

松毛虫灾害点的航空录像 图像判别和定位研究*

王福贵 吴 坚 高 树

摘要 本文从图像抓取、图像拼接、正射影准备、图像校正、图像增强五个方面进行了航空录像图像处理技术的研究,提高了图像处理的效率和准确性。通过选取明显地面标志作为地面控制点,用二次变换校正图像和运用两种方法调整图像象元灰度值的空间分布以增强灾害区的图像信息,初步实现了马尾松毛虫灾害点的准确定位和不同灾害程度的判别。

关键词 松毛虫 航空录像 图像处理 灾害点判别 定位

航空录像技术是监测森林病虫害的遥感技术,美国 80 年代末期初步开发成功,并在 1994 年开始与中国合作研究和发展。此项技术能够为评估虫灾状态及确定和监测灾害区域提供近实时信息,近年来,在美国已用于高山松小蠹 *Dendroctonus ponderosae* Hopkins 和舞毒蛾 *Lymantria dispar* Linnaeus 等多种森林病虫害的监测和评价^[1,2]。我国已将此技术用于马尾松毛虫 (*Dendrolimus punctatus* Walker) 的监测^[3]。应用航空录像技术监测森林病虫害有两种方法,一是直接观察录像带,二是观察处理后的图像。本文在研究航空录像图像处理基础上,进行了松毛虫灾害点的精确定位和灾害程度的判别研究。

1 试验概况

试验地位于广西壮族自治区武鸣县二塘圩乡、国营武鸣华侨农场和锣圩镇,属小丘陵马尾松 *Pinus massoniana* Lamb. 纯林区,平均海拔 140 m。

1.1 航空录像的获取

航空录像获取系统主要包括海燕 650B 动力轻型滑翔机,摄像机,录像机,监视器和 GPS 设备。本次试验飞行航线幅宽为 800、600、400、200 m;离地高度分别为 1 194、890、597、299 m;航速为 95 km/h。航线在三块试验地的覆盖面积分别为 544、280、170 hm²。

1.2 航空录像图像的处理

1.2.1 硬件 装有 TARGA+ 16/32 图像捕捉卡的 PENTIUM 80586 计算机(133 兆赫主频,16 兆内存,2GB 硬盘)。两台 17 寸彩色显示器,可读写光盘机,彩色扫描仪,彩色喷黑打印机。

1.2.2 软件 美国 MicroImage 公司开发的商业化通用图像处理软件系统 MIPS(Map and Image Processing System),现用的 3.3 版本在 DOS 环境下运行,包括图像变换、图像恢复、图

1996—11—15 收稿。

王福贵研究员,吴坚,高树(中国林业科学研究院森林保护研究所 北京 100091)。

* 本研究为国家“八五”科技攻关项目“松毛虫虫情监测、预测预报及系统管理研究”及 1994~1997 年中美农业科技合作项目的部分内容。本研究得到广西区林业厅森防站、南宁市森防站、武鸣县森防站以及广西体委航空运动学校的大力支持;中国林科院资源信息所武红敢副研究员在图像处理技术方面给予指导和帮助。在此谨表谢意。

像增强、图像分类等 300 多个功能。

2 处理方法与结果分析

2.1 图像处理

获取的图像经过抓取、拼接、校正和增强四个过程处理后用于判别松林的受害程度和确定受害松林或单株的位置。

2.1.1 图像的自动抓取 图像抓取是利用 MIPS 软件和图像捕捉卡(Targa+ 卡)将录像图像数字化,存储为 RVF 栅格格式文件。表 1 列出了 4 种飞行参数下获取的图像的自动抓取参数。由于抓取的单幅画面要两两拼接成一整条航线,所以抓取的相邻两幅图像间需要有 25% ~ 30% 画面长度的重叠,以便提供宽裕区域确定关系点拼接画面,图像抓取的间隔时间决定每幅画面的重叠量,表 1 中所列的抓取间隔时间得到的画面重叠量为 25%。实际抓取时,可根据每幅图像经过显示器的时间及所要求的重叠量来调整图像抓取的间隔时间。图像的自动抓取比原来的手动抓取^[4]提高效率 80% 以上。

表 1 4 种图像的飞行参数及自动抓取参数

幅宽 (m)	分辨率 (m)	航程 (km)	飞行时间 (min)	航速 (km/h)	每幅图像经过显 示器时间(s)	图像抓取间隔 时间(s)	总计抓取的单幅 图像数量 ^① (幅)
800	2.01	4	2.5	95	17	14	11
600	1.51	4	2.5	95	15	11	14
400	1.01	4	2.5	95	9	8	19
200	0.5	4	2.5	95	5	4	38

①指抓取全部航线获取的单幅画面的总数。

2.1.2 图像的拼接 图像拼接是将抓取的画面通过两组关系点两两拼接成一幅图像,即拼成一整条航线,寻找关系点是拼接的关键。经试验,用 MIPS 的自动功能即图像的自相关特点辅助寻找、定位关系点,可确定位于激活图像上关系点的位置。在用自相关功能之前,激活图像上的十字丝应在关系点的附近。借助图像的自相关特点拼接图像比以前的全手动方式^[4]提高效率约 40%。

2.1.3 正射影的准备 为了将航空录像制成 1 : 10 000 比例的地图及校正图像和检验图像校正的精度,需要一个中间的数字化产品即正射影。本次研究将扫描的栅格正射影分三步转化为矢量正射影。即首先将地形扫描为栅格格式的正射影。扫描时分辨率选择 300 BPI;对比度选择设置阈值项,一般选默认值 100;扫描文件存储时选择 RVF 单一栅格格式。再利用自动追踪(AUTO-TRACE)过程自动快速地将栅格正射影上的线条等可作为地面控制点及检验图像校正结果的地面特征转化为矢量对象。自动追踪时,对非连续的线条可跳过间断空隙,在一条线的末端和交叉处可停下来,选择不同的继续方式;追踪完所有需要的地面特征后,就可以矢量格式存储为文件。最后,在矢量正射影上均匀选取至少 4 个地面特征明显的点,输入这些点的经纬度,登记矢量正射影。

2.1.4 图像的校正 图像获取时,由于飞机姿态(侧滚、俯仰、偏航)、高度、速度、地球自转等因素而造成图像相对于地面目标发生挤压、扭曲、伸展和偏移等等^[5],须选取地面控制点进行校正。

2.1.4.1 利用明显地面特征作为地面控制点校正图像 相对于矢量正射影,研究选取二塘圩

乡幅宽为 600 m 和 800 m 的航线图像, 至少选取 6 个地面特征明显的点作为地面控制点, 利用二次变换进行图像校正。在校正后的图像上均匀选取地面特征明显的 18 个点, 测量出这些点在地图上的经纬度和校正后图像上的经纬度, 结果见表 2。从经纬度的差值可知: 18 个点中 10 个点的经纬度与实际结果相等, 其它 8 个点仅在经度或纬度一个方向上有差异, 有 6 个点的值差为 1, 有 2 个点的值差为 2, 纬度差平均值为 0.22, 经度差平均值为 0.22。可以认为这种校正方法在林区缺少地面控制点的情况下能够达到生产要求, 校正效果好。另外, 通过叠加矢量正射影到校正后的图像上, 可直观、清楚地看到两者主要特征轮廓吻合情况。

表 2 利用明显地面特征作为地面控制点校正图像的结果

(单位:)

地点	地图		图像		地图—图像		地点	地图		图像		地图—图像	
	纬度	经度	纬度	经度	纬度	经度		纬度	经度	纬度	经度	纬度	经度
1	23	5	23	5	0	0	10	12	39	12	39	0	0
2	6	51	6	51	0	0	11	24	33	24	34	0	-1
3	54	50	54	50	0	0	12	7	53	9	53	-2	0
4	58	57	58	57	0	0	13	21	59	21	59	0	0
5	47	8	47	8	0	0	14	9	5	9	5	0	0
6	49	59	49	58	0	1	15	60	58	60	57	0	1
7	58	19	59	19	-1	0	16	59	47	60	47	-1	0
8	56	11	56	9	0	2	17	13	10	13	10	0	0
9	15	23	15	24	0	-1	18	18	16	18	16	0	0

注: 各点经纬度的度值、分值相等, 故删去, 仅比较秒值。

2.1.4.2 利用每幅画面中心作为地面控制点校正图像及误差分析 图像校正的关键是相对于正射影在图像上选取地面控制点, 可是在大面积纯林区的图像上很难找到控制点, 从而限制了灾害区的精确定位。相对于每幅画面上叠加的 GPS 经纬度在矢量正射影上对应的点, 利用每幅画面中心作为控制点是解决这一问题的唯一途径。在没有 GPS 基站和飞机姿态仪的情况下, 本次试验假设每幅画面上的 GPS 经纬度所对应的点就是画面中心, 将每幅画面的中心作为地面控制点校正图像, 分析校正结果的误差, 评价没有基站和飞机姿态仪情况下, 相对于 GPS 经纬度在正射影上确定的点, 能否运用每幅画面中心作为地面控制点。为此, 本次试验选用二塘圩乡幅宽为 800 m 和 600 m 的 4 条航线进行校正分析。

标记拼接成整条航线的每幅画面中心, 记录叠加在每幅画面上的 GPS 经纬度, 结果见表 3。以表 3 中 GPS 值在矢量正射影上确定的点, 以图像上每幅画面中心作为地面控制点, 进行图像校正。测定图像上地面特征明显的点的经纬度, 并与这些点在地图上的经纬度相比较, 结果见表 4, 可知: 地图与图像间纬度之差最大值为 11, 平均值为 4.41, 经度之差最大值为 10, 平均值为 3.89。与表 2 中经纬度差值平均值为 0.22 相比, 可知用这种方法校正图像误差太大, 所以不能用这种方法进行图像的校正和灾害点的精确定位。

为了分析这种方法校正图像产生的误差原因, 在图像上相对于栅格正射影选取地面特征明显的点作为地面控制点来校正图像, 记录每幅画面中心的准确经纬度。计算这些点的经纬度实际值与 GPS 值之差, 结果见表 3。可知: GPS 值与图像值经度之差最大值为 0.48 即 28.8, 最小值为 0, 纬度差最大值为 0.32 即 19.2, 最小值为 0。造成这种误差的原因有两点, 一是 GPS 数据没有基站校正, 二是由于飞机的飞行姿态即前倾、前仰、右倾、左倾造成的。在 GPS 测量中影响测量精度的误差主要与 GPS 卫星、信号传播、接收设备有关^[5]。在一条航线飞行过程

中,飞行时间很短, GPS 数据造成的误差可以认为是系统误差, 误差结果应该比较一致。实际上, 经纬度值之差相异比较显著。因此, 可以认为飞机姿态是造成这种误差的主要原因。根据表中数据得出了飞机经过每幅画面中心上空时的姿态, 前仰右倾的姿态占绝大多数。图 1 直观显示了飞机航迹和得到的图像每幅画面的中心位置, 从图 1 更易看出飞机姿态。因此, 必须用飞机姿态仪和 GPS 基

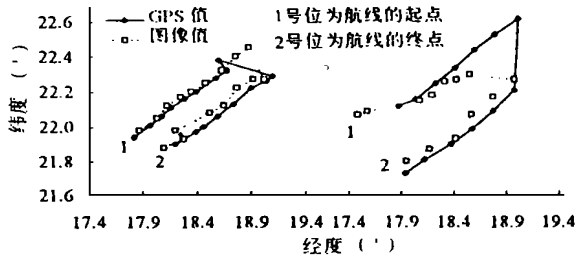


图 1 利用每幅画面中心作为地面控制点校正幅宽 600 m (左) 和 800 m (右) 图像后的误差

表 3 利用每幅画面中心作为地面控制点校正图像后的误差分析 (单位:)

GPS 值		图像值		图像—GPS		飞机姿态		GPS 值		图像值		图像—GPS		飞机姿态	
经度	纬度	经度	纬度	经度	纬度	前后	左右	经度	纬度	经度	纬度	经度	纬度	前后	左右
17.82	21.94	17.87	21.98	0.05	0.04	前仰	右倾	18.39	21.97	18.28	21.93	-0.11	-0.04	前仰	右倾
17.97	22.01	18.03	22.05	0.06	0.04	前仰	右倾	18.20	21.90	18.10	21.88	-0.10	-0.02	前仰	右倾
18.07	22.06	18.12	22.12	0.05	0.06	前仰	右倾	17.94	21.73	17.95	21.80	0.01	0.07	前仰	右倾
18.16	22.11	18.25	22.17	0.09	0.06	前仰	右倾	18.12	21.81	18.17	21.87	0.05	0.06	前仰	右倾
18.29	22.16	18.35	22.20	0.06	0.04	前仰	右倾	18.38	21.90	18.42	21.93	0.04	0.03	前仰	右倾
18.39	22.20	18.48	22.25	0.09	0.05	前仰	右倾	18.58	21.99	18.57	22.07	-0.01	0.08	前倾	右倾
18.58	22.28	18.63	22.32	0.05	0.04	前仰	右倾	18.78	22.09	18.78	22.17	0.00	0.08	平飞	右倾
18.68	22.32	18.76	22.40	0.08	0.08	前仰	右倾	18.98	22.21	18.98	22.27	0.00	0.06	平飞	右倾
18.60	22.38	18.88	22.45	0.28	0.07	前仰	右倾	19.04	22.62	18.56	22.30	-0.48	-0.32	前仰	右倾
19.10	22.29	19.02	22.27	-0.08	-0.02	前仰	右倾	18.81	22.53	18.43	22.27	-0.38	-0.26	前仰	右倾
19.04	22.26	18.92	22.27	-0.12	0.01	前仰	左倾	18.61	22.44	18.32	22.26	-0.29	-0.18	前仰	右倾
18.90	22.22	18.77	22.22	-0.13	0.00	前仰	平飞	18.42	22.34	18.20	22.18	-0.22	-0.16	前仰	右倾
18.74	22.13	18.65	22.12	-0.09	-0.01	前仰	右倾	18.23	22.25	18.08	22.15	-0.15	-0.10	前仰	右倾
18.59	22.06	18.52	22.08	-0.07	0.02	前仰	左倾	18.04	22.16	17.58	22.09	-0.46	-0.07	前仰	右倾
18.46	22.00	18.20	21.98	-0.26	-0.02	前仰	右倾	17.88	22.12	17.49	22.07	-0.39	-0.05	前仰	右倾

注: 每幅画面中心的度值相等, 故仅比较分值。

表 4 利用每幅画面中心作为地面控制点校正图像的结果 (单位:)

航线 幅宽	地图		图像		地图—图		航线 幅宽	地图		图像		地图—图		航线 幅宽	地图		图像		地图—图	
	纬度	经度	纬度	经度	纬度	经度		纬度	经度	纬度	经度	纬度	经度		纬度	经度	纬度	经度	纬度	经度
600	47	8	50	18	-3	-10	600	24	33	15	28	9	5	800	21	59	13	60	8	-1
600	18	16	18	20	0	-4	600	21	59	23	50	-2	9	800	7	37	2	38	5	-1
600	58	19	59	25	-1	-6	600	13	10	5	7	8	3	800	58	19	53	18	5	1
600	9	5	15	3	-6	2	600	18	16	8	13	10	3	800	23	5	18	11	5	-6
600	56	11	55	18	1	-7	800	47	8	46	4	1	4	800	6	51	6	53	0	-2
600	12	39	10	48	2	-9	800	54	50	44	51	10	-1	800	54	50	59	49	-5	1
600	21	59	18	67	3	-8	800	49	59	44	57	5	2	800	58	57	63	57	-5	0
600	7	37	8	45	-1	-8	800	9	5	11	3	-2	2	800	15	23	18	28	-3	-5
600	6	51	-3	50	9	1	800	59	47	61	43	-2	4	800	24	33	26	39	-2	-6
600	58	57	58	53	0	4	800	56	11	49	9	7	2	800	21	59	31	62	-10	-3
600	15	23	10	19	5	4	800	12	39	4	39	8	0	800	13	10	14	14	-1	-4
600	12	39	15	31	-3	8	800	7	53	6	51	1	2	800	58	57	47	59	11	-2

注: 各点经纬度度值、分值相等, 故仅比较秒值。

站进行数据的前期校正,然后再利用图像中心作为地面控制点进行图像校正,达到灾害点的准确定位。两者中姿态仪更加重要。

2.1.5 图像的增强处理(单点处理)就是利用某种数学模式直接改变象元灰度值的空间分布,即改变图像的对比度,以突出或抑制图像中的某些信息^[6]。进行图像增强处理后可使松林受灾区域及不同受害程度明显地显示出来。通过分析三块试验林地阴天得到的分辨率为1.51、1.01、0.50 m的图像,选出了

表5 两组图像增强方式参数

方式	颜色	图像增强方法	直方图输出方向	拉伸上限	拉伸下限
1	红色	直方图均衡化	正常	170	1
	绿色	灰度线性拉伸	正常	255	1
	蓝色	灰度线性拉伸	正常	255	1
2	红色	直方图均衡化	反转	255	137
	绿色	直方图均衡化	正常	180	1
	蓝色	灰度线性拉伸	反转	255	1

了两组图像增强方式,如表5。用这两种方式进行图像的增强处理可得到理想的效果。

2.2 松毛虫灾害点的判别和定位

2.2.1 松毛虫灾害点的判别 根据表5中的第一种方式处理图像后,健康松林的绿色加深,变成蓝绿色,灾害严重的区域变成棕黄色。随着灾害程度的减轻,受害林分由很淡的蓝色向健康林分的蓝绿色过度,星点状分布在棕黄色的区域中。第二种方式处理图像后,健康松林及林中草地变成红色,受害重的松林变成黄绿色,受害轻的林分变成淡黄色。灾害重的松林指失叶率90%以上,灾害轻的松林指失叶率50%以上。第一种方法处理图像后,受灾区域的颜色界限明显,代表不同受害程度的颜色层次分明,好于第二种处理方法。

2.2.2 松毛虫灾害点的定位 从处理后的图像上能够知道每一点的经纬度,达到灾害区的准确定位。本次试验中,在武鸣县的二塘圩,国营武鸣华桥农场和锣圩镇三处发现了被害区,受灾严重的松林面积很大。表6列出了幅宽为600 m的二塘圩林区图像上定位灾害区的14个主要点的经纬度和在图像上对应的行列值,图2显示了危害现状及定位点的空间分布。危害程度可分三级,1,2,3,4,5,12,13这7个点所围成的区域受灾最重,失叶率在90%以上(图2A)。1,2,3,4,5,6,14这7个点及7,10,11,12这4个点围成的两个区域受灾较轻,失叶率在75%以上(图2B)。8,9,10,7,12,5,6这7个点所围成的区域受害轻,失叶率在50%以上(图2C)。经与地面调查结果相比,处理后的结果与地面调查结果一致。

表6 二塘圩危害区14个主要定位点的经纬度

点号	列	行	纬度(°)	经度(°)
1	1856	999	4	43
2	1952	989	4	45
3	2010	911	6	47
4	1988	871	8	46
5	2066	839	8	49
6	1954	775	10	45
7	2086	767	10	49
8	1950	713	12	45
9	2032	693	12	48
10	2110	713	12	50
11	2152	821	9	51
12	2116	895	7	50
13	1922	1099	1	45
14	1922	849	8	44

注:纬度 22°22',经度 108°18'。

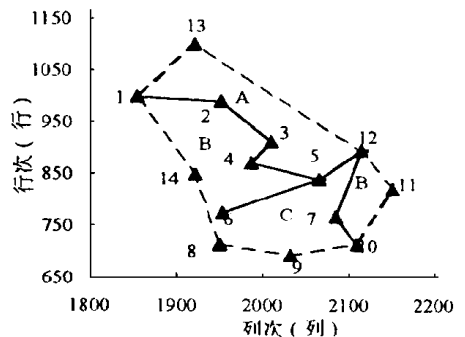


图2 二塘圩危害区灾害等级及主要定位点的空间分布(纬度 22°22',经度 108°18')

3 结 论

航空录像图像处理技术中, 实现了图像的自动抓取, 提高工作效率 80% 以上。图像拼接时, 运用图像的自相关特点辅助定位关系点, 提高了图像拼接的时效。通过三个步骤, 将扫描的栅格正射影转换为矢量正射影, 并叠加显示在校正后的图像上, 可以客观地从图像各个部位检验校正精度。选取地面明显特征作为地面控制点校正图像得到了很好的校正结果。在没有飞机姿态仪和 GPS 基站情况下, 相对于抓取的单幅图像上叠加的 GPS 经纬度在矢量正射影上确定的点, 选取拼接成整条航线的单幅画面中心作为地面控制点校正图像, 校正结果误差太大, 造成这一误差的主要原因是飞机姿态。利用两种方法增强处理图像, 突出了灾害区的信息, 使灾害程度的判别及灾害区的定位更加容易。根据失叶率、灾害程度可分三级, 即失叶率在 90% 以上、75% 以上、50% 以上。从选取地面明显特征作为地面控制点校正后的图像上, 可以知道灾害区每一点的经纬度, 实现了灾害区的准确定位。

虽然图像增强方式可使灾害区的判别比较容易, 但需进一步研究危害严重的松林和林相很差、长势衰弱的松林间的图像光谱特征, 以达到灾害区的准确判别。

参 考 文 献

- 1 陆国先, 陈式干, 麦狄克. 航空录影. 能源、资源与环境, 1991, 4(1): 8~12.
- 2 Myhre R J, Sumpter C W, Graham L A. Airborne videography —— a potential tool for resource manager. Proceeding of Resource Technology 90 Symposium, Washington D. C., 1991, 590~594.
- 3 吴坚, 马小明, 李志清, 等. 航空录像遥感技术在森林病虫害监测中的应用. 林业科学研究, 1994, 7(5): 579~584.
- 4 高树, 吴坚, 马小明, 等. 应用航空录像监测森林病虫害操作技术. 森林病虫害通讯, 1994, (4): 42~44.
- 5 周忠谟, 易杰军. GPS 卫星测量原理与应用. 北京: 测绘出版社, 1992. 88~94.
- 6 许殿元, 丁树柏. 遥感图像信息处理. 北京: 宇航出版社, 1990. 46~68.
- 7 Linden D S, Hoffer R M, Pywell H R, et al. Automated digital mosaicking of airborne videography. Department of Forest Sciences, College of Natural Resources, Colorado State University; Methods Application Group, U. S. Forest Service, 1995, 4-1~20.

Studies on Interpretation and Orientation of the Damaged Pine Forests by Pine Caterpillars with Airborne Video Techniques

Wang Fugui Wu Jian Gao Shu

Abstract The research work of using the techniques of airborne video to distinguish and orientate the damaged pine forests by pine caterpillars was conducted at three plots in Wuming County, Guangxi Zhuang Autonomous Region during December 1995 and April 1996. The high quality images whose ground resolutions were 2.01 m, 1.50 m, 1.01 m and 0.50 m were acquired by using a motor glider of a 3 seated airplane, GPS equipment, a video camera and video recorder.

The image was processed by capturing the individual video frame, mosaicing the flight line frame pairs, preparing the ortho photoquad, selecting ground control points and warping the imagery to the ortho photoquad, and adjusting the contrast of the displayed brightness values of digital image with MIPS software (version 3.3) running on DOS environment in laboratory.

The efficiency of processing image was improved by using auto-capture function of MIPS to capture individual video frames and using the auto-correlation feature of image to assist placing the tie point and mosaic the frame pairs. A satisfied result of warping image was reached by using the distinct ground characters as the ground control points (GCPS) to warp image. The results of warping image were not satisfactory in large area of forests, when 6 GCPS were failed to be found, and the main reason was the aircraft sensor had not been used. Two methods were used to adjust the image contrast, and the image information of damaged forests was stressed. The result also showed the damaged degree of pine forests was divided into 3 levels, that is over 90%, 90% ~ 75% and 75% ~ 50% of defoliation respectively. The damaged areas were precisely oriented by using distinct ground characters as GCPS to warp imagery.

When the large forest area was monitored with the airborne video techniques, and much better distinction effect and higher orientation precision were needed, the GPS base station and the aircraft sensor are needed to be used.

Key words pine caterpillar airborne video image process damaged forest distinction orientation

Wang Fugui, Assistant Engineer, Wu Jian, Gao Shu (The Research Institute of Forest Protection, CAF Beijing 100091).