于该生境因子平均水平以上的环境;为负则偏好于平均水平以下的环境,绝对值越大,其偏好程度越高。特殊性系数  $S$  描述物种对生境因子的选择幅度,其倒数为耐受性系数  $T$ ,  $T$  的取值范围为 0 ~ 1, 当  $T$  接近 0 时,表明物种在研究区内的分布狭窄,为狭布种;当  $T$  接近 1 时,表明其分布广泛,为广布种。

### 1.3 数据来源

ENFA 的数据源包括大熊猫活动痕迹点、生物地理因子和人为干扰因子。大熊猫活动痕迹包括粪便、食迹、足迹、卧迹等能够证明是大熊猫活动后留下的痕迹以及大熊猫活体;生物地理因子包括影响大熊猫生境利用的海拔、坡度、坡向、植被类型、主食竹分布和水源;人为干扰因子包括影响大熊猫生境利用的公路、居民区、农田。而在局部地区季节性存在的人为干扰如放牧、采药、挖矿等,由于在大尺度生境模型中无法体现出来,因而没有考虑。

大熊猫活动痕迹点来源于 1998 年夏季平武县野生大熊猫种群数量调查,在全县范围内采用样线调查法共记录到 687 个包含经纬度坐标的大熊猫活动痕迹点。主食竹分布图来源于第 3 次大熊猫调查。海拔、坡度、坡向通过数字高程图 (DEM, 1:50000) 计算得来。植被类型和农田通过 2001 年 6 月的 TM 遥感影像在 Erdas Imagine 8.5 中采用监督分类解析而来, TM 影像和 DEM 的分辨率为 30m × 30 m。植被类型分为高山流石滩、高山草地、针叶林、针阔混交林、落叶阔叶林、灌丛林和农田 7 类。

### 1.4 数据处理

生物地理因子和人为干扰因子都需先转换成频率型或距离型数据才能在模型中使用<sup>[13]</sup>。频率型数据是指某一类型因子在以该因子所在单元格为中心,半径为 1410 m 的圆形区域内出现的频率。通常这个圆形区域面积不能小于研究对象的家域 (Home range) 面积<sup>[13]</sup>,而大熊猫的家域面积为 3 ~ 6 km<sup>2</sup>,且随季节变化<sup>[19]</sup>。考虑到夏季大熊猫的活动范围较大,采用大熊猫家域面积最大值 6 km<sup>2</sup> 作为圆形区域的面积。距离型数据是指某一类型因子所在单元格与其它单元格之间的最小距离,在这里利用 ArcView 3.2 计算单元格之间最小距离。

生物地理因子和人为干扰因子经过转换后得到 25 个生态地理变量 (表 1)。所有变量数据和大熊猫活动痕迹点都转换成分辨率为 30 × 30 m 的栅格图层,然后采用 Box-Cox 变换<sup>[20]</sup>对栅格图层进行标准化转换。

### 1.5 分析方法

所有 ENFA 的计算都在 GIS 分析软件包 Biomapper 3.1<sup>[20]</sup> 和 GIS 软件 ArcView 3.2 中进行。提取累计贡献率达到需求的前  $n$  个因子生成生境适宜图。模型结果得到平武县大熊猫生境适宜图,其生境适宜性指数 (Habitat Suitability Index, HSI) 取值范围为 0 ~ 1, 0 代表最不宜生境, 1 代表最适宜生境。将生境适宜图划分不适宜、次适宜和适宜生境 3 个等级,采用 FragStats 3.3 统计不同适宜等级的大熊猫生境面积。

## 1.6 模型检验方法

模型采用 Jake-Knife 交叉检验 (Cross-Validation) 方法<sup>[21]</sup> 进行检验, 其计算过程为: 先将大熊猫活动痕迹点均分成 10 份, 选取其中 9 份用于生成生境适宜图, 剩下 1 份用于模型精度计算, 模型精度采用绝对验证指数 (Absolute Validation Index, AVI) 表示, 即用于检验的活动痕迹点在生境适宜图中对应的 *HSI* 值大于临界值 0.5 的比例。重复上述检验过程 10 次以保证每份活动痕迹点都参与模型精度计算, 取其平均值和标准差作为模型精度检验的参数。

## 2 结果及分析

### 2.1 大熊猫分布与环境因子的关系

对于生物地理因子的分析表明 (表 1), 在平武县, 大熊猫主要分布在中高海拔 (> 平均海拔 2128 m) 的地区 (边际性系数 = 0.16; 矩阵第一列, 下同), 坡度上趋向于选择在接近平均坡度 (31°) 的地区 (边际性系数 = 0.01)。主食竹的分布在很大程度上决定了大熊猫的生境分布状况 (频率边际性系数 = 0.28, 简称 Freq)。水源上趋向在离小河流较近 (< 平均距离 362 m) 的地区活动 (距离边际性系数 = -0.13, 简称 Dist), 而远离大河流 (≈ 平均距离 5840 m, Dist = -0.02)。对于植被类型的选择, 大熊猫喜欢在针叶林 (Freq = 0.3; Dist = -0.27) 和针阔混交林 (Freq = 0.32; Dist = -0.32) 内活动, 避免在落叶阔叶林 (Freq = -0.2; Dist = 0.13)、灌丛林 (Freq = -0.28; Dist = 0.23)、高山草地 (Freq = 0.03) 和高山流石滩 (Freq = -0.07) 内活动。

表 1 ENFA 的生态地理变量以及前 5 个因子 (共 25 个因子) 的贡献率

Table 1 List of EGVs included into the ENFA and the ratio of contribution for first five (of twenty-five) ecological factors

| 生态地理变量<br>EGVs                                             | 因子 1 (48%)<br>Factor 1 | 因子 2 (10%)<br>Factor 2 | 因子 3 (8%)<br>Factor 3 | 因子 4 (5%)<br>Factor 4 | 因子 5 (4%)<br>Factor 5 |
|------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 针阔混交林出现频率<br>Frequency of mixed coniferous and broadleaf   | 0.32                   | 0.11                   | 0.48                  | -0.09                 | -0.25                 |
| 与针阔混交林距离<br>Distance to mixed coniferous and broadleaf     | -0.32                  | 0.19                   | -0.03                 | -0.24                 | 0.14                  |
| 针叶林出现频率 Coniferous frequency                               | 0.3                    | -0.07                  | -0.05                 | 0.05                  | 0.05                  |
| 灌丛出现频率 Shrubbery frequency                                 | -0.29                  | -0.22                  | -0.17                 | 0.57                  | -0.55                 |
| 与农田距离 Distance to farmlands                                | 0.29                   | 0.13                   | -0.07                 | 0.26                  | 0.26                  |
| 主食竹出现频率 Bamboo frequency                                   | 0.28                   | 0.05                   | -0.8                  | -0.08                 | 0.13                  |
| 与针叶林距离 Distance to coniferous                              | -0.27                  | 0.33                   | -0.19                 | -0.19                 | 0.21                  |
| 与灌丛距离 Distance shrubbery                                   | 0.23                   | -0.22                  | -0.07                 | 0.43                  | -0.08                 |
| 与流石滩距离 Distance to rock                                    | -0.22                  | 0.07                   | 0.07                  | 0.17                  | 0.12                  |
| 与乡镇距离 Distance to towns                                    | 0.22                   | -0.05                  | 0.07                  | -0.11                 | -0.05                 |
| 与村庄距离 Distance to villages                                 | 0.21                   | 0.08                   | 0.05                  | 0                     | 0.29                  |
| 落叶阔叶林出现频率 Deciduous frequency                              | -0.2                   | 0.09                   | 0.07                  | 0.22                  | 0.07                  |
| 与次公路距离 (县道及乡道)<br>Distance to secondary roads              | 0.2                    | -0.05                  | -0.04                 | -0.05                 | -0.05                 |
| 与草地距离 Distance to grass                                    | -0.19                  | 0.03                   | -0.07                 | 0.02                  | 0.56                  |
| 海拔 Elevation                                               | 0.16                   | 0.8                    | 0.13                  | 0.33                  | 0.01                  |
| 与小河流 (宽度 < 2m) 距离<br>Distance to small rivers (width < 2m) | -0.13                  | -0.08                  | -0.03                 | 0                     | -0.01                 |
| 与落叶阔叶林距离 Distance to deciduous                             | 0.13                   | 0.05                   | -0.01                 | -0.28                 | 0.1                   |
| 与主公路 (省道及国道) 距离<br>Distance to major roads                 | 0.08                   | -0.11                  | -0.06                 | -0.01                 | -0.05                 |
| 流石滩出现频率 Rock frequency                                     | -0.07                  | 0.19                   | -0.02                 | -0.06                 | -0.13                 |
| 坡向余弦值 Cosine of aspect                                     | -0.04                  | 0.03                   | 0                     | 0.01                  | 0.01                  |
| 坡向正弦值 Sine of aspect                                       | -0.04                  | 0.02                   | 0.03                  | -0.02                 | -0.02                 |
| 草地出现频率 Grass frequency                                     | 0.03                   | -0.02                  | -0.04                 | 0.01                  | 0.09                  |
| 坡向 Aspect                                                  | 0.02                   | 0.01                   | 0                     | -0.02                 | 0.01                  |
| 与大河流 (宽度 ≥ 2m) 距离<br>Distance to large rivers (width ≥ 2m) | -0.02                  | 0.04                   | 0.02                  | 0.13                  | -0.17                 |
| 坡度 Slope                                                   | 0.01                   | 0.03                   | 0.02                  | 0.01                  | -0.03                 |

因子 1 为边际性因子, 其它为特殊性因子, 括号内数据为该列因子解释的特殊性比例 Factor 1 is marginality factor and the others are specialisation factors. The amount of specialization accounted for is given in parentheses in each column heading

对于人为干扰而言,大熊猫远离在有人为干扰的生境中活动( $\text{Dist}$  均  $>0$ )。从距离边际性系数的大小得出各人为干扰因子的影响强度差异为农田( $\text{Dist}=0.29$ )  $>$  乡镇( $\text{Dist}=0.22$ )  $>$  村庄( $\text{Dist}=0.21$ )  $>$  次公路( $\text{Dist}=0.2$ )  $>$  主公路( $\text{Dist}=0.08$ )。农田是影响强度最大的人为干扰因子。

## 2.2 生境分布图

从特征因子矩阵中提取前 5 个因子(表 1)用于计算生境适宜图,这 5 个因子的累计贡献率为 75.1%,即解释了 100% 的边际性和 75.1% 的特殊性。Jake-Knife 交叉检验得到 AVI 指数  $=0.703 \pm 0.07$ ,可以认为模型较好的反映了平武县大熊猫生境的分布情况。

将植被类型图、人干扰因子图与生境适宜图叠加计算得出, $HSI < 0.15$  的区域主要分布在公路、村庄、农田和高山流石滩,这些地区不适宜大熊猫生活;而  $0.15 \leq HSI < 0.5$  的区域为高山草地和海拔低于 2000 m 的阔叶林、灌丛林地区,适宜性较低,不适合大熊猫生活,但大熊猫的活动会触及到这些地区; $HSI \geq 0.5$  的区域为针叶林和针阔混交林地区,适宜于大熊猫生活。根据以上标准将生境适宜图重新分类为 3 个适宜等级:0 ~ 0.15 为不适宜生境,0.15 ~ 0.5 为次适宜生境,0.5 ~ 1 为适宜生境,得到平武县大熊猫生境分布图(图 1)。

## 2.3 生境适宜性分析

从生境分布图(图 1)中可以看出平武县大熊猫的生境主要集中分布该县的西部和北部地区。大熊猫生境面积为 234033  $\text{hm}^2$  (其中适宜生境为 106345  $\text{hm}^2$ ,次适宜生境为 127688  $\text{hm}^2$ ),占整个平武县面积的 39.3%,非生境面积为 361777  $\text{hm}^2$ 。目前平武县已经建立了王朗、雪宝鼎、小河沟 3 个大熊猫自然保护区,保护区覆盖了 52272  $\text{hm}^2$  适宜生境和 58162  $\text{hm}^2$  次适宜生境。保护区内大熊猫适宜生境占整个平武县大熊猫适宜生境的 49.2%,次适宜生境占 45.6%。平武县北部的白马乡和木座乡是大熊猫的主要分布乡之一,大熊猫生境总面积为 72006  $\text{hm}^2$ ,其中适宜生境面积为 34538  $\text{hm}^2$ ,次适宜生境面积为 37468  $\text{hm}^2$ 。由于当地为藏族居住区,九寨环线公路从此地穿过,人为干扰强烈,而该地区没有位于保护区的保护之内,是大熊猫保护的空缺地区,急需建立新保护区。

## 3 讨论

动物生境模型按模型计算所需物种活动痕迹点的不同分为回归模型<sup>[22~24]</sup>,生态位模型(ENFA 模型<sup>[14~16]</sup>,信息熵模型<sup>[25]</sup>)和机理模型<sup>[6~11]</sup>。回归模型在计算过程需要物种的“出现点”和“非出现点”数据,当物种的“非出现点”数据可靠性比较高时,采用回归模型可以得到很好的预测结果<sup>[12]</sup>。而 ENFA 模型仅需要物种“出现点”数据,就可以得到比较理想的结果<sup>[12,15]</sup>。对于像大熊猫这样的大型野生动物,其“非出现点”数据的可靠性很难保证<sup>[12]</sup>,主要由于物种出现后不一定留下痕迹,或者即使留下痕迹(如足迹、卧迹等),但不一定能够保留下来。因此,本研究选用了 ENFA 模型而非回归模型。而机理模型在计算过程中不需要物种分布点数据,它根据物种分布与生境因子之间关系来模拟物种分布区的相对适宜性<sup>[8]</sup>,得到物种的适宜生境,但不能反映物种对生境的实际利用程度,因而也没有选择。

从大尺度上分析大熊猫生境利用与生境因子之间的关系,将大熊猫的生境需求与生境分布综合一起分析,这是 ENFA 模型最大的特点。ENFA 的边际性系数解释了大熊猫分布与环境因子之间的关系,其绝对值大小反映对生境因子的偏好程度。对生物地理因子的边际性系数分析表明,平武县大熊猫在植被类型上偏好针叶林和针阔混交林,而避免在落叶阔叶林、灌丛林和高山流石滩中活动,这与王朗自然保护区内的大熊猫研究的结果<sup>[3]</sup>基本一致。由于大熊猫每天需要直接饮水补充水分<sup>[19]</sup>,大熊猫趋向在小河流周边活动,但远离大河流,主要是由于大河流两侧通常有公路和村庄,人为干扰强烈。

主食竹的分布在很大程度上决定了大熊猫的生境分布状况。平武县大熊猫的主食竹包括缺苞箭竹(*Fargesia denudate* Yi)、华西箭竹(*Fargesia nitida* Mitford Keng f. ex Yi)、青川箭竹(*Fargesia rufa* Yi)等<sup>[12]</sup>,在林下成斑块状或片状分布。受数据来源的限制,本研究采用的大熊猫主食竹分布图是根据野外调查样点和各主食竹的分布海拔得来<sup>[17]</sup>,这在一定程度上会造成模型计算得到的大熊猫生境面积偏大<sup>[26]</sup>。但采用野外调查方法获得详细的主食竹空间分布需要投入大量的人力和财力而无法获得,而目前从遥感影像中获取林下植被的空间分布还存在一定的难度<sup>[27]</sup>。

接彩图 1

大熊猫避免在有人为干扰的地区活动。农田是影响强度最大的人为干扰因子,由于农田分布在居民区周边低海拔的山坡,直接导致大熊猫生境面积的减少。由于研究尺度的不同,这与在放牧是王朗自然保护区长久的人为干扰因子有区别<sup>[3]</sup>。村庄通常分布在次公路两边,因而它们对大熊猫生境利用的影响程度相同。主公路(九寨环线)是影响强度最小的人为干扰因子,但该公路从大熊猫生境密布区穿过,较大的车流量对生境的隔离作用不可忽视。而在局部地区季节性存在的人为干扰如放牧<sup>[3,4]</sup>、挖矿等,对大熊猫生境利用有一定的影响,但在大尺度生境模型中无法体现出来。

平武县位于岷山地区大熊猫分布区的中心地带,是我国野生大熊猫分布数量最多的县,对保护大熊猫具有十分重要的意义,尽管3个保护区保护了平武县47.2%的大熊猫生境,但是保护区之间连接性差,分布结构不合理,形成保护区岛屿。保护区保护的区域都位于人为干扰小的高山峡谷中,而人为干扰强烈的大熊猫分布区没有得到有效保护,特别是王朗和小河沟保护区之间的白马乡、木座乡是大熊猫的主要分布区。该地区位于岷山大熊猫保护区的核心地段,是文县、青川县境内大熊猫生境与岷山主峰的连接区。由于九寨环线公路从该地区穿过,过往车流量较大,势必造成公路两侧大熊猫种群隔离。加上该地区居民主要是藏族,日益强烈生产活动将进一步加重当地生境破碎化。因此建议在该地区新建保护区,使该地区位于保护区的有效保护之下。另外,提高当地居民生活水平,控制过往车辆数量,减少人类活动对该地区大熊猫生境的破坏,这些措施也是十分必要的。

#### References:

- [1] Wei F W, Feng Z J, Wang Z W. Habitat selection by Giant Pandas and Red Pandas in Xiangling mountains. *Acta Zoologica Sinica*, 1999, 45 (1): 57—63.
- [2] Ouyang Z Y, Li Z X, Liu J G, *et al.* The Recovery Processes Of Giant Panda Habitat in Wolong Nature Reserve, Sichuan China. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(11): 1840—1849.
- [3] Zeng Z Y, Yue B S, Ran J H, *et al.* Panda's exploitation of habitats at the Wanglang Nature Reserve. *Journal of Sichuan University (Natural Science Edition)*, 2002, 39(6): 1140—1144.
- [4] Ran J H, Liu S Y, Wang H J, *et al.* Effect of Grazing on Giant Panda's habitat in Yele Nature Reserve. *Acta Theriologica Sinica*, 2003, 23(4): 288—294.
- [5] Ran J H, Zeng Z Y, Wang H, *et al.* A comparative study on habitat preference of giant pandas in primary and secondary forest. *Journal of Beijing Forestry University*, 2004, 26(4): 8—14.
- [6] Liu J G, Linderman M, Ouyang Z Y, *et al.* Ecological Degradation in Protected Areas: The Case of Wolong Nature Reserve for Giant Pandas. *Science*, 2001, 292: 98—101.
- [7] Ouyang Z Y, Liu J G, Xiao H, *et al.* An assessment of giant panda habitat in Wolong Nature Reserve. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, 21(11): 1869—1874.
- [8] Xiao Y, Ouyang Z Y, Zhu C Q, *et al.* An assessment of giant panda habitat in Minshan, Sichuan, China. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(7): 1373—1379.
- [9] Xu W H, Ouyang Z Y, Li Y, *et al.* Habitat Assessment on Giant Panda's in Qinling Mountain Range Based on RS and GIS. *Remote Sensing Technology and Application*, 2006, 21(3): 239—242.
- [10] Loucks C J, Lu Z, Dinerstein E, *et al.* The Giant Pandas of the Qinling Mountains, China; a Case Study in Designing Conservation Landscapes for Elevational Migrants. *Conservation Biology*, 2003, 17(2): 558—565.
- [11] Xu W H, Ouyang Z Y, Viña A, *et al.* Designing a conservation plan for protecting the habitat for giant pandas in the Qionglai mountain range, China. *Diversity and Distributions*, 2006, 12: 610—619.
- [12] Hirzel A H, Helfer V, Metral F. Assessing habitat-suitability models with a virtual species. *Ecological Modelling*, 2001, 145: 111—121.
- [13] Hirzel A H, Hausser J, Chessel D, *et al.* Ecological-Niche Factor Analysis: How to Compute Habitat-Suitability Maps Without Absence Data? *Ecology*, 2002, 83(7): 2027—2036.
- [14] Hirzel A H, Posse B, Oggier P A, *et al.* Ecological requirements of reintroduced species and the implications for release policy: the case of the bearded vulture. *Journal of Applied Ecology*, 2004, 41(6): 1103—1116.
- [15] Lluís B, Wilfried T, Miguel B A, *et al.* Presence-absence versus presence-only modeling methods for predicting bird habitat suitability. *Ecography*, 2004, 27: 437—448.

- [16] Brigitte A R, Helfer V, Hirzel A H. Modeling Habitat-Suitability Using Museum Collections: an Example with Three Sympatric Apodemus Species from the Alps. *Journal of Biogeography*, 2003, 30: 581—590.
- [17] State Forestry Administration, P. R. China. The third national survey report on giant panda in China. Beijing: Science Publish Group, 2006.
- [18] Zhan X J, Li M, Zhang Z J, *et al.* Molecular censusing doubles giant panda population estimate in a key nature reserve. *Current Biology*, 2006, 16:451—452
- [19] Schaller G B, Hu J, Pan W, *et al.* The Giant Pandas of Wolong. The University of Chicago Press, Chicago and London, 1985.
- [20] Hirzel A H, Hausser J, Perrin N. Biomapper 3.1. Division of Conservation Biology, University of Bern. URL: <http://www2.unil.ch/biomapper>, 2004.
- [21] Fielding A H, Bell J F. A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. *Environmental Conservation*, 1997, 24: 38—49.
- [22] Li W J, Wang Z J, Ma Z J, *et al.* A regression model for the spatial distribution of red crown crane in Yancheng Biosphere Reserve, China. *Ecological Modelling*, 1997, 103(2): 115—121.
- [23] Li W J, Wang Z J. A winter habitat model for red crown crane. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2000, 11(6): 839—842.
- [24] Stephanie S, Eloy R, Thorsten W, *et al.* Assessing the suitability of central European landscapes for the reintroduction of Eurasian lynx. *Journal of Applied Ecology*, 2002, 39: 189—203.
- [25] Steven J P, Robert P A, Robert E S. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 2006, 190(3-4):231—259.
- [26] Linderman M, Bearer S, An L, *et al.* The Effects of Understory Bamboo on Broad-Scale Estimates of Giant Panda Habitat. *Biological Conservation*, 2005,121:383—390
- [27] Linderman M, Liu J G, Qi J G, *et al.* Using artificial neural networks to map the spatial distribution of understorey bamboo from remote sensing data. *International Journal of Remote Sensing*, 2004,25(9):1685—1700.

#### 参考文献:

- [1] 魏辅文,冯祚建,王祖望. 相岭山系大熊猫和小熊猫对生境的选择. *动物学报*, 1999, 45(1):57~63.
- [2] 欧阳志云,李振新,刘建国,等. 卧龙自然保护区大熊猫生境恢复过程研究. *生态学报*, 2002, 22(11): 1840~1849.
- [3] 曾宗永,岳碧松,冉江洪,等. 王朗自然保护区大熊猫对生境的利用. *四川大学学报(自然科学版)*, 2002, 39(6): 1140~1144.
- [4] 冉江洪,刘少英,王鸿加,等. 放牧对冶勒自然保护区大熊猫生境的影响. *兽类学报*, 2003,23(4):288~294.
- [5] 冉江洪,曾宗永,王昊,等. 大熊猫在原始林和次生林中生境利用的比较研究. *北京林业大学学报*, 2004, 26(4): 8~14.
- [7] 欧阳志云,刘建国,肖寒,等. 卧龙自然保护区大熊猫生境评价. *生态学报*, 2001, 21(11): 1869~1874.
- [8] 肖寒,欧阳志云,朱春全,等. 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.
- [9] 徐卫华,欧阳志云,李宇,等. 基于遥感和GIS的秦岭山系大熊猫生境评价. *遥感技术与应用*, 2006, 21(3): 239~242.
- [17] 国家林业局. 全国第三次大熊猫调查报告. 北京:科学出版社,2006.
- [23] 李文军,王子健. 丹顶鹤越冬栖息地数学模型的建立. *应用生态学报*, 2000, 11(6): 839~842.

平武县

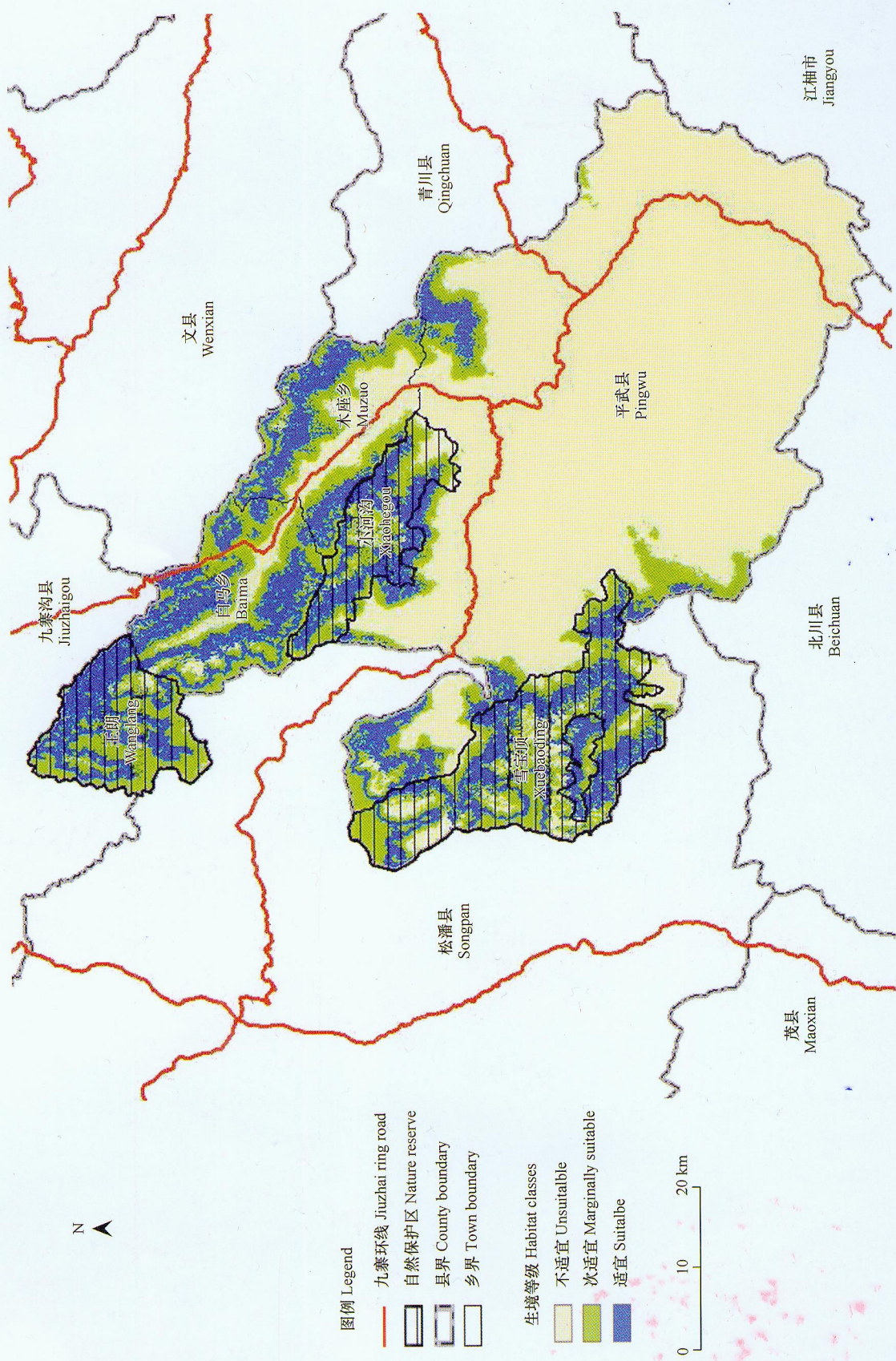


图 1 平武县大熊猫生境分布图  
Fig1 Habitat distribution map for giant panda in Pingwu