

凉山山系小熊猫 (*Ailurus fulgens*) 分布区景观格局

张顺林, 冉江洪*, 唐明坤, 杜蓓蓓, 杨 青, 刘世昌

(四川大学生命科学学院, 成都 610064)

摘要: 根据 2000 ~ 2001 年对凉山山系主山脊 7 个县小熊猫野外分布调查数据, 利用“3S”技术对凉山山系小熊猫分布区进行了确定, 估算出分布区面积为 219055hm², 占山系研究区域面积 17.8%。利用景观空间格局定量分析软件 FRAGSTATS, 分析了小熊猫分布区景观格局的组成、各类型斑块特征、不同类型斑块间空间分布关系。结果表明, 栖息地景观边缘褶皱程度低, 趋于平整, 景观丰富度大; 森林斑块间的结构连通性较好, 各类型斑块聚集度较高。小熊猫生境内部破碎化程度较低, 森林结构连接程度高, 有适宜生境面积为 160249.5hm², 占分布区面积的 73.15%, 生境中存在 3 个脆弱区域, 特别是美姑-峨边公路通过的椅子垭口区域需要引起极大的关注。

关键词: 小熊猫; 景观格局; 生境评价; 凉山山系

文章编号: 1000-0933(2008)10-4787-09 中图分类号: Q145, Q149, Q958 文献标识码: A

Landscape pattern analysis of red panda habitat in Liangshan Mountains

ZHANG Shun-Lin, RAN Jiang-Hong*, TANG Ming-Kun, DU Bei-Bei, YANG Qing, LIU Shi-Chang

College of Life Sciences, Sichuan University, Chengdu 610064, China

Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(10): 4787 ~ 4795.

Abstract: Landscape patterns result from various ecological processes. In turn, these patterns strongly affect the biological processes of wild populations and influence the structure and distribution of them. The landscape spatial pattern in 2000 was analyzed using Landsat TM/ETM images and the program FRAGSTATS. Landscape diversity, patch characteristics, and the spatial distribution attributes of different landscape elements were analyzed quantitatively. Three aspects of the spatial landscape within study area were analyzed here. First, a variety of landscape indices, such as the proportional index of landscape components, diversity index and shape index, are selected for at the landscape and class levels to show the primary characteristics of the landscape in Liangshan Mountains. The result shows that the landscape diversity is rich and the shape is complex within the habitat area. Cold-temperate coniferous forest occupies the largest area with an average patch area of 61.65hm². Secondly, indices describing nearest-neighbor distances and patch gaps are used to express the spatial adjoining relationship and spatial fragmentation between red panda habitat and other land use/cover categories. The results indicate that the forest patches are mostly close and not very fragmented. Finally, the spatial fragmentation and suitable habitat distribution of red panda habitat were analyzed. The result tells us that the red panda distribution area is 219055hm² in areas where the forest patches are mostly close and relatively unfragmented. The present amount of suitable habitat is 209568hm² with 3763 hm² (3.17%) lost due to anthropogenic effects. Three fragile areas should be given more attention, especially the yiziyakuo area located on the road between Meigu and Ebian counties.

基金项目: 国家林业局资助项目

收稿日期: 2007-06-15; 修订日期: 2008-03-25

作者简介: 张顺林 (1978 ~), 男, 安徽淮北人, 硕士生, 主要从事保护生物学研究. E-mail: alang.611@163.com

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: rjzhong-01@163.com

Foundation item: The project was financially supported by State Forestry Administration (SFA)

Received date: 2007-06-15; **Accepted date:** 2008-03-25

Biography: ZHANG Shun-Lin, Master candidate, mainly engaged in conservation biology. E-mail: alang.611@163.com

Key Words: red panda; landscape pattern; habitat assessment; Liangshan Mountains

小熊猫(*Ailurus fulgens*)是喜马拉雅-横断山脉特产珍稀动物,主产于我国四川、云南和西藏,在尼泊尔、印度、不丹、锡金和缅甸有少量分布。四川省小熊猫主要分布于岷山、邛崃山、相岭、凉山、大雪山以及沙鲁里等山系,其中又以凉山,相岭和邛崃山系为集中分布区,种群数量大^[1]。由于森林过度采伐、生境不断消失、种群不断被分割以及偷猎等,分布区不断地向西部高山峡谷地区退缩,已被我国列为 II 级重点保护动物,中国红皮书定为易危级,IUCN 红色名录定为濒危,CITES 附录 I 物种。

关于小熊猫的研究已有很多文献报道,研究范围涉及形态、生理、行为以及生态等多个领域^[2~9]。但是在山系尺度,以景观生态学的研究方法对野外小熊猫种群进行研究还没有相关的报道。景观格局一般指大小和形状不一的景观斑块在空间上的配置,是景观空间结构的具体体现,也是景观功能和动态变化的重要因素^[10]。同时景观格局也影响景观内部的生物多样性水平、物种分布和活动状况,从而在一定程度上影响许多生态过程^[11,12]。近年来国内景观生态方面的研究日益广泛和深入^[13~16],在景观格局的研究上取得了一些卓有成效的成果,对了解区域生态环境的变化过程和趋势,探寻其驱动力机制,提供了科学依据。但对景观格局的研究多在自然生态系统或人为景观方面,涉及动物生境格局的研究则很少见,据曹宇统计^[17],在 20 世纪 90 年代期间,我国对栖息地及其景观多样性的研究仅占整个景观生态学研究文献的 6.3%。对动物生境景观格局的研究,主要集中在适宜性评价和破碎化方面,研究的对象主要是一些大中型动物,如大熊猫,马鹿和紫貂等^[18~20],这些研究对更有效的保护濒危动物提供了理论基础。本文利用景观生态学的研究方法和原理,根据野外实地调查的小熊猫分布及生境分布资料,分析了凉山山系小熊猫生境的景观格局状况,以期对小熊猫及其凉山山系的生物多样性保护提供科学依据。

1 资料与方法

1.1 研究区概况

凉山山系地处四川盆地西南缘向西藏高原的过渡地带,东起马边河,西至甘洛河、越西河,北抵大渡河,南到金沙江。该区域气候温和,干湿季节、立体气候分明。在中国植被区划中属于亚热带常绿阔叶林区域。植被垂直分布明显:山地植被垂直带谱结构的基带植被为常绿阔叶林,分布于海拔 2600m 以下;海拔 2600 ~ 4000m 为寒温性针叶林带;海拔 3800m 以上为高山灌丛、草甸带^[21,22]。

1.2 研究方法

1.2.1 野外调查方法

在凉山山系主山脊所在的 7 个县(区),即四川省乐山市的峨边、马边县和金口河区,凉山彝族自治州的雷波,甘洛,越西和美姑县,根据各县森林分布状况和访问结果,在确认有小熊猫分布的成片森林内每 2km² 布设一条调查样线,历史上曾经有分布或现在可能有分布的区域作一般调查,每 6km² 布设一条调查路线。调查前在 1:10 万的地形图上划定每条路线的调查小区,调查人员在调查小区内根据实际情况,选择实际调查路线。调查时记录每条样线发现小熊猫的实体和遗迹(包括粪便、尸体等)的有无,在每条样线用 GPS 只定位一个痕迹点。

1.2.2 景观分类体系

根据土地利用现状和植被类型,建立景观分类体系(表 1),共划分成 4 个一级类型和 14 个二级类型。

1.2.3 分布区确定方法

根据野外植被调查样方,利用 ERDAS IMAGINE 遥感软件对 2000 年的凉山山系 ETM+ 影像进行解译,对部分被云遮盖的地区,利用各县的森林资源二调林相图进行修正,得到调查区域内的森林等植被的类型和范围。利用地理信息系统(Geographic information system, GIS) 分别制作公路、河流及居民点图层和植被分布图层等,得到景观分布图。将小熊猫活动痕迹点图层和景观图层进行叠加,绘制小熊猫分布区范围。分布区的确定原则是:在小熊猫分布点连续分布的森林内,以小熊猫样线痕迹点为基础,低海拔区域扩充到农耕地的边

界,高海拔扩充到森林的上线;在小熊猫分布的最边缘区域以痕迹点为中心向边缘扩展 2km,然后用平滑的曲线把所有外围界线连接,2km 为小熊猫最大平均巢域的直径。

表 1 凉山小熊猫生境内景观分类体系

Table 1 the landscape classification system of the Red Panda's habitat in Liangshan Mountains

一级 First class	二级 Second class
1 森林 Forest	111 寒温性针叶林 Cold-temperate coniferous forest (CTC), 112 暖性针叶林 Warm coniferous forest (WC), 113 温性针叶林 Temperate coniferous forest (TC) 121 常绿、落叶阔叶混交林 Evergreen broad-leaved and deciduous mixed forest (EBLDM), 122 常绿阔叶林 Evergreen broad-leaved forest (EBL), 123 落叶阔叶林 Deciduous broad-leaved forest (DBL), 124 竹林 Bamboo forest (BF) 131 温性针阔叶混交林 Temperate coniferous and broad-leaf mixed forest (TCBLM) 141 落叶阔叶灌丛 Deciduous broad-leaved bush (DBLB), 142 温性落叶阔叶灌丛 Temperate deciduous broad-leaved bush (TDBLB)
2 灌草丛及草甸 Bush & Grass land	211 草甸 Grass land (GL), 212 灌草丛 Bush (B)
3 耕地 Farm land (FL)	311 耕地 (FL)
4 裸岩 Bare land (BL)	411 裸岩 (BL)

1.2.4 景观格局分析方法

利用 ARCVIEW3.2a 软件和景观格局分析软件 FRAGSTATS 对小熊猫分布区景观格局进行分析,包括景观斑块分析和景观格局指数计算两部分:(1)景观斑块分析:选用指标有斑块面积 (total area, TA)、斑块数 (Patches, NP)、斑块密度 (patch density, PD)、平均斑块面积 (average patch area, AREA_MN)、最大斑块指数 (largest patch index, LIP)。(2)景观格局指数分析:选取平均斑块分维数 (mean patch fractal dimension index, MPFD)、香农指数 (shannon diversity index, HDI)、斑块数破碎化指数 (patch fragmentation index, FN)、内部生境破碎化指数 (inner habitat fragmentation Index, FI)、景观聚集度指数 (contagion index, CONTAG)、平均最近邻近距离 (euclidean nearest neighbor distance distribution, ENN_MN)。以上景观指数的计算公式及含义参见 Fragstats3.3 (栅格版) 软件说明包以及相关文献^[23~25]。

1.2.5 生境适宜性评价

根据小熊猫生物学与生态学研究^[4~6],并参照已有生境评价方法^[26,27],建立小熊猫生境评价标准。自然环境因素选择植被类型和水源作为适宜性评价准则(表 2),人类活动选择道路和居民点作为生境影响因素(表 3),依据前 2 类因子的影响程度建立生境适宜性评价准则(表 4)。

表 2 自然环境因素评价准则

Table 2 Criterion for abiotic and biotic suitability assessment

因素 Factor	最适宜 Highly suitable	适宜 Suitable	勉强适宜 Marginally suitable	不适宜 Unsuitable
生物环境因素 Biological factor	植被类型 Vegetation	常绿阔叶混交林 EBLDM, 针叶林 CF, 针阔混交林 MCB	阔叶林 BF	灌草丛 SH 草甸 GR
物理环境因素 Physical factors	水源 (m) Water source	< 500m	500 ~ 1000m	1000 ~ 2000m > 2000

MCB: Mixed coniferous and broad-leaved forests; BF: Broad-leaved forests; CF: Coniferous forests; SH: Shrubs; GR: Grass land

2 结果分析

2.1 小熊猫分布

野外样线调查情况见表 5 和图 1。从表中可以看出 7 个县中在金口河没有发现小熊猫痕迹,小熊猫样线遇见率最高的县是美姑和峨边县。根据分布区确定方法,7 县中有小熊猫分布面积 219055hm²,占 7 县国土面积的 14.9%。分布区位于峨边县的面积最大,其次是马边和美姑县。

表 3 人类活动因子

Table 3 Criteria for assessment of human impacts on Liangshan habitats

因素 Factor		强烈影响 Strong	比较强烈 Moderate	有影响 Weak	无影响 None
居民点 Residential area	距居民点的距离 Distance from residential plots(m)	<200	200 ~ 500	500 ~ 1000	> 1000
道路 Road	距公路的距离 Distance from road(m)	<60	60 ~ 200	200 ~ 500	> 500

表 4 人类活动对生境影响的评价准则

Table 4 Critia for combination of habitat and human impact

生境质量 Quality of habitat	人类活动的影响程度 Human impact			
	强烈 Strong	比较强烈 Moderate	有影响 Weak	无影响 None
1	4	3	2	1
2	4	3	3	2
3	4	3	3	3
4	4	4	4	4

1: 最适宜生境 Highly suitable;2: 适宜生境 Suitable;3: 勉强适宜生境 Marginally suitable;4: 不适宜生境 Unsuitable

表 5 样线调查结果

Table 5 The data of Line transects

县市 Contry	样线 Survey routes (No.)	小熊猫痕迹样线 Survey routes with red pandas traces (No.)	遇见率 Encounter rate (%)
甘洛 Ganluo	122	12	9.84
越西 Yuexi	118	12	10.17
美姑 Meigu	198	43	21.72
马边 Mabian	179	19	10.61
雷波 Leibo	254	18	7.08
峨边 Ebian	334	70	20.96
金口河 Jinkouhe	21	0	0
合计 Total	1226	174	14.19

2.2 各类型斑块基本特征

2.2.1 斑块面积特征

在景观一级类型上(表 6),森林总面积 183480 hm^2 ,其中针叶林、针阔混交林、阔叶林和灌丛分别占景观面积的 35.26%、29.67%、10.33% 和 8.50%。森林斑块数量为 273 块,平均面积为 672 hm^2 /块,其中大于 100 hm^2 的斑块数量占总斑块的 3.3%,而面积却占景观总面积的 83%,说明生境内部存在少数几个面积较大的连通性较高的森林斑块。

表 6 小熊猫分布区一级类型景观分析

Table 6 Landscape patches analysis of first class in study area

景观类型 Landscape	类型面积(hm^2) (CA)	斑块数目(No.) (NP)	最大斑块指数(%) (LPI)	平均斑块面积(hm^2) (AREA_MN)	平均邻近距离 (ENN_MN)
森林 Forest	183480	273	80.283	672.09	240
灌草丛及草甸 B, GL	35358	903	4.118	39.12	346
农耕地 FL	110	23	0.0192	4.78	1517
裸岩 BL	107	23	0.0132	4.65	2380

在景观二级类型上,组成森林斑块数为 9274 块,平均斑块面积为 23.62 hm^2 ,斑块密度 4.23 块/ km^2 。寒温性针叶林斑块的平均面积最大,为 61.65 hm^2 ,其次是温性针阔叶混交林斑块,平均面积为 52.21 hm^2 。最大斑块指数最明显的是温性针阔叶混交林,达 9.24%,结果见图 2 和表 7。

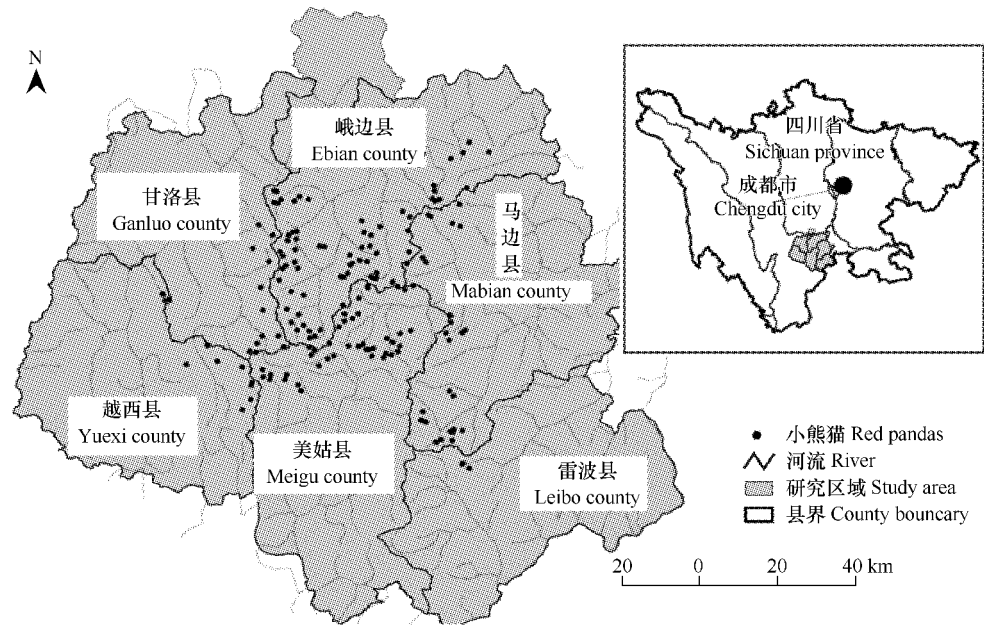


图 1 小熊猫痕迹点分布图
Fig. 1 The distribution area of red pandas

表 7 小熊猫分布区二级类型的景观基本信息

Table 7 The basic characteristics about landscape classification in the Red Panda's habitat in Liangshan Mountains					
斑块类型 Type	斑块类型面积 CA (hm ²)	斑块数 NP (No.)	最大斑块指数 LPI (%)	平均斑块面积 AREA_MN(hm ² /No.)	平均最近邻近距离 ENN_MN
111	52591	853	4.5	61.65	294
112	14140	1275	1.04	11.09	367
113	10502	1394	0.16	7.53	342
121	4581	278	0.49	16.48	396
122	6690	565	0.45	11.84	389
123	10251	671	0.29	15.28	359
124	1104	307	0.01	3.6	548
131	65001	1245	9.24	52.21	295
141	18587	1720	0.34	10.81	337
142	33	13	0.003	2.54	930
211	34895	844	3.46	41.34	337
212	463	63	0.018	7.35	1202
31	110	23	0.018	4.78	3366
41	107	23	0.012	4.65	2885
总计 Total	219055	9274	9.24	23.62	365

2.2.2 斑块形状特征

平均斑块分维数可以反映景观斑块形状的复杂度,分维数越大表明斑块形状越复杂。在景观二级类型上,凉山山系景观平均分维数为 1.051(表 8),远小于 2,说明景观斑块边缘褶皱程度下降,形状趋于简单和规则。香农多样性指数显示该山系景观多样性水平为 1.91(表 8),说明该山系景观结构复杂,丰富度较高。

表 8 二级类型上的景观指数分析
Table 8 Landscape patches analysis of second class in study area

平均斑块分维数 MPFD	香农多样性 SHDI	斑块数破碎化 FN	森林内部生境破碎化 FI	景观聚集度 CONTAG
1.051	1.91	0.042	0.197	75.43

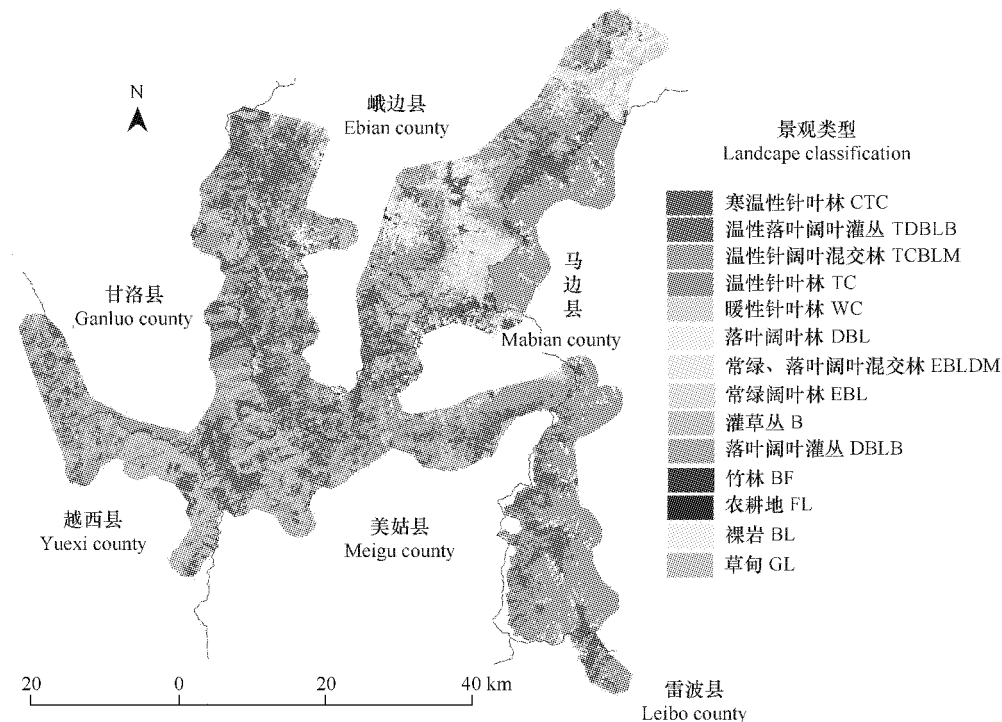


图2 凉山山系小熊猫生境景观类型分布图

Fig. 2 The distribution map of landscape types in study area

2.3 景观组分空间关系

最近距离指数反映同种斑块间距离远近和离散程度,该值越大,距离就越远,对于斑块中小熊猫的移动阻力就越大。在景观一级类型上,据平均最近邻近距离计算可知森林斑块的值为240(表6),斑块间隔距离最小。聚集度指数描述景观中不同斑块类型团聚程度或延展趋势,该值越高表明景观斑块连接越良好,反之,景观具有多种要素的密集格局,破碎化程度较高。景观聚集度指数计算值为75.43(表8),接近最大值100,反映出连接度高。以上说明森林分布最广,面积最大且连接度较高,构成了景观的基质。

2.4 景观组分破碎化状况

生境破碎化是景观的一个重要特征,破碎化指数可以很好的量化生境破碎化的程度,指数越大说明破碎化程度越强,景观受干扰越为严重。通过对斑块数破碎化和内部生境破碎化指数的定量分析表明:在景观二级类型上(表8),斑块数破碎化程度很低,仅为0.042,即单位面积上景观斑块的数量很少,趋于完整。内部生境面积破碎化FI指数为0.197,说明分布区内的最大生境斑块面积较大。

2.5 小熊猫适宜生境

运用适宜性评价准则,将环境适宜性分布图与人类活动的影响范围进行叠加分析,从而可以得到分布区在人类活动干扰下的生境适宜性特征。结果表明,共有15488 hm^2 的区域已不同程度地受到人类生产、生活活动的影响,占分布区总面积的7.07%,且干扰活动主要发生在环境最适宜区和适宜区。小熊猫适宜生境等级以上的总面积为160249.5 hm^2 (表9),其中最适宜生境面积为60078 hm^2 ,适宜生境为100171.5 hm^2 。人类活动导致小熊猫适宜生境丧失10411.5 hm^2 ,其中最适宜生境减少了6.7%,适宜生境减少了5.7%。

3 讨论

3.1 关于最大巢域面积的选取

动物个体巢域的大小是多个因素综合作用的结果,其中包括体重、食物丰盛度、种群密度、生境状况、繁殖状况以及天敌与竞争者的存在等^[28]。已有许多文献^[29,30]对小熊猫的巢域面积进行了报道,在不同的研究区域得到的结果不一样,如Yonzon^[30]在尼泊尔的研究结果最大巢域为9.6 km^2 ,平均巢域3.45 km^2 ,据杨建东

等^[31]和张泽钧^[32]对邛崃山的研究结果为最大巢域面积为 3.30km^2 和 3.36km^2 , 平均巢域面积为 1.83km^2 和 2.34km^2 ; 胡锦涛在卧龙保护区^[33] 研究最大巢域面积为 3.43km^2 。假设小熊猫巢域为圆形, 根据国内小熊猫最大巢域面积 3.43km^2 , 算得小熊猫巢域的直径的平均值为 2.09km 。考虑到国内小熊猫的平均巢域面积^[31,32] 在 $1.83 \sim 2.34\text{km}^2$ 之间, 且个体之间普遍存在巢域重叠的现象, 故四舍五入取整数为 2km 。

表 9 凉山山系小熊猫生境质量

Table 9 The quality of habitat in Liangshan Mountain

生境质量等级 Class of habitat quality	物理因素适宜性面积 Suitable habitat size in physical factor(hm^2)	生物环境适宜性面积 Suitable habitat size in biological factor(hm^2)	综合评价生境面积 Integrated suitability assessment area (hm^2)
最适宜生境 Highly suitable	96570	146815	60078
适宜生境 Suitable	60993	36665	100171.5
合计(适宜生境) Sum(suitable habitat)	157563	183480	160249.5
勉强适宜 Marginally suitable	47786	35358	49318.5
不适宜生境 Unsuitable	13706	217	9487

3.2 小熊猫生境面积

魏辅文等^[1]利用森林面积的比例估算出凉山山系小熊猫的生境面积为 379780hm^2 。魏辅文^[2]报道凉山山系小熊猫分布区包括 17 个县, 其中最高密度分布区为马边、峨边、越西、甘洛、美姑和喜德等 6 县, 次高密度分布区为雷波、西昌、德昌、普格、昭觉 5 县, 一般密度区为金阳、布托、宁南、会理、会东、米易 6 县。这些分布区是基于 20 世纪 70 年代的调查, 经过多年以后, 许多县已经很难在发现小熊猫的痕迹, 如布托县^[35], 甚至部分县已经没有小熊猫分布, 如西昌^[36]。除本次调查位于凉山山系主山脊的部分外, 其余 11 个县, 由于相对海拔较低, 森林分布不连续, 森林植被主要以云南松为主, 再加之强烈的人类活动和大规模的森林采伐, 小熊猫的分布范围已相当小。据作者 2004~2006 年对凉山山系部的调查, 小熊猫在许多县仅只有访问分布, 且小熊猫的分布不连续。结合凉山山系植被图和其它的一些调查结果, 凉山山系其余县小熊猫分布面积的总和肯定小于本次调查的结果 160249.5hm^2 , 所以凉山山系现有小熊猫实际生境面积要小于 373980hm^2 。

3.3 生境脆弱性问题

小熊猫的适宜生境占景观总面积的 73.2%, 根据渗透理论(四邻规则)可知, 大于理论渗透阈值 60%, 出现“连通斑块”, 综合平均分维数, 香农指数, 连接度指数, 聚集度指数和破碎化指数的计算结果可知分布区景观呈现出高度连接的状态。根据生境适宜性评价准则, 发现小熊猫生境内存在脆弱区域, 分别位于越西县拉吉乡, 甘洛县阿嘎乡和峨边与美姑交界的椅子垭口一带。自 2000 年以后, 随着马鞍山、黑竹沟和申果庄保护区的相继建立, 越西县拉吉乡和甘洛县阿嘎乡区域的植被得到了一定程度的恢复。椅子垭口脆弱带, 需要给以极大的关注, 随着美姑到峨边公路的扩建完成, 该区域的人类活动强度会增加, 如不加强对该区域的科学管理, 完全可能造成生境隔离, 把小熊猫分割成东西两个孤立种群。

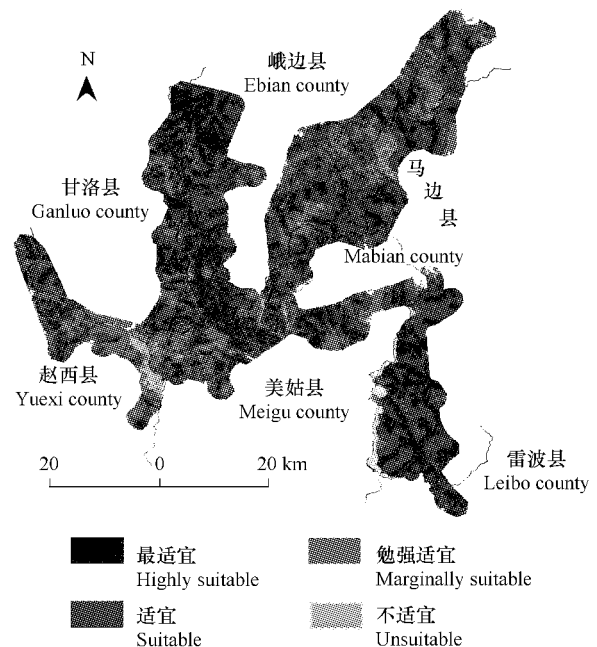


图 3 在人为干扰下的适宜性分布图

Fig. 3 The distribution of red panda habitat influenced by human in Liangshan mountains

3.4 保护策略

从景观尺度上看,凉山山系小熊猫栖息地分布连续,破碎化程度低,适宜的栖息地面积较大,在短期内对小熊猫种群的存活不会有大的影响。但从有效保护物种及栖息地的角度来看,凉山山系小熊猫的生存面临许多问题,主要表现在强烈的人类活动对栖息地的干扰和破坏。据全国第三次大熊猫调查结果显示^[37],凉山山系小熊猫栖息地内除森林采伐(占调查样线遇见率的 50.68%)外主要的人类活动还有放牧、采集竹笋及公路等,分别占调查样线遇见率的 16.45%、15.24% 和 14.18%。随着经济社会的发展和基础设施设备的建设,如旅游活动的蓬勃开展和高等级公路的修建,小熊猫栖息地的干扰和破碎化的趋势有越来越重的趋势。各级政府部门应加强小熊猫栖息地周边社区的经济发展,积极改变现在社区的靠山吃山和广种薄收的生产生活方式;积极发展替代能源,减少社区居民对薪材的消耗量,降低对森林的破坏;积极开展造林活动,尽快恢复历史采伐迹地,并对部分人工纯林进行改造,以增强森林的多重效益,进而使小熊猫栖息地的质量得到提高。各保护区应加强宣传与执法,积极引导和限制社区居民在栖息地内的活动,同时加强监测和研究,及时掌握小熊猫的分布状况和受胁因素,切实保护好小熊猫个体及栖息地。位于椅子垭口脆弱带的美姑大风顶国家级保护区,需要承担更多的保护与监管工作,应加强对美姑-峨边公路和美姑-马边公路的监测,根据汽车流量随时加强管理,同时严格执行国家有关在保护区建设的规定,限制在公路沿线的居民点建设和土地利用的转换,避免凉山山系小熊猫栖息地被分割成 3 块的危险。

References:

- [1] Wei F W, Feng Z J, Wang Z W, *et al.* Current distribution, status and conservation of wild red pandas *Ailurus fulgens* in China. *Biological Conservation*, 1999, 89:285—291.
- [2] Wei F W, Hu J C. Status and conservation of red pandas in Sichuan. *Journal of Sichuan Normal College*, 1993, 13(3):156—160.
- [3] Hu G, Du Y. The Current distribution, population and conservation status of *Ailurus fulgens* in Yunnan. *Journal of Northwest Forestry University*, 2002, 17(3):67—71.
- [4] Wang W, Wei F W, Hu J C, *et al.* Habitat selection by red panda in mabian dafengding reserve. *Acta Theriologica Sinica*, 1998, 18(1):15—20.
- [5] Zhang Z J, Hu J C. Comparing between the giant panda and the red panda in Qionglai Mountains. *Acta Theriologica Sinica*, 2002, 22(3):161—168.
- [6] Wei F W, Feng Z J, Wang Z W, *et al.* Habitat use and separation between the giant panda and the red panda in Xiangling Mountains. *Acta Zoologica Sinica*, 1999, 45(1):57—6315.
- [7] Wei F W, Li M, Fang S G, *et al.* Genetic and subspecies divergences within the red panda (CARNIVORA:PROCYONIDAE). *Acta Zoo Taxonomica Sinica*, 2002, 27(2):403—408.
- [8] Li M, Rao G, Wei F, *et al.* Population genetic structure and geographic subdivision of the red panda (AILURUSFULGENS). *Acta Zoologica Sinica*, 2002, 48(4):480—486.
- [9] Han Z X, Wei F W, Li M, *et al.* Daily activity rhythm of captive red pandas (*Ailurus fulgens*). *Acta Theriologica Sinica*, 2005, 25(1):97—101.
- [10] Xiao D N, Li X Z. Forefronts and future strategies of landscape ecology. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(8):1615—1621.
- [11] Zhou H F, Fu B J. Ecological structure of landscape and biodiversity protection. *Sci. Geogra. Sin.*, 1998, 18(5):472—478.
- [12] Li X W, Hu Y M, Xiao D N. Landscape ecology and biodiversity conservation. *Acta Ecologica Sinica*, 1999, 19(3):399—407.
- [13] Song K S, Zhang B, Yu L, *et al.* The Dynamic change of landscape pattern in Tonghua region using RS and GIS. *Journal of Mountain Science*, 2005, 23(2):234—240.
- [14] Wang X Z, Helge B, Michael R, *et al.* A quantitative analysis of the landscape pattern around Qiraoas is based on remote sensing data. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(9):1491—1499.
- [15] Wen Z M, Jiao F, Zhang X P. Impact of landscape changes on environment due to 60 year. Slanduse in a small catchment in Loess Hilly Region on the Loess Plateau. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(9):1903—1909.
- [16] Xu J H, Fang C L, Yue W Z. Ananalysis of the mosaic structure of regional landscape using GIS and remote sensing. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(2):365—375.
- [17] Cao Y, Xiao D N, Li X Z, *et al.* Literature analysis and research progress of the landscape ecology in China in the 1990s. *Journal of Forestry Research*, 2002, 13(2):98—102.
- [18] Zhang S, Liu X H, Jin Q. The relation ship between landscape pattern and the habitat of giantpandas on the southern slope of the middle Qinling Mountains. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(9):1950—1957.
- [19] Jiang G S, Zhang M H, Ma J Z. The fragmentation and impact factors of red deer habitat in Wandashan region, Heilongjiang Province, China. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(7):1691—1698.
- [20] Li Y H, Hu Z B, Leng W F, *et al.* Habitat pattern change of martes zibellina and the impact of timber harvest in Huzhong Area in Greater Hing'an

- Mountains, Northeast China. Biodiversity Science, 2007, 15 (3): 232—240.
- [21] Li C B. A study of staple food bamboo for the Giant panda. Guiyang: Guizhou Science and Technology Press, 1997. 75—84.
- [22] Hu J C. Research on the Giant panda. Shanghai: Shanghai Science, Technology and Education Press, 2000. 80—84.
- [23] Chen W B, Xiao D N, Li X Z. Classification, application and creation of landscape indices. Chin. J. Appl. Ecol., 2002, 13(1): 121—125.
- [24] Fu B J, Chen L D, Ma K M, *et al.* Principles and applications on landscape ecology. Beijing: Science Press, 2001. 59—207.
- [25] Wu J G. Landscape ecology, pattern, process, scale and hierarchy. Beijing: Higher Education Press, 2000. 96—109.
- [26] 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): 1870—1874.
- [27] Bao Y X, Zheng X, Ge B M. An assessment and protective strategy of black muntjac (*Muntiacus crinifrons*) habitat in Zhejiang Province. Acta Ecologica Sinica, 2006, 26 (8): 2425—2431.
- [28] Sun R Y, Zheng S W, Cui R X. Home range study of vole (*Microtus oeconomus*). Acta Theriologica Sinica, 1982, 2(2): 219—132.
- [29] Sunita P, Gautam K S, Jamal A K. Ecology of the red panda (*Ailurus fulgens*) in the Singhalila National Park, Darjeeling, India. Biological Conservation, 2001, 98, 11—18.
- [30] Yonzon P B, Hunter Jr M L. Conservation of the red panda, *Ailurus fulgens*. Biological Conservation, 1991, 57, 1—11.
- [31] Yang J d, Zhang Z J, Li M, Hu J C, Wei F W. Home range of red pandas (*Ailurus fulgens*) in Fengtongzhai Nature Reserve, Sichuan, China. Acta Theriologica Sinica, 2006, 26, 13—17.
- [32] Reid D G, Hu J, Huang Y. Ecology of red pandas in the wolong reserve. Journal of Zoology, 1991, 225, 347—364.
- [33] Habitat selection and action rhythm of red pandas in Fengtongzhai Nature Reserve. Chinese Academia Sinica, zoology Institute, doctor thesis, 2006, 51—56.
- [34] Hu J C, Johnson K G, Schaller G B. Behavioral ecology of red panda in the wolong nature reserve. Journal of Northwest University, 1987, 17 (suppl.), 80—86.
- [35] An Investigation Report on biodiversity in the Le'an Region of Butuo County, Sichuan Province. Journal of Sichuan Forest Science and Technology, 2006, 27(5): 26—27.
- [36] Wei F W, Feng Z J, Wang Z W, *et al.* Population and conservation status of wild red pandas (*Ailurus fulgens*) in China. In: Hu J C, Wu Y. Resource and Conservation about Vertebrate. Chengdu: Sichuan Science and Technology Press, 1998. 59—69.
- [37] The 3rd National Report on Giant Panda in China. Beijing: Press of Science, 2006. 153—164.

参考文献:

- [2] 魏辅文, 胡锦矗. 四川省小熊猫现状和保护. 四川师范学院学报(自然科学版), 1992, 13(3): 156~160.
- [3] 胡刚, 杜勇. 云南省小熊猫(*Ailurus fulgens*)资源分布及保护现状. 西北林学院学报, 2002, 17(3): 67~71.
- [4] 王维, 魏辅文, 胡锦矗, 等. 马边小熊猫对生境选择的初步研究. 兽类学报, 1998, 18(1): 15~20.
- [5] 张泽钧, 胡锦矗. 邛崃山系大熊猫和小熊猫生境选择的比较. 兽类学报, 2002, 22(3): 161~168.
- [6] 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.
- [7] 魏辅文, 李明, 方盛国, 等. 小熊猫种内遗传及亚种分化研究(食肉目: 浣熊科). 动物分类学报, 2002, 27(2): 403~408.
- [8] 李明, 饶刚, 魏辅文, 等. 小熊猫种群遗传结构和地理分化. 动物学报, 2002, 48(4): 480~486.
- [9] 韩宗先, 魏辅文, 李明, 等. 圈养小熊猫的昼夜活动节律. 兽类学报, 2005, 25(1): 97~101.
- [10] 肖笃宁, 李秀珍. 景观生态学的学科前沿与发展战略. 生态学报, 2003, 23(8): 1615~1621.
- [11] 周华锋, 傅伯杰. 景观生态结构与生物多样性保护. 地理科学, 1998, 18(5): 472~478.
- [12] 李晓文, 胡远满, 肖笃宁. 景观生态学与生物多样性保护. 生态学报, 1999, 19(3): 399~407.
- [13] 宋开山, 张柏, 于磊, 等. 基于 RS 与 GIS 的通化地区景观格局动态变化. 山地学报, 2004, 23(2): 234~240.
- [14] 王兮之, Helge B, Michael R, 等. 基于遥感数据的塔南策勒荒漠-绿洲景观格局定量分析. 生态学报, 2002, 22(9): 1491~1499.
- [15] 温仲明, 焦峰, 张丽萍, 等. 纸坊沟流域近 60 年来土地利用景观变化的环境效应. 生态学报, 2004, 24(9): 1903~1909.
- [16] 徐建华, 方创琳, 岳文泽. 基于 RS 与 GIS 的区域景观镶嵌结构研究. 生态学报, 2003, 23: 365~375.
- [17] 张爽, 刘雪华, 靳强, 等. 秦岭中段南坡景观格局与大熊猫栖息地的关系. 生态学报, 2004, 24(9): 1950~1957.
- [18] 姜广顺, 张明海, 马建章. 黑龙江省完达山地区马鹿生境破碎化及其影响因子. 生态学报, 2005, 25(7): 1691~1698.
- [19] 李月辉, 胡志斌, 冷文芳, 等. 大兴安岭呼中区紫貂生境格局变化及采伐的影响. 生物多样性, 2007, 15(3): 232~240.
- [20] 李成标. 大熊猫食竹分类研究. 贵阳: 贵阳科学技术出版社, 1997. 75~84.
- [21] 胡锦矗. 大熊猫研究. 上海: 科学技术教育出版社, 2000. 80~84.
- [22] 陈文波, 肖笃宁, 李秀珍. 景观指数分类、应用及构建研究. 应用生态学报, 2002, 13(1): 121~125.
- [23] 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): 1870~1874.
- [24] 鲍毅新, 郑祥, 葛宝明. 浙江黑麂栖息地评价及保护对策. 生态学报, 2006, 26(8): 2426~2431.
- [25] 孙儒泳, 郑生武, 崔瑞贤. 根田鼠巢区的研究. 兽类学报, 1982, 2(2): 219~132.
- [26] 杨建东, 张泽钧, 李明, 等. 蜂桶寨自然保护区小熊猫巢域初步研究. 兽类学报, 2006, 26(1): 13~17.
- [27] 张泽钧. 蜂桶寨小熊猫(*Ailurus fulgens*)生境选择及活动规律的研究. 中国科学院动物研究所博士学位论文, 2006, 51~56.
- [28] 胡锦矗, Johnson K G, Schaller G B. 卧龙自然保护区小熊猫的行为生态. 西北大学学报, 1987, 17 (增刊), 80~86.
- [29] 布拖安地区生物多样性调查报告. 四川林业科技, 2006, 27(5): 26~27.
- [30] 魏辅文, 冯祚建, 王祖望, 等. 中国野生小熊猫资源及管理状况评估. 见: 胡锦矗, 吴毅. 脊椎动物资源及保护. 成都: 四川科学技术出版社, 1998. 59~69.
- [31] 全国第三次大熊猫调查. 北京: 科学出版社, 2006. 153~154.