

用 SPOT 卫星影像研究阿木尔林业局 森林火灾损失*

赵宪文 李继泉

(中国林业科学研究院)

1988年7月1日收稿

摘 要

本研究以1987年5月30日接收的法国 SPOT 卫星标准假彩色合成影像为主要信息源,对大兴安岭阿木尔林业局火灾造成的林地损失进行了研究。文中着重介绍了面积量算方法、原理和误差;选取适量地面样地,用抽样统计和角规辅助目测方法计算蓄积损失并与二类调查结果进行比较;在影像上按火烧等级的判读结果、現地景观与烧死率——火灾的定量描述,及三者之间的一致性。结果表明,应用 SPOT 卫星资料,按本研究所介绍的方法进行火灾损失估计,可快速、经济地获得所需结果,并可满足精度要求。

关键词 遥感 森林调查 蓄积量估测 森林火灾

森林是生态环境的重要组成部分,曾是人类生存和发展的摇篮,它与人类生活密切相关。因此森林火灾的记录和对策可以追溯到遥远的年代。在我国春秋时代就有记录。近代国内外在这方面的研究更是举不胜举。近年来随着航空平台性能的改善,新仪器的问世,特别是人造卫星的发射和运行,为森林火灾的研究提供了新的手段。国内外科学工作者在火灾损失估测和制图方面都进行过探索,如 Фуряев В. В. 从1974年至1979年利用各种年代、季节和比例的航空影像探讨了统计火烧迹地面积的方法^[1]。1983年他又用卫星资料与其它资料配合,绘制了林火后林相变化图^[2]; Burgan R. E. 1984年用 Landsat 及燃料、地形、气候数据绘制了1036平方公里(400平方英里)的释放能量图^[3];文景贵1987年用航空像片和计算盘探讨了小火场的面积估测方法^[1];1986—1987年中国林业科学研究院、林业部勘察规划设计院、国家气象局、中国科学院遥感卫星地面站陆续对 NOAA 卫星以及 TM 资料监测林火的可行性进行了探讨。

本次研究是在前人研究的基础上进行的。利用的卫星资料是 SPOT 影像。试验地区为阿木尔林业局。

一、研究地区概况

阿木尔林业局地处大兴安岭北坡,阿木尔河上游,西接图强林业局,南与呼中林业局

* 参加本项工作的还有中国林业科学研究院朱剑、李志清、白素华、刘闯、赵黎明,内蒙古第二林业勘察设计院朱宝坤、陈玉山、全海顺、翁利华、王淑彬,黑龙江省第二森林调查规划院隋文彪、宋秀梅。

1) 文景贵,探讨小火场面积估测方法,森林防火,(2),1987。

毗连,东邻塔河林业局,北至黑龙江边。东西宽 44 公里,南北长 132 公里左右,呈一长条形。全局地势较平缓,坡度多在 15° — 17° 以下,海拔高 500—1300 米。气候属寒温带季风区,冬季漫长且少雪,3—5 月和 9—11 月气候干旱、风大,是森林火灾易发生季节。该区也是雷击火主要发生区。全局总面积 56 万公顷。有林地面积占 70%,总蓄积 4500 万立方米,天然林占 80%。铁路由东向西从企业中部穿过,形成南北两片森林资源基地,由阿木尔和长缨两个贮木场吸引。本局有汽车运输公路 850 公里,职工 8500 人,年产量 56 万立方米,国家投资 2.1 亿元。

二、资料与研究方法

(一) 资 料

本次研究采用的主要资料为法国 SPOT 卫星于 1987 年 5 月 30 日收集的 4 幅(景)照片和 5 个画面的磁带,为 3, 2, 1 三波段的标准假彩色合成片(图版 I 图 1)。它们包括了阿木尔局的绝大部分。地面资料采用内蒙古第二林业勘察设计院 1987 年 6—9 月在阿木尔局布设的部分抽样样地。

(二) 研究 方法

本次研究采用的方法是:在标准合成的 SPOT 影像上,根据影像特征区分火烧等级,按层(等级)求算面积,再结合地面样地,采用分层统计的数学方法求出各层的蓄积损失,从而得出全局的蓄积量损失值。

1. 火烧程度的划分

在火区范围内分成严重、中度和轻度三个等级进行勾绘,这些等级即作为分层抽样中的“层”。各等级在卫星影像上的判读标志及地面相应景观如下:

严重火烧(H) 在卫星影像上为集中连片的黑色色调,是火流带通过之处;其地面景观(图版 I 图 2)是立木全部烧死,地表裸露,地被物绝大部分被烧死。

中度火烧(M) 卫星影像为暗红色色调夹杂着黑色斑块和条纹;地面景观为火烧痕迹蔓延高度一般超过树木高度 $2/3$,部分林木死亡,相当一部分林木和地被存活,成团块状插花分布。

轻度火烧(L) 卫星影像为均匀集中连片的暗红色色调;为林火快速掠过之处,地面景观为火烧蔓延高度在树高 $1/3$ 以下,绝大部分林木都存活,森林生态环境未遭破坏(图版 I 图 3)。

按以上判读标志在卫星像片上勾绘,最小图斑面积为 4 平方毫米。

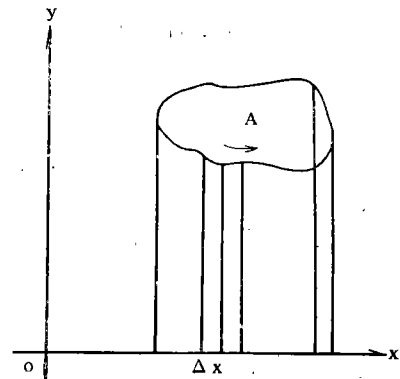


图 4 求平面面积原理

Fig. 4 The rationale of calculate plane area

2. 面积量算

本次使用多功能图形量算仪进行量测,其原理类似微积分的思路(图4):把一个任意形A区分为n个曲边梯形,于是每个小梯形的面积为

$$s_i = (y_i + y_{i+1}) \cdot (x_i - x_{i+1}) / 2$$

我们认定x轴正方向增量为正,当沿封闭图形绕行一周,由于正负增量相抵,因此可求出图形A的面积:

$$s_A = \sum_{i=1}^n s_i$$

3. 蓄积损失估测

采用分层抽样方法,其统计量的计算公式为:

总体每公顷蓄积加权平均数:

$$\bar{y} = \sum_{h=1}^J W_h \cdot \bar{y}_h$$

其中: W_h ——第h层的权重, \bar{y}_h ——第h层每公顷蓄积量样本平均数, J ——层数。
又

$$\bar{y}_h = \frac{1}{n_h} \sum_{i=1}^{n_h} y_{hi}$$

其中: n_h ——第h层样地数, y_{hi} ——第h层第i个样地每公顷蓄积量。

总体方差:

$$s_y^2 = \sum_{h=1}^J W_h^2 \cdot s_{y_h}^2$$

其中: s_{y_h} ——第h层的标准误差。

又

$$s_{y_h}^2 = \frac{s_h^2}{n_h}$$

其中: s_h^2 ——第h层样本方差。

又

$$s_h^2 = \frac{1}{n_h - 1} \left[\sum_{i=1}^{n_h} y_{hi}^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^{n_h} y_{hi} \right)^2}{n_h} \right]$$

其中: y_{hi} ——第h层第i个样地每公顷蓄积量。

(三) 具体作法

(1) 据判读标志勾画出火烧严重(H),火烧中等(M),轻度火烧(L)和无火烧四种类型,并把各种图斑转绘至地形图上,分别赋予不同彩色: H——品红, M——橙黄, L——土黄,未火烧——绿色。为便于林业生产使用,在此图上又套合了林相分布: 无林或非林地用横线表示,成过熟林用点阵表示,其余为中幼龄林,从而形成了图版I图5所示的阿木尔局森林火灾分布图。

(2) 用仪器求积时,分全局、林场两级对求积进行了控制。全局两次求积误差不大于 1/500,林场与图斑累计误差不大于 1/200。在误差允许范围内进行平差。

(3) 按判读所勾绘的类型(层),于已作完的样地中,再抽取推算各层平均数的部分样地。取数结果为,H层 108 块,M层 106 块,L层 148 块,计 362 块,对成过熟林采用抽样的方法计算其统计量,而中幼林则采用现地目测调查所得的每公顷蓄积和小班蓄积,最后将两部分合并,求算出全局数据。

(四) 本次研究方法的特点

(1) 使用了多种信息源,除遥感资料外,还有地面测定和收集的数据,并对它们进行了综合分析,充分发挥了各种资料的作用。

(2) 资料都是实时的(包括卫星资料和地面工作),为火灾损失估计提供了可靠的依据,提高了结果的可信性。

(3) 将火区分为不同等级进行估测,使结果更符合实际。火灾等级图上套合了森林龄组分布和无林非林地边界,对营林工作更有指导作用。

(4) 直接用 SPOT 影像在较大面积上估测了林火不同等级的面积分布,并结合地面工作估测了蓄积损失。

三、结果与分析

本研究对前面所列举的方法进行了试验,编制了火灾分布图,取得了一系列数据。所得基本数据有:阿木尔林业局过火面积 287 683 公顷,其中有林地面积为 26 万公顷,火烧区蓄积量 695.7 万立方米(表 1,表 2)。

表 1 过火有林地各种火烧程度(层)和森林类型面积表

Table 1 Varying degrees of fire damage and forest type area in fired forest land

火灾强度	面积 (公顷)	占过火有林地 面积百分数(%)	森林类型	面积 (公顷)	占过火有林地 面积百分数(%)
严重火灾(H)	66 937	25.77	成过熟林	72 903	28.06
中度火灾(M)	87 850	33.83			
轻度火灾(L)	104 927	40.40	中幼龄林	186 811	71.94
总 计	259 714	100	总 计	259 714	100

将所得的图和数据与现地对照,我们可以看出:

(1) SPOT 影像上所区分出的重、中、轻度火烧区与现地情况相吻合。说明地物的光谱反射值因火灾而带来的明显改变,准确地反映在卫星影像上,而且有着某种正相关:火灾越重,影像色调越暗。从卫星影像图上可以看出,主火流带上为严重损失区,主要在依林林场。由于区分了重、中、轻度火烧程度,使我们了解到中、轻度火灾面积占有林地面积的 3/4,火灾损失比火灾后最初的报告要轻,图面的空间表达也为我们区别情况开展营林

表 2 过火有林地各龄组各种火烧程度(层)蓄积量表
Table 2 The growing stock of different age classes and varying fire damage degrees in fired forest land

龄 组	火灾强度	面 积 (公顷)	权 重	烧死蓄积 (立方米)	烧死率(%)
成过熟林	H	19 749	0.270 9	1 869 309.9	89.03
	M	24 189	0.331 8	417 364.3	15.65
	L	28 965	0.397 3	180 507.0	4.77
	Σ	72 903	1.000 0	2 467 181.2	28.85
中幼龄林	H	47 188	0.252 6	2 547 353.4	85.86
	M	63 661	0.340 8	1 434 130.3	30.69
	L	75 962	0.406 6	508 831.0	8.80
	Σ	186 811	1.000 0	4 490 314.7	33.46
合 计		259 714		6 957 495.9	31.67

活动提供了依据。

(2) 由于采用分类判读,使得面积更能反映实际情况。通过本次研究,证明用 SPOT 影像估测林火面积有足够的精度,与火灾后当年的二类清查结果相比,误差为 -3.7%;说明在 SPOT 影像上目视勾绘,用地形图作底图转绘成图并用仪器求积的工艺设计是可行的,能满足生产的要求。

(3) 由于面积估测较准确,又进行了分层抽样统计,从而使蓄积的估测也得到了较高的精度,与二类清查结果相比为 -6.0%。也说明本次研究中,仅在成过熟林中抽样、而中幼龄林采用角规辅助目测联合估测火灾总损失蓄积的方法是可行的,推广此法,可以节约地面劳动量。

(4) 本次研究将有林地与无林非林地、成过熟林、中龄林和幼林的界线同火烧等级套合在一起,效果很好,由此我们了解到中、幼龄林火灾面积占林地总火烧面积的 2/3。它提示我们,林区的后备资源将会产生危机,除抓紧更新工作外,还要调整采伐量。

(5) 本次研究以蓄积损失为基础,研究了各龄组和各种火烧等级的烧死率,成过熟林烧死率为 28.85%,中幼林烧死率为 33.46%,表明中、幼龄林烧死率高,这与幼树不耐火的事实相符。从表 2 的烧死率比较中也可以看出,在严重火烧时全部烧死龄组的差异体现不出来,而在中、轻度火烧时,幼林的烧死率高于成过熟林。还给出了各种火烧等级的烧死率,重度 87.17%,中度 25.23%,轻度 7.21%,可见中度、轻度火烧地区基本上不用采取更新措施,尤其是轻度火烧,基本上保持了森林环境。清楚地表达了影像判读—地面景观一定量描述三者间的一致性。

(6) 由于本次主要采用遥感资料,充分体现了它的时效性,从得到火灾资料后,60 个实际内业人工日即得出了火烧面积和火灾蓄积估测值。蓄积量估测值需作一定量的野外工作,本次研究正巧有刚调查完毕的野外资料,如果加上这部分工作,预计 1500 个野外实际工作日,再加上内业工作日,可望获得同样结果。与传统的调查相比,时间节省 1/2,人力节省 4/5,资金节省 3/4。

四、结 论

(1) 用实时的 SPOT 影像目视勾绘,用同比例尺的地形图作底图进行转绘,仪器求积,配合地面工作估测火灾面积和蓄积损失的方法是可行的,是能满足生产需要的。

(2) 根据影像区分火烧等级的办法会使结果更切合实际。结合地面样地对成过熟林进行分类抽样、对中幼龄林采用角规辅助目测的方法是可行的,所得蓄积量估测值较准确。

(3) 烧死率的给出,定量的描述了火烧程度,现地景观和卫星影像有很好的 consistency。

参 考 文 献

- [1] Фурьев В. В., Метод учёта площадей пожарищ по материалам спектральной аэрофотосъёмки, Лес-х,(8), 52—54, 1980.
- [2] Фурьев В. В., Опыт разработки карты нарушенности лесов пожарами, Лес-х, (6), 52—55, 1983.
- [3] Burgan R. E., Mapping Broad-Area Fire Potential From Digital Fuel, Terrain, and Weather Data. J. Forestry, (4), 228—231, 1984.

ESTIMATION OF FOREST FIRE DAMAGE USING SPOT IMAGES IN AMUER FOREST BUREAU

Zhao Xianwen Li Jiquan

(The Chinese Academy of Forestry)

Abstract

This research is based on the standard false colour composite images of French SPOT satellite obtained on 30th, May, 1987 as main information resource to study forest fire damages of the forest land in Amuer Forest Bureau of Great Xingan Mountains.

The article is emphasis on principles, methods and errors of area measurement. The comparison is made between the results of district forest survey (a kind of field survey) and the method of calculated timber stock volume damage using moderate ground sample plots enumeration and visual measurement assisted by an angle gauge as well as with statistical sampling techniques; particularly, the comparison of consistency among the image interpretation of forest fire damage classes, the ground landscape and the percentages of burn-out timber stock (quantitative description of forest fire damages).

The results show that the application of SPOT satellite data to estimate forest fire damage using the above introduced research method can quickly and economically obtain the necessary results and meet the requested precision.

Key words remote sensing; forest survey; stock volume estimation; forest fire

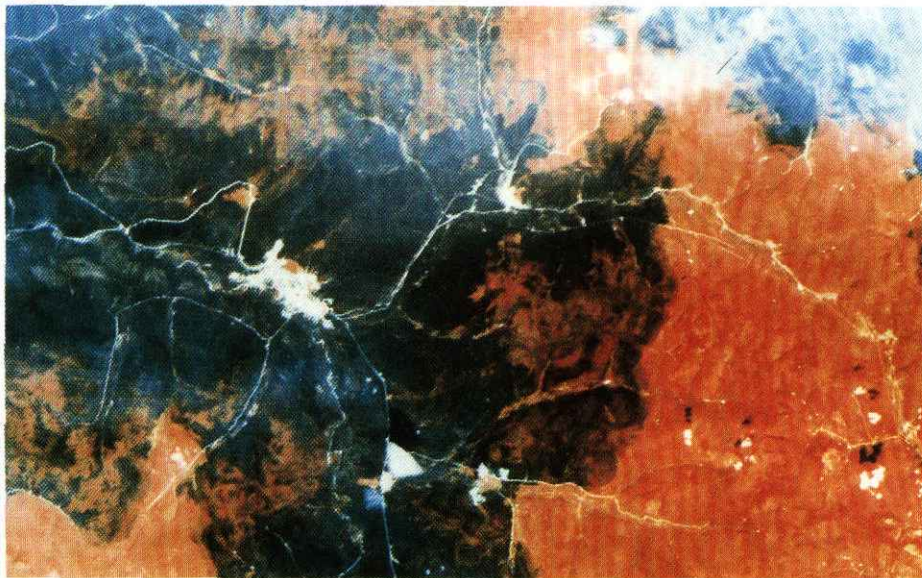


图1 阿木尔火区的S P O T 影像 (1 : 10 万)



图2 严重火烧景观



图3 轻度火烧景观

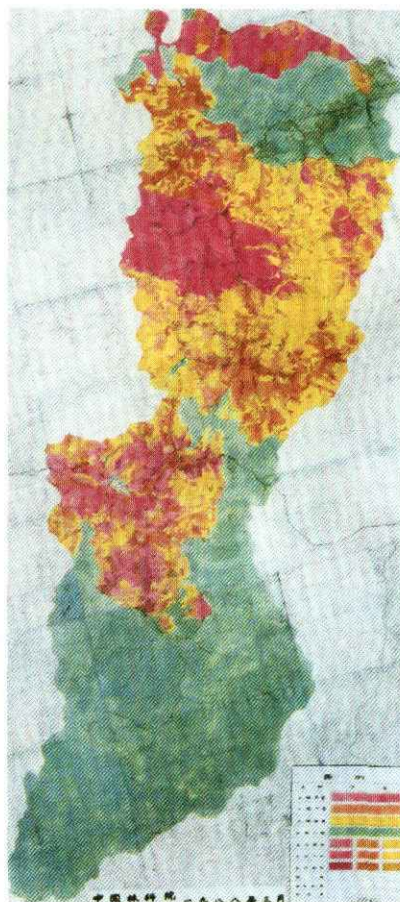


图5 森林火灾分布图