

# 野生动物定位监测数据处理方法研究\*

崔 岩<sup>1</sup>, 赵德怀<sup>2</sup>

(1 杨凌职业技术学院, 陕西 杨陵 712100; 2 陕西佛坪国家级自然保护区管理局, 陕西 佛坪 723000)

[摘 要] 以样线法作为野生动物定位监测野外调查的方法, 对监测样线上的定位监测数据计算以截线抽样法为主, 丰富度指数法为辅, 并将截线抽样法制作成计算机软件, 用以对大量野外调查数据进行计算、分析, 从而求得大熊猫或其他珍稀动物的调查数量。

[关键词] 野生动物; 定位监测; 截线抽样法; 种群数量

[中图分类号] S862 [文献标识码] A

[文章编号] 1000-2782(2001)05-051-05

野生动物资源调查, 是野生动物保护的基础工作。对以大熊猫保护为主的佛坪自然保护区来说, 大熊猫的绝对数量调查是对大熊猫监测保护工作开展的前提。全国有几百个保护区和一些专业机构, 都需进行大量的资源调查, 但许多保护区、林业部门对调查前后的方法选择、数据处理都束手无策, 要请专门的研究机构进行协助。到目前为止, 各地历年进行的大熊猫调查, 方法几乎都有变化, 没有一个延续使用的、统一的方法。这样, 不同地区、不同年份进行的调查结果便没有可比性。因此, 急需找到一种比较适合保护区情况的、科学的野外调查方法。

国家林业局从 1998 年开始进行的全国陆栖野生动物普查, 内业使用野生动物资源监测信息管理软件“陆栖野生动物调查软件系统”, 仅是各物种的分布、各地各家进行归查, 并没有野生动物调查数量的统计功能。本研究对佛坪自然保护区的监测数据进行深入的理论分析, 并通过长期的野外实践, 确定样线法作为野外调查的方法, 编制了“野生动物资源定位监测数据处理系统”软件, 用以对大量的野外调查数据进行计算、分析, 从而基本准确地求得大熊猫或其他珍稀动物的调查数量。

## 1 数据处理

### 1.1 方法选择

在研究过程中, 分别使用路线统计法、丰富度指数法 (IKA 指数法)、截线抽样法和逆向截线法等多种方法和数学模型对调查数据进行了处理。通过对

比认为, 路线统计法虽是动物数量调查的最基本的方法, 计算简单但其准确性不高, 所包含的信息量也最小, 不宜作成定位监测方法; 丰富度指数法计算量适中, 包含有很多信息, 可获得野生动物种群的多度变化和空间分布动态, 但只能表现出一定时间段动物种群数量变化和空间分布变动的总体过程, 而不能获得种群在特定时间内具体的数量; 截线抽样法对模型要求相对较宽, 实施较方便, 可以得出监测物种在特定时间内具体的种群密度, 所得结果较为准确, 但其计算过程相对较为复杂, 工作量较大, 也无法获得动物种群在较长时间段的变化趋势; 逆向截线法则需要准确的换算系数, 否则结果误差很大, 所以目前无法采用。根据本项研究的目标和要求, 采用了以截线抽样法为主、丰富度指数法为辅的数据处理方法, 并将截线抽样法制作成计算机处理软件, 以减小计算量, 提高结果准确率; 同时用丰富度指数法对数据进行分析, 以获得动物种群的数量和空间变化趋势及人类活动干扰动态。

### 1.2 数据处理

#### 1) 截线抽样法

截线抽样法模型相对较为复杂, 现已将其制作为定位监测数据处理软件。通过软件可计算出监测对象的种群绝对密度值。其原理如下:

通过对监测样线的调查, 记录从截线 (调查样线) 到探测对象间的距离 (动物到调查样线的垂直距离或者用视距加视角代替), 可以获得一个关于探测对象的大小为  $n$  的样本  $x_1, x_2, \dots, x_n$ 。

\* [收稿日期] 2001-05-15

[基金项目] 全球环境基金 (GEF) 中国自然保护区管理资助项目

[作者简介] 崔 岩 (1958-), 男, 陕西杨陵人, 副教授, 主要从事应用数学与计算机软件研究。

设截线长为  $L$ , 截线抽样法给出探测对象的密度估计值为:

$$\hat{D} = \frac{n}{2L a}$$

其中,  $a = \int_0^w g(x) dx$  是截线有效宽度的  $\frac{1}{2}$  ( $w$  是从中心截线向两侧观测的宽度);  $g(x)$  是探测函数。探测函数是截线抽样中的一个关键性概念, 它相当于在给出动物到截线垂距为  $x$  (邻近) 的条件下动物被观测到的条件概率, 即:

$g(x) dx = p$  {动物被观测到 | 动物距截线垂距落在  $(x, x + dx)$  内}。

$g(0)$  中的参数需由样本垂距数据  $x_1, x_2, \dots, x_n$  来估计, 因此  $g(x)$  是  $x$  的递减函数(单调不减), 且满足  $g(0) = 1$ 。

若令  $f(x) = \frac{1}{a} g(x)$ , 则  $f(x)$  具有  $[0, w]$  上概率密度函数的特征, 特别地, 由  $f(0) = \frac{1}{a} g(0) = \frac{1}{a}$ , 得  $\hat{D} = \frac{nf(0)}{2L}$ 。

由此, 分别用半正态截尾分布和负指数分布密度作为探测概率密度, 有以下密度估计式:

负指数分布

$$\text{密度 } \hat{D} \text{ 估计值: } \hat{D} = \frac{n-1}{2Lx}$$

令  $\hat{p} = \frac{2Lx}{A}$ ,  $A$  为区域面积, 则  $\hat{D}$  的方差估计值为:

$$\text{Var}(\hat{D}) = \frac{1}{A^2} \cdot \frac{n}{p^2} [1 - \hat{p} + \frac{n-1}{n-2}]$$

半正态截尾分布

给定  $f(0)$  的估计值近似地为

$$\hat{f}(0) = \sqrt{\frac{n\pi}{2}} \cdot \frac{n-0.8}{x_i^2}$$

则  $i$  样线的密度估计值为:

$$\hat{D}_i = \frac{nf_i(0)}{2l_i}$$

$$\hat{D} = \frac{\sum_{i=1}^R \hat{D}_i}{2L}$$

$$\hat{\text{Var}}(\hat{D}) = \frac{\sum_{i=1}^R l_i (\hat{D}_i - \hat{D})^2}{L(R-1)}$$

其中,  $L = \sum_{i=1}^R l_i$ ,  $l_i (i=1, 2, \dots, R)$  为各截线长。

取  $a = 0.20$ , 按自由度  $R-1 = 29$ , 查学生氏  $t$  分

布表得  $t$  值为 1.311, 则密度值  $D$  的区间估计为:

$$\hat{D} \pm t \sqrt{\hat{\text{Var}}(\hat{D})}$$

## 2) 丰富度指数法

运用丰富度指数公式进行数据处理, 可得到监测物种在一定时间段的种群数量和空间动态, 以及人类活动的干扰状况, 并可以图表较为直观的表现出来。

此法要求在样线调查时, 统计监测对象在不同样线上和不同生境类型中的痕迹数量, 以及每一样线上的人类活动痕迹, 对数据进行以下计算:

样线上物种丰富度指数

$$IKC_i = \frac{m_i}{l_i}, IKC = \frac{\sum_{i=1}^n IKC_i}{n}$$

式中,  $IKC_i$  表示样  $i$  线上的物种丰富度指数;  $m_i$  表示样线上动物痕迹数量;  $l_i$  表示  $i$  样线长度。  $IKC$  表示整个调查样线上的丰富度指数;  $\sum_{i=1}^n IKC_i$  表示所有样线上丰富度指数之和;  $n$  表示调查样线数。

各生境中物种丰富度指数

$$IKC_j = \frac{m_j}{l_j}$$

式中,  $IKC_j$  表示各生境中物种丰富度指数;  $m_j$  表示  $j$  生境中的痕迹数量;  $l_j$  表示样线在  $j$  生境中的长度。

人类活动干扰强度

人类活动的干扰强度用活动痕迹密度表示, 其计算公式:

$$D_i = \frac{A_i}{l_i}$$

式中,  $D_i$  为  $i$  样线的人类活动强度;  $A_i$  为  $i$  样线的人类活动痕迹数;  $l_i$  为  $i$  样线的长度。

## 2 应用举例

利用本研究编制软件“野生动物资源定位监测数据处理系统”, 对佛坪自然保护区 1999, 2000 年在监测样线上采集的数据进行处理, 得到保护区内大熊猫、羚牛等主要兽类的种群密度、样线上各物种丰富度指数、生境各物种丰富度指数以及人类活动干扰强度指数。

### 2.1 种群密度

由计算得出区内 1999, 2000 年各季度大熊猫、羚牛在监测样线上的种群密度值(表 1、表 2)。

表 1 1999 和 2000 年各季度大熊猫的种群密度

Table 1 The giant panda population density per quarter in 1999 and 2000 respectively 只/km<sup>2</sup>

年份 Year	季 度 Quarter				年份 Year	季 度 Quarter			
	1	2	3	4		1	2	3	4
1999	0.212 ± 0.091	-	-	0.28 ± 0.103	2000	0.175 ± 0.092	0.162 ± 0.090	-	0.35 ± 0.072

表 2 1999 和 2000 年各季度羚牛的种群密度

Table 2 The takin population density per quarter in 1999 and 2000 respectively 只/km<sup>2</sup>

年份 Year	季 度 Quarter				年份 Year	季 度 Quarter			
	1	2	3	4		1	2	3	4
1999	1.084 ± 0.342	-	1.839 ± 0.33	1.89 ± 0.69	2000	0.9 ± 0.25	0.99 ± 0.3	-	0.91 ± 0.36

由计算得出的区内其他野生动物的种群密度 平均密度值(表 3)。  
 推算出 1999, 2000 年各物种在其监测小区的年

表 3 1999 和 2000 年各调查小区其他野生动物种群平均密度

Table 3 The average population density of other wild animals in each investigated areas in 1999 and 2000 只/km<sup>2</sup>

年份 Year	小区 Village	物种 Species				
		金丝猴 Golden monkey	黑熊 Black bear	鬃羚 Serow	斑羚 Goral	林麝 Musk deer
1999	三官庙 Sanguanmiao	1.98	0.16	0.62	0.61	0.11
	西河 Xihe	1.92	0.24	0.56	0.65	0.23
	大古坪 Daguping	1.95	0.31	0.61	0.40	0.08
	岳坝 Yueba	1.28	0.23	0.54	0.47	0.04
	龙潭 Longtan	0.58	0.12	0.28	0.29	0
	草坪 Caoping	1.03	0.14	0.42	0.53	0.01
2000	三官庙 Sanguanmiao	1.86	0.15	0.58	0.57	0.14
	西河 Xihe	1.94	0.22	0.67	0.59	0.26
	大古坪 Daguping	1.78	0.29	0.62	0.48	0.06
	岳坝 Yueba	1.31	0.24	0.64	0.42	0.03
	龙潭 Longtan	0	0.13	0.32	0.34	0
	草坪 Caoping	1.02	0.15	0.46	0.49	0

保护区现有面积 292.4 km<sup>2</sup>, 根据计算所得的 各物种种群密度转换为种群数量后结果见表 4。

表 4 保护区主要动物种群数量

Table 4 Number of dominant animals in the reserves in 1999 and 2000 只

年份 Year	大熊猫 Giant panda	羚牛 Takin	金丝猴 Golden monkey	黑熊 Black bear	鬃羚 Serow	斑羚 Goral	林麝 Musk deer
1999	70 ± 26	553 ± 202	470 ± 70	35 ± 11	97 ± 37	117 ± 45	18 ± 10
2000	87 ± 18	290 ± 88	460 ± 90	32 ± 13	113 ± 34	109 ± 42	27 ± 13

2.2 丰富度指数

小区监测样线的物种丰富度指数(表 5)。

用丰富度指数法对监测数据进行分析, 得到各

表 5 保护区各小区样线丰富度指数

Table 5 A abundant dgree index in each investigated areas in reserves 个/km

小区 Village	大熊猫 Giant panda		羚牛 Takin		金丝猴 Golden monkey		黑熊 Black bear		鬃羚 Serow		斑羚 Goral		林麝 Musk deer	
	1999	2000	1999	2000	1999	2000	1999	2000	1999	2000	1999	2000	1999	2000
三官庙 Sanguanmiao	0.45	0.42	1.38	1.41	0.09	0.11	0.52	0.47	0.76	0.69	0.62	0.55	0.08	0.10
西河 Xihe	0.51	0.59	1.29	1.51	0.13	0.18	0.68	0.72	0.88	0.92	0.49	0.63	0.14	0.17
大古坪 Daguping	0.15	0.13	0.82	0.68	0.07	0.04	0.76	0.69	0.54	0.48	0.58	0.49	0.06	0.07
岳坝 Yueba	0.09	0.11	0.94	0.83	0.09	0.08	0.37	0.41	0.52	0.51	0.61	0.71	0.04	0.06
龙潭 Longtan	0.08	0.06	0.37	0.31	0.02	0	0.29	0.25	0.31	0.28	0.38	0.33	0	0
草坪 Caoping	0.06	0.07	0.46	0.42	0.04	0.02	0.07	0.10	0.29	0.30	0.34	0.29	0.01	0

注: 丰富度指数以每公里上的痕迹数(个)来表示, 下同。

Note: A abundant dgree index stands for the number of marks in each kilometre, and the follow ings are just the same

保护区内的生境大致可划分为针叶林、针阔叶 混交林、阔叶林及其他类型。根据监测得出了各物种

在不同生境中的丰富度指数(表 6)。

表 6 1999~2000 年不同生境类型中的物种丰富度指数

Table 6 Species abundant degree index in different ecosystem

个

物种 Species	森林生境							
	针叶林 Conifer		针阔混交林 Mixed forest		阔叶林 Broadleaf		其他类型 Other types	
	1999	2000	1999	2000	1999	2000	1999	2000
大熊猫 Giant panda	0.51	0.62	1.18	1.27	1.08	0.97	0	0.02
金丝猴 Golden monkey	0.07	0.11	0.48	0.39	0.13	0.09	0	0
羚牛 Takin	1.21	1.15	2.92	2.84	1.28	1.57	0.05	0.03
黑熊 Black bear	0.04	0.02	0.30	0.25	0.41	0.37	0.01	0
鬃羚 Serow	0.19	0.16	0.81	0.76	0.63	0.57	0	0
斑羚 Goral	0.87	0.90	0.61	0.59	0.14	0.11	0	0
林麝 Muskdeer	0.07	0.06	0.21	0.19	0.17	0.23	0	0

### 2.3 人类活动干扰状况

保护区内的人类活动干扰主要有偷猎、砍伐(包括香菇生产)、火烧、放牧、林副业生产(割竹、采笋、

挖药、割漆)、旅游等。通过对干扰情况的统计,可得区内的人为干扰强度(表 7)。

表 7 区内样线人类活动干扰指数

Table 7 Human interference index

痕迹数/km

年份 Year	偷猎 Poach	砍伐 Lop	火烧 Destroy by fire	放牧 Depasture	林副生产 Production of byproducts of forestry	旅游 Tour	其他 Else
1999	0.09	0.16	0.29	0.34	0.31	0.05	0.02
2000	0.15	0.14	0.23	0.38	0.36	0.07	0.03

## 3 结果分析

野生动物资源定位监测数据处理结果,有效地反映了区内野生动物种群的动态变化规律和影响这种变化的人类活动干扰因素,为物种、群落和生态系统功能遭受破坏提供早期报警体系,从而为有效保护和科学管理提供决策依据,因此具有十分重要的意义。从本研究编制的软件处理数据所得到的结果可以看出,本研究的数据处理方法具有以下几个方面的优点:

1) 本软件计算方法依据分层、抽样、函数模拟等统计技术对原始数据进行合理分析计算,在理论上具有优越性和严谨性。针对保护区的几种动物,在生态学上进行了充分分析后,相应地采取了不同的调查统计方法,适合于自然保护区的监测数据处理。而目前国家林业局推广的生物多样性信息系统(CBMS)仅是建立监测数据库,为管理保护区的政府有关部门宏观决策提供依据。

2) 在国内野生动物资源调查中,以数据处理方法为依据的专门性的收集、统计软件还未见报道,本系统是在野生动物资源调查中尝试采用更为简便有

效的方法,为保护区管理提供帮助。

3) 与近年来全国大熊猫调查结果和 1998 年野生动物普查结果<sup>[3]</sup>及过去资料<sup>[9]</sup>相比,用本软件计算求得的保护区主要动物物种种群数量(见表 4)数据非常接近,而且本研究方法还能反映出佛坪保护区内野生动物在各季度及各监测小区的种群密度变化情况(表 1, 表 2, 表 3),及在不同小区的丰富度指数(表 5)和不同生境中的丰富度指数(表 6),区内样线人类活动干扰指数(表 7),不仅适合保护区的宏观管理,而且更适合于保护区的微观管理。

4) 本软件具有自我信息反馈功能。在调查初期,数据少且数据分布态型不明显,计算误差大。随着调查数据增加,其数据分布态型越来越明显,通过对截矩分布进行点线拟合,其分布态型就会很明显。一般的动物截矩分布态型为负指数级或半正态分布,本方法除了将两种分布态型考虑在内以外,还采用了傅立叶级数法这种不依靠截矩分布曲线函数的方法,使计算更加精确、可靠。

5) 本软件具有实用性,对减少复杂的手工计算、归类、曲线拟合等有很大帮助,更容易使科学的外业调查方法和业内统计方法在基层普及。

## [参考文献]

- [1] 马建章, 贾竞波. 野生动物管理学[M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1990. 133- 181.
- [2] 潘文石, 高郑生, 吕植等. 秦岭大熊猫的自然庇护所[M]. 北京: 北京大学出版社, 1988. 56- 245.
- [3] 赵德怀, 雍严格, 赵纳勋, 等. 佛坪自然保护区动物普查初报[J]. 陕西林业科技, 1999, (1): 58- 61.
- [4] 西北林业调查规划设计院. 陕西佛坪国家级自然保护区总体规划[S]. 2000, 78- 100.
- [5] 中华人民共和国林业部中国保护大熊猫及其栖息地工程办公室, 世界自然基金会中国项目办公室. 大熊猫放归野外可行性国际研讨会会议报告[R]. 北京: 中国林业出版社, 1997. 53- 55.
- [6] 中国科学院生物多样性委员会. 生物多样性研究的原理与方法[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1994. 232- 234.
- [7] Richard B P. 保护生物学概论[M]. 林业部野生动物和森林植物保护司主持翻译. 长沙: 湖南科学技术出版社, 1997. 139- 162.
- [8] 盛和林. 哺乳动物野外研究方法[M]. 北京: 中国林业出版社, 1992. 317- 344.
- [9] 何远辉, 朱建国. 中国兽类资源数据库管理信息系统的建立与应用[J]. 兽类学报, 1996, 16(3): 222- 229.
- [10] 陈华豪, 常虹. 哺乳动物数量调查中的截线抽样法与逆向截线法[J]. 兽类学报, 1987, 7(1): 58- 66.
- [11] 王祖望, 黄大卫. 宏观动物学研究现状和未来十五年发展趋势[J]. 动物学报, 1995, 41(1), 48- 51.

## Research on wild animal positioning data processing method

CUI Yan<sup>1</sup>, ZHAO De-hua<sup>2</sup>

(1 Yangling Vacation and Technology College, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 Administrative Bureau of Foping Nature Reserve, Foping, Shaanxi 723000, China)

**Abstract:** Using sample line method to position wild animals, this paper processed the data of the experiments with cut sample method and abundant degree index method, and computerized the cut sample method. The program can be used to process and analyze various data acquired from the investigation of the wild animals.

**Key words:** wild animals; positioning; cut sample method; species population