

利用遥感技术进行大熊猫 栖息环境的调查研究*

李芝喜

(西南林学院)

1988年10月6日收稿

摘 要

本文利用陆地卫星图像和航空像片判读,结合地面采样调查,对既能从遥感图像上提取又是影响大熊猫主食竹类生长的环境因子,建立多元回归的数学模型。根据多元回归求算各个地块的得分值,以评价主食竹类的立地质量等级。得出位于中高海拔东北向缓坡下部兼有针阔混交林覆盖的厚土层地段,是主食竹类的最适生长环境和大熊猫的最佳栖息环境。因此,利用遥感技术进行立地质量分类和编制大熊猫环境质量分布图,将对恢复和改善其栖息环境以及管理保护工作起到积极的作用。

关键词 大熊猫 遥感图像 多元回归 立地质量

被称为“国宝”和“活化石”的大熊猫,是世界上的一种珍稀动物。当前由于其主食竹类开花枯死,致使大熊猫赖以生存的食料缺乏,栖息环境恶化,濒临绝灭的严重威胁,已引起国内外各方面的关注。为此,我们利用遥感技术对大熊猫的生态环境进行了调查研究。

一、试验地区概况及试验所用基础资料

1. 试验地区概况

试验区选择在四川省平武县的王朗自然保护区及其周围地区。该区是我国第一个大熊猫保护区,出国的大熊猫也比较多,有大熊猫故乡之称。王朗属岷山山系的余脉,其地形的主要特点是山高坡陡,沟深谷狭。由于地形起伏较大,森林植被(包括箭竹为主的大熊猫主食竹类在内)的垂直带谱比较明显,为利用遥感技术进行大熊猫栖息环境的研究提供了较好的背景因素。

2. 试验所用基础资料

试验所用的资料主要有陆地卫星数据、航空像片和地形图等。陆地卫星多光谱数据

* 参加该项研究部分工作的有我院龚延寿、吴基平、陈文尊和 1986, 1987 两届毕业实习学生多人。平武县林业局给予了大力支持和帮助。此外,世界野生生物基金会环境保护高级顾问约翰·麦金农(John. Mackinnon)博士曾就此与笔者进行了有益的讨论,在此一并致谢。

通过 IPOS/101 图像处理系统进行了数字图像处理。为满足大熊猫栖息环境立地质量等级分布图编制和环境因子判读的需要,图像处理时进行了几何校正和标准假彩色合成,以便提供有关的地况和林况信息。处理结果由 C-4500 扫描输出胶片,最后经光学放大为 1:20 万的假彩色卫星图像。航空像片为 1:5 万的全色黑白片,判读时借助于有关的判读仪器,偏重于提取有关环境因子方面的信息。此外还配合使用了 1:20 万的地形图。

二、研究方法

利用遥感技术进行野生动物栖息环境的调查研究还是一个急待开发的领域,很难找到可以借鉴的研究方法。根据国外的零星资料,70 年代以前偏重于利用飞机进行航空目视调查和航空摄影环境调查^[1],70 年代以后,逐渐利用陆地卫星图像进行环境概查^[2]。本研究,采用卫星遥感图像与航空像片相结合,并配合了地面采样调查。采样时由上而下过渡,以地面样地点位作为连结卫星图像与航空像片的纽带。立地质量判读和立地制图时,由下而上综合归纳,以环境因子的影像特征作为连结航空像片与卫星图像的依据。使航天遥感、航空遥感和地面调查有机地结合成为一个多级遥感的技术系统^[3]。即以地面样地为基础、遥感图像判读为手段,进行大熊猫栖息环境质量评价和立地制图。具体过程如下。

1. 利用遥感图像进行地面采样

为了掌握主食竹类的分布规律,首先进行了预备调查。预备调查时,以遥感图像结合地形图作为野外工作的位置图,采用线路调查方法,了解有代表性的典型地段主食竹类的生长情况。调查表明,影响主食竹类分布的环境因子主要有海拔、坡度、坡向、坡位、土层厚度和森林植被类型。并据此进行实测样地的布设。为保证样地的代表性,除使样地数量达到一个大样本的基准数(50 个样地)外,样地点位按因子分档次进行布设。布设时以 1:20 万的假彩色合成陆地卫星图像作为样地点位图进行设置。样地具体位置的测设还需要在 1:5 万的航空像片上加以刺点标定,并根据影像一一判读和记录环境因子及其档次。样地面积为 $5 \times 5 \text{ m}^2$,在样地面积内主要测定主食竹类的株数、高度、竹株 1/2 高部位的直径和竹株长势等。由于各竹株体积变异程度较大,因此以竹株的平均体积作为标准株,以便于采样数据的分析。

2. 利用样本数据进行环境因子的多元回归分析

根据航空像片判读所取得的环境因子信息与相应样地主食竹类标准株数量所进行的分析结果,主食竹株数随着环境因子的变异而变化,但一般都不是线性关系。为了满足多元线性回归数学模型,需将有关数据作相应的预处理。现以海拔因子为例加以说明,预处理主要是将标准株数对应的海拔按档次转为赋值,赋值按公式

$$X_{ij} = \frac{x_{ij} - x_{i1}}{K}$$

计算,其中 K 为步长系数,其取值以控制赋值 < 100 为宜,以便于反馈运算,本例中 K 值均

为 4.5, 结果见表 1。

表 1
Table 1

海拔 (l_j), 米	样地平均标准株数 (x_{1j})	赋值 (X_{1j})
2 000—2 200	323	0
2 201—2 400	350	6
2 401—2 600	584	58
2 601—2 800	503	40
2 801—3 000	472	33
3 001—3 200	467	32

表 2
Table 2

环境因子	档次区间	赋 值
坡 度	$\geq 46^\circ$	0
	$26^\circ-45^\circ$	10
	$6^\circ-25^\circ$	26
	$0-5^\circ$	45
坡 向	南	0
	西	4
	东	19
	北	21
坡 位	中	0
	上	19
	下	20
土层厚度 (厘米)	≥ 61	0
	41—60	22
	21—40	31
	≤ 20	35
森林类型	阔叶林	0
	无主林层	26
	针叶林	27
	针阔混交林	38

度和森林类型的赋值。

下面用显著性检验来检验该回归方程的代表性。

首先我们把总的离差平方和分解为两个部分：一部分是由于观测误差等随机因素引起的, 称为剩余离差平方和, 另一部分是回归方程所决定的, 称为回归离差平方和。

称观测值 y_i 与平均观测值 \bar{y} 的离差平方和为总离差平方和并记为

$$S_{yy} = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$$

则剩余离差平方和为

其余的第 2—6 个环境因子也作相应的赋值计算, 结果见表 2。

通过预处理进行赋值, 不仅使质量指标(如坡向、坡位、森林类型)转换为数量指标, 能够进行计算, 而且实现了线性变换。

通过线性变换即可进行多元线性回归分析。根据多元线性回归模型

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_m x_m + \varepsilon \quad (1)$$

式中: y 为因变量, 反映环境质量的单位面积主食竹标准株的数量; $\beta_j (j = 0, 1, 2, \dots, m)$ 为偏回归系数, 其中 β_0 是常数项, 均为待估计的参数; $x_j (j = 1, 2, 3, \dots, m)$ 为自变量, 可从航空像片上判读的环境因子的赋值; ε 为随机误差。

根据样本资料, 以 $b_j (j = 0, 1, 2, \dots, m)$ 来估计 $\beta_j (j = 0, 1, 2, \dots, m)$, 则得多元线性回归方程,

$$\hat{y} = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_m x_m \quad (2)$$

利用最小二乘法求出 b_0, b_1, b_2, \dots

b_m , 则

$$\hat{y} = 51.67 + 3.65x_1 + 7.23x_2 + 9.92x_3 + 3.59x_4 + (-2.80)x_5 + 0.39x_6 \quad (3)$$

式中: \hat{y} 为待测地块每 25 平方米面积上的竹类标准株数; $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6$, 分别为判读海拔, 坡度, 坡向, 坡位, 土层厚

$$Q = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$$

回归离差平方和为

$$u = \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2$$

所以 $S_{yy} = Q + u$.

然后利用回归方差与剩余方差的比值 (F) 来进行显著性检验, 即

$$F = \frac{u/m}{Q/n - m - 1} \quad (4)$$

具体的方差分析见表 3。

表 3
Table 3

变差来源	平方和	自由度	方差	F 值	临界值
回 归	$u = 3\,595\,000$	$m = 6$	599 167	11.7	$F_{(6,43)}^{0.01}$
剩 余	$Q = 2\,200\,000$	$n - m - 1 = 43$	51 163		
总方差	$S_{yy} = 5\,795\,000$	$n - 1 = 49$			3.24—3.27

检验结果表明, 统计量 $F > F_{(6,43)}^{0.01}$, 即在 0.01 水平上 $11.7 > 3.27$, 所以公式(3)不仅是成立的, 而且回归方程是高度显著的, 估测方法是合理的和严格的。

根据表 3 中的数据, 按下式进行复相关系数的计算。

$$R = \sqrt{\frac{u}{S_{yy}}} = \sqrt{1 - \frac{Q}{S_{yy}}} \quad (5)$$

于是

$$R = \sqrt{1 - \frac{2\,200\,000}{5\,795\,000}} = \sqrt{1 - 0.3796} = 0.79$$

从复相关系数也说明, 自变量与因变量之间的线性相关关系很紧密, 侧面也证明利用公式(3)进行回归估测立地得分可获得比较满意的效果。

3. 利用判读数据进行主食竹类立地质量评价

在试验区内, 首先利用卫星图像按影像特征勾绘地貌和植被的界线, 作为粗略分类的控制范围。进而利用航空像片勾绘各个山头地块的细部轮廓, 轮廓面积的大小, 随环境因子的变化而定。按轮廓逐个判读地块的上述六项环境因子的档次, 依据表 1 和表 2 中档次的相应赋值代入公式(3), 其代数之和即为地块的得分值。再按得分值查立地质量等级。

得分值与立地质量等级的关系, 按表 4 划分。

例如, 第 47 号地块, 按航空像片上的地块位置, 地形图上查得海拔高为 3 080 米, 坡度为 35° , 坡向北向, 坡位上部, 土层用间接标志估判为中偏浅, 主林层为针阔混交林。按表 2 中的相应赋值代入回归方程式(3), 则

$$\begin{aligned} \hat{y} &= 51.67 + 3.65 \times 32 + 7.23 \times 10 + 9.92 \times 21 + 3.59 \times 19 \\ &+ (-2.80) \times 31 + 0.39 \times 38 = 445.32 \text{ 株/25 平方米} \end{aligned}$$

相当于每公顷得分 178 128 标准株。查表 4, 属立地等级 III, 立地质量中等。

如法求出每个地块的立地等级, 并与卫星图像上的宏观轮廓进行初步的对照和检验。然后, 通过航空像片立地等级判读的结果和方差进行精度分析。

依据表 3 中的剩余方差, 按剩余标准差公式

$$S = \sqrt{Q/n - m - 1} \quad (6)$$

则

$$S = \sqrt{51\ 163} = 226.2 \text{ 株/25 平方米}$$

相当于每公顷为 90 480 标准株。

由于判读的精度可由剩余标准差的大小来衡量。借用样本误差公式 $\Delta = t \cdot S/\sqrt{n}$ (按 95% 的可靠性, 可靠性指标 $t = 2.0$), 则 $\Delta = 2.0 \times \frac{90\ 480}{\sqrt{50}} = 25\ 592$ 标准株/公顷。又根据计算每公顷平均竹株 $\bar{y} = 186\ 000$ 标准株, 相对误差

$$E = \frac{\Delta}{\bar{y}} = \frac{25\ 592}{186\ 000} = 0.137\ 6,$$

故精度 $P_e = 1 - E = 86.24\%$ 。也就是说, 在不考虑环境因子判读本身人为差错的情况下, 按 95% 的可靠性达到了 86% 的精度。

4. 主食竹立地质量等级图的编制

采样时通过对应的样地点位由上而下传递, 以点位作为纽带, 从卫星图像到航空像片再过渡到地面, 立地制图时以相应的环境因子的判读作为依托, 由下而上连结, 从地面到航空像片再到卫星图像。但由于分辨力的差异, 将航空像片的细部向卫星图像上转绘时, 通过综合取舍进行了归纳和概括。同时又考虑到不使信息丢失, 所以编制了两种尺度的主食竹类立地质量等级分布图。一种是利用航空像片以放大地形图为基础底图通过仪器转绘而成的 1:7.5 万的线划立地图, 另一种是由航空像片转绘到 1:20 万卫星图像上的范围较大的影像立地图。两种不同详细程度的立地图, 为不同层次的大熊猫环境管理工作提供了基础依据。

三、初步结果

(1) 试验结果表明, 利用遥感技术进行大熊猫栖息环境的调查研究具有以下特点。

第一, 可减少立地质量分类的野外测定工作。常规的立地分类与质量评价工作, 通常是先编制一个有代表性的立地指数图表, 待测地块的立地等级需要逐个进行实地取样, 而

表 4

Table 4

主食竹每公顷标准株数	立地等级	立地质量
≤60 000	V	劣等
60 001—140 000	IV	下等
140 001—220 000	III	中等
220 001—300 000	II	良好
≥300 001	I	优等

后以立地指数图表作为尺度进行评定。所以其野外工作量比较大。而遥感方法,则是以环境因子的影像特征为依据,通过一定的数学模型即可将立地质量等落实到山头地块。因此,大幅度地提高了工作效率。以 50 个样地来评定 500 个地块的立地,大约提高工效 10 倍。

第二,立地分类与立地制图相结合。常规的立地质量分类主要是编制立地图表,立地制图则需要单独进行。而遥感立地分类本身就是以遥感图像为依据,所以立地分类就包含了立地制图。因此,进一步地提高了工作效率。不仅如此,由于立地质量分类是以图像形式反映,立地等级就便于落实到山头地块,便于实际工作所采用,提高其适用价值。

第三,航空像片与卫星图像相结合。本试验的特点是使航空遥感与航天遥感有机地结合在一起,使两者互为补充,共同提高。但同时也注意发挥各自固有的特性,编制了两种立地图件,即用航空像片编制细部地块的质量评价图;用卫星图像编制区域分类图。不同详细程度的立地图,可满足各方面的实际应用。

(2) 本试验,除了上述特点之外,还有一个特点,即在回归分析时进行了线性变换。由于将非线性关系转换成了线性关系,因而便于揭示出主食竹与环境因子的分布规律。现根据回归方程,即式(3)计算单一因子的标准竹株(表 5)。

根据表 5 中的数据,可得到如下的主食竹分布规律:海拔从 2 000—3 200 米范围均有竹类分布,但以 2 400—2 800 米为最适环境;坡度以 25° 以内为最佳环境, 26° — 45° 次之,大于 46° 为不利环境;坡向阴坡优于阳坡;坡位下部土壤肥厚,竹类最适宜,上部由于海拔适宜,竹类分布也较多,中部由于人为干扰,所以生长较差;土厚优于土薄;主林层为针阔混交林时,竹类生长较好,针叶林下次之,无林层处中等,阔叶林下较差。

综上所述,中上海拔东北向缓坡下部兼有针阔叶混交林的厚土地段,是主食竹的最适生长环境,同时也是大熊猫的最佳栖息环境。

而环境因子按得分值由大到小的贡献顺序是坡度、海拔、坡向、土层厚度、坡位、森林类型。

(3) 利用遥感技术进行立地分类、质量评价和立地制图,其成果可作为治理栖息环境的依据。在主食竹人工更新方面,可依据立地质量分类,因地制宜适地适树在较优越的地段上营造新竹。在促进枯竹更新和保护现有竹类资源方面,可依据立地质量分类,进行分类管理,对优良等级的地段严格进行控制,严禁乱砍滥伐和其它人工干扰,加强封山育林,以恢复大熊猫的栖息环境。此外,根据世界野生生物基金会约翰·麦金农博士等在四川卧龙保护区采用电子跟踪试验,大熊猫一般固守在半径为 1 公里的范围内活动。为此需要根据立地环境质量分类,尽可能地帮助大熊猫由不利的环境转移到优越的环境中去,以便扬长避短,图谋生存。

参 考 文 献

- [1] R. G. Best, Remote sensing approaches for wildlife management, Proceedings of the Renewable Natural Resources Foundation symposium on the application of remote sensing to resource management. Seattle, Washington, May 22—27, 1983.
- [2] Robert R. Wulf, Roland E. Goossens et al., Remote sensing for wildlife management: Giant Panda habitat mapping from LANDSAT MSS images, Geocarto International (1) 1988.

- [3] Li Zhixi et al., Forest resources inventory with multistage remote sensing, Proceedings of the Beijing international symposium on remote sensing, 1986.

Investigation for the Giant Panda Habitat Using Remote Sensing

Li Zhixi

(Southwest Forestry College, Kunming)

Abstract

The giant panda is a kind of famous and rare wildlife in the world. However its habitat is nowadays getting worse because some of forage bamboos have withered. In order to make the investigation for the habitat of giant pandas, the testing by using the image information of remote sensing has been studied.

The study area selected for this investigation is situated in Pinwu County of Sichuan Province where is the birthplace of giant pandas.

In this study, the author put emphasis on the inventory of forage bamboos which are the very important components. In inventory of forage bamboos, a multistage habitat inventory technique was developed by means of using LANDSAT image, aerial photograph and ground survey. Following programs are in the main procedures:

1. Surveying the ground plots.
2. Establishing multivariate regression model.
3. Evaluating the site quality of the bamboos.
4. Mapping the bamboos site quality classes.

The investigation for the giant pandas habitat is considered to be bound to provide the basis to ameliorate and improve the habitat for the giant pandas.

Key words giant pandas remote sensing image multivariate regression site quality