

航空录像遥感技术在森林病虫害监测中的应用*

吴 坚 马小明 李志清 高 树

摘要 航空录像遥感技术在森林病虫害监测中的应用主要是利用高机翼轻型或小型飞机;装备高质量视频摄像系统;与全球定位系统(GPS)连接,在影像上自动记录瞬时的精确地理坐标;并应用数字图像处理技术处理、分析影像,获取森林病虫害信息。该项技术成本较低,易掌握,能主动选择飞行作业时间及地面影像的分辨率,在多云天气亦可作业,并能实时得到图像,即时进行分析处理,作为一种空中平台可与其它监测手段互相补充,在森林病虫害的监测中有着广泛的应用前景。

关键词 森林病虫害监测、航空录像、遥感

寻求发展多平台相互协调配合的立体监测网络,发展一种高效、易推广应用的空中监测技术是做好森林病虫害灾害点早期预测和防治的重要内容之一。航空录像技术是美国林务局方法应用组于1986年首先研制、应用并发展起来的一项监测森林病虫害的遥感技术^[1~2],可分成航空录像图像获取系统和实验室图像处理系统两部分。本文旨在就该技术各系统的技术特点及研究和应用情况作一综述。

1 航空录像图像获取系统^[3~8]

1.1 硬件

航空录像图像获取系统的硬件是指安装在飞行器上用于捕获所需影像的有关设备,主要包括摄像机、录像机、彩色监视器、摄像机固定用底座架、全球定位系统、导航系统以及电源转换器、电子接线盒、各种电缆线等。其系统运行框图如图1。此外,该系统需配置一架轻型或小型飞机,高机翼形机种最为理想。

彩色摄像机是系统的关键设备,所选机种为松下 WV-F250E型,其 Super-VHS 的水平扫描线达700线,比普通的400线多出近一倍,使解像度大为增加,影像信噪比大为改善;由于该机装有高速快门,以减少因飞机飞行中振动、偏移所造成的画面模糊等弊病;此外,有可遥控的伸缩镜头,焦距范围在9.5~143mm,在通常情况下总是使用9.5mm广角镜头。

录像机为便携式,可记录 Super-VHS 和 VHS 格式的声、像资料,其 S-VHS 的分辨率达400线,并具有良好的静止时防影像扭曲功能。

1994-06-10 收稿。

吴坚副研究员,高树(中国林业科学研究院森林保护研究所 北京 100091);马小明(北京大学环境科学中心);李志清(中国林业科学研究院资源信息研究所)。

* 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”及中美农业科技合作项目的部分内容。

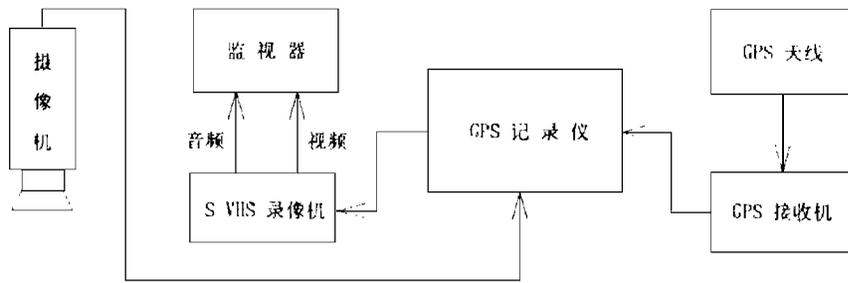


图1 航空录像图像获取系统运行框图

全球定位系统(GPS)是世界范围的三维测量系统,全天候,每日工作 24 h,每周 7 天,连续接收和贮存来自 GPS 卫星网的数据,并可转换成地理坐标等。航空录像图像获取系统使用的 GPS 主要包括天线、接收器、记录器及其连接缆线等设备,可瞬时记录协调世界时(UTC)、UTM 坐标、纬度、经度、海拔高度、飞行航速和航向等信息。GPS 的误差范围为 1 cm~100 m,在美国其精度可达 5~12 m,如使用 GPS 基站对周围 480 km 内获取的 GPS 数据进行校正,其误差可缩小至 5 m 之内。在实验室图像处理系统中,GPS 资料是必不可少的图像定位、校正信息源。

获取高质量图像,导航起着至关重要的作用。现系统中同时使用目测导航和电子导航。目测导航是通过安装在飞机底部的导航镜经监视器及飞行航线图比较来实现;电子导航是利用 GPS 将飞行参数及地理位置迭加在录像显示屏上。这两种导航并用,可使飞行航线更接近设计航线,获得所需图像信息。

在作业飞机上,需装备 2 台 8 吋彩色监视器。至少一台监视器为高解像度屏幕,水平解像为 525 线,用于摄、录像的监视;另一台连接导航镜,用于飞机的导航。

1.2 评价和展望

从 50 年代至今,美、加等国已经使用飞机对森林病虫害进行监测。其主要是用航空目测的方法,在 1:2.4 万的地形图上勾划病虫害的发生地,记载病虫害的危害等级。这一方法尽管费用相对较低,见效快,但其结果误差较大,很大程度上依赖于判读员的经验及责任心。在同一地区,不同的判读员勾绘的病虫害发生情况是不可能完全一致的。而依据航空录像技术所获取的图像不仅易用微机进行自动处理,而且也可在实验室根据自动记录在影像上的瞬时精确地理坐标,反复使用录制的影像资料,利用地形图勾绘病虫害发生情况,其结果可更为准确。应用航空录像监测森林病虫害,可主动选择作业时间及地面影像分辨率,且在有云天气也可飞行作业,获取影像。此外,还具有成功率高、易操作及成本较低等优点。

以下以舞毒蛾为例^[9],说明应用航空录像图像获取系统监测森林病虫害的优越之处。

在美国密执安州中部,于 1990 年 7 月对一面积约为 1.46 万 hm^2 的林区,用航空目测、航空录像技术勾绘虫害发生区域及航空摄影等三种方法进行比较。其结果见表 1 和表 2。

表 1 不同监测方法舞毒蛾危害程度
(发生面积)的比较 (单位: hm^2)

| 监测方法 | 失 叶 度 (%) | | |
|------|-----------|-------|--------|
| | 75~100 | 40~75 | <40 |
| 航空目测 | 2 895 | 1 720 | 9 985 |
| 航空录像 | 1 035 | 1 048 | 12 517 |
| 航空摄影 | 1 564 | 1 179 | 11 857 |

表 2 不同监测方法所需费用

(单位: \$/h)

| 监测方法 | 时间(h) | 飞行费 | 判图员费用 | 图像处理 | 总 计 |
|------|-------|-----|-------|----------|----------|
| 航空目测 | 2.0 | 105 | 9.68 | 0 | 229.36 |
| 航空录像 | 1.5 | 250 | 20.9 | 12.95 | 444.30 |
| 判 读 | 2.5 | | 10.0 | | |
| 航空摄影 | 2.0 | 250 | 20.9 | 1 100.00 | 2 041.80 |
| 判 读 | 4.0 | | 10.0 | | |

由于该系统现正处于发展完善阶段,至少有两个问题亟待改进和提高:(1)目前摄录的影像是单通道的,影像信息损失较多。如能开发和使用高分辨率的近红外摄像机,可进一步提高获取病虫害信息的能力。(2)尽管 GPS 可在影像上记录瞬时地理位置,由于飞机受外界环境影响不断产生偏移,事实上每一幅画面的地理坐标很难精确。美国现已试制完成用于该技术的方位角记录仪,安装在摄像机顶部以瞬时(1/10 s)记录飞机姿态信息。这种装置启用后与 GPS 信息相结合,能更为精确地确定获取画面的地理位置。

2 实验室图像处理系统^[10]

2.1 硬件

该系统主要包括以下设备:东芝 T6600C 计算机,内含多媒体,80486 及协处理器,50 兆赫主频,8 兆内存,540 兆硬盘;3.5 吋软驱;图像捕获卡 TARGA+16/32,颜色为 16 bit 或 32 bit,分辨率为 512×512;两台 17 吋彩色显示器,一台作为计算机主显示器,一台作为图像显示器;600 兆字节双面可读写光盘机;彩色扫描仪,24 bit 颜色,600 dpi 分辨率,8.5×14 吋幅面;HP500C 彩色喷墨打印机。

2.2 软件

MIPS(Map & Image Processing System)是由美国 MicroImage 公司开发的一个商业化通用图像处理软件系统,现使用的是基于 PC 机 DOS 环境下的版本。整个系统可运行代码容量 25 兆,有 300 多个功能。包括各种图像变换、图像恢复、图像增强、图像分类等功能。MIPS 是一个主要基于 Raster(栅格)数据类型的图像处理系统,但也具有一些基于 Vector(矢量)和 CAD(计算机辅助设计)数据类型的处理能力。它可逻辑地分成输入、检查、分析、输出等模块。

输入模块。本模块是 MAG 使用最频繁的,模块提供了从彩色扫描仪、摄影仪、实时电视播出直接输入影像的程序。数据可以 TARGA、TIFF、PCX、SPOT、LANDSAT、ARC/INFO、AUTOCAD、ERDAS、GIF 等文件格式输入。该模块还提供了影像镶嵌、修正和登记的程序。

检查模块。该模块允许用户在数据收集后查看和监视数据。任何大小的网格影像都可用虚拟显示功能显示和漫游。矢量文件可叠加在网格影像上。

分析模块。本模块为网格和矢量的高级操作提供途径,提供了利用交互、半自动和全自动近似于影像分类的功能。特别是提供了空间操作语言 SML,允许用户构建自己的对 MIPS 图像操作的程序。

输出模块。模块适用于多种输出设备。支持的设备包括显示器、绘图仪、彩色打印机等。目

前,航空影像的处理、分析工作是在 MIPS 环境下进行的,其主要工作程序见图 2。

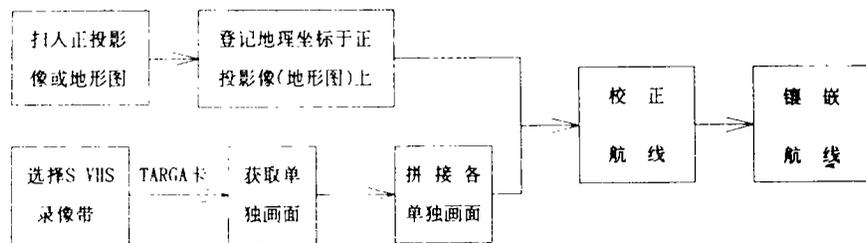


图2 实验室图像微机处理工作程序

美国林务局还发展了一套直接服务于航空录像技术的软件系统 AUTOGRAB,具有航空飞行任务设计、自动捕获影像画面、几何定位、旋转画面和整理画面使其纳入计算机索引系统等功能。该软件是用 C 语言编写,运行环境为 386PC 机。该软件脱离 MIPS 环境,使处理工作更简便。

此外,美国林务局还使用了 GPS 数据差分处理软件。通过在方法应用组图像处理实验室中建立的 GPS 基站,可精确得到基站的地理坐标、高度等信息,据此对航空录像飞行作业中获得的 GPS 数据进行校正,可使其误差缩小至 5 m 之内。

2.3 评价和展望

一旦空中影像获取工作完成,所得信息完全储存在 S-VHS 录像磁带上。在许多情况下,一般影像处理的方式是纯人工式的,即借助高分辨的录像机、彩色监视器及地图,通过获取的影像、声音,结合录像带上标明的地理坐标等在地图的对应处标记。尽管此方法方便快捷,但定量信息缺乏,准确性较差,磁带反复使用也会使画面品质退化。因此,发展应用相应图像处理软件及微机自动或半自动处理方法是航空录像影像处理的必然趋势,现已取得很大的进展。但由于该系统发展时间较短,许多工作尚待深化。

2.3.1 自相关镶嵌和几何校正技术 目前使用的图像处理方法中关于图像捕获、镶嵌、控制点选取、重采样及校正等数据处理时间长,劳动强度很大。美国已从各方面着手改进存在问题,并已具雏型。此项技术是利用安装在飞机上的方位角记录仪得到飞行姿态信息,结合图像的自相关计算,对连续获得的同一航线各画面实现自动拼接。该技术需配备一台由计算机控制的录像磁带机作业,镶嵌和校正所需时间较一般方法快 100 倍。

2.3.2 几何校正技术的改进 目前的校正技术只是进行一阶或高阶的变换。由于摄像机角度因飞机偏移而变化及地面地形的影响,获得的图像不是正投影,使用单一变换方程的方法系统误差很大。合适的校正方法应充分考虑到摄像机角度及地形的影响,给出数字地形数据,并据此发展快速的几何校正技术。

2.3.3 受灾区自动判别及受灾等级自动分类技术 当前的判别和分类方法是通过目视判读镶嵌的航空录像图像进行受灾区的划定及受灾等级的分类。该方法的明显缺点是费时,经验因素占有的比重过大,分类结果受到人为因素的影响。自动判别、分类的关键是根据地面的样地受灾等级与相应图像的数字数据建立关系,寻求合适的判别式。自动判别和分类的主要障碍有两点:即获取的影像只是可见光,只能输出红、绿、蓝三个波段;不同航线及不同时间获取的图像由于太阳角的变换使之图像存在较为明显的明暗差异。

3 航空录像技术在森林病虫害监测中的应用及前景^[11~15]

摄像和录像技术已经存在有数十年的时间,但作为一项遥感技术并开始试用仅有 10 a 时间。80 年代中期,美国林务局和明尼苏达大学遥感实验室研制出一台彩色红外摄像机,用于高山松小蠹 *Dendroctonus ponderosae* Hopkins 和森林天幕毛虫 *Malacosoma disstria* Hübner 的监测,确定两虫的林木危害面积和灾害等级。尽管其摄像机的分辨率很差,但已证明应用航空录像技术可以对森林病虫害进行监测和评价。

较成功地且大面积地应用前两节所述的航空录像遥感技术是起始于 1991 年。近年来,用此技术已对舞毒蛾、松小蠹、云杉小蠹、云杉卷叶蛾、栎树枯萎病等多种森林病虫害进行了监测和评价。美国林务局已给各大林区配备了 18 套航空录像系统,并已在加拿大、新西兰和芬兰等国推广和应用。俄罗斯也即将开展。

中国于 1992 年将航空录像技术的应用研究列入中美合作和国家攻关项目中,并于 1994 年年初,由中国林业科学研究院与美国林务局森林害虫管理处签署了有关航空录像技术进一步合作研究和应用的计划书,开展马尾松毛虫 *Dendrolimus punctatus* Walker 和松材线虫 *Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner et Burher) Nickle 等重大森林病虫害的监测和危险性评估研究和应用。

根据作者对航空录像技术的考察和实际应用,该项技术有其独具的特点,可与其它监测技术互相补充和互相支持,在森林病虫害的监测上有着广泛的应用前景。并认为,航空录像的图像获取系统经较短时间的应用研究后,即可在中国进入实际应用,在林业生产上发挥积极作用;实验室图像处理系统尚需进行有关软件和硬件的进一步开发和研究。随着当今遥感高新科技的飞速发展,相信在不远的将来航空录像技术会成为一项高效、实用、易普及的森林病虫害监测手段。

参 考 文 献

- 1 陆国先,陈式千,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 managers. Proceeding of Resource Technology 90 Symposium, Washington D. C. ,1991,590~594.
- 3 Graham L E. Airborne video for near-real-time vegetation mapping. J. For. ,1993,91(8):28~31.
- 4 Evans D L. Using GPS to evaluate aerial video missions. GPS World,1992,July/August:24~29.
- 5 Bobbe T. Real-time differential GPS for aerial surveying and remote sensing. GPS World,1992,July/August:18~22.
- 6 Lechner W. The potential of global satellites systems for precision aircraft navigation. GPS World,1992,June:40~41.
- 7 Gausman H W, Escobar D E, Bowen R L. A video system to demonstrate interactions of near-infrared radiation with plant leaves. Remote Sens. Envir. ,1983,13:363~366.
- 8 Methods Application Group. Airborne video system users guide. USDA Forest Service,1992,Report MAG-92-1.
- 9 Linden D S, Mueller D P, Lewis L G. Airborne video automated processing. US Forest Service Internal Report, Fort Collins, Colorado, 1993.
- 10 Linden D S, Hoffer R M. Automated digital mosaicking of airborne videography . Fifth Biennial USDA Forest Service Remote Sensing Applications Conference, Portland, Oregon, 1994.
- 11 Pywell H R, Myhre R J. Monitoring forest health with airborne videography . Proceeding of IUFRO Conference, Can-

- berra, Australia, 1992.
- 12 Manzer F E, Cooper G R. Uses of portable video-taping for aerial infrared detection of potato disease. *Plant Dis.*, 1982, 66: 665~667.
 - 13 Bobbe T J, Reed D, Schramek J. Georeferenced airborne video imagery, natural resource applications on the Tsongass. *J. For.*, 1993, 91(8): 34~37
 - 14 Buffington K. Remote sensing techniques for mapping gypsy moth defoliation. Professional paper for Master of Science Degree at Colorado State University, Fort Collins, Colorado, 1991.
 - 15 Myhre R J, Silvey B. An airborne video system developed within forest pest management——status and activities. Proceedings of the Fourth Forest Service Remote Sensing Applications Conference, Orlando, Florida, 1992.

An Evaluation of Airborne Videography for Detecting and Monitoring Forest Insect and Disease

Wu Jian Ma Xiaoming Li Zhiqing Gao Shu

Abstract The application of airborne videography on detecting and monitoring insect and disease is a remote sensing tool, combines a high-quality Super-VHS video camera system with Global Positioning System (GPS) navigation, image processing and geographic information systems. Videography offers many advantages than the traditional methods of pest detection and monitoring. Video data can quickly be converted to a digital form for analysis and integration into an IPM environment. The further studies on detection and monitoring of the important Chinese pests, the pine caterpillar *Dendrolimus punctatus* and the pine nematode *Bursaphelenchus xylophilus*, are underway in China, using the video equipment provided by USDA Forest Service. The value of airborne video will continuously be demonstrated in practice in China combining with the data from TM image.

Key words detection of forest insect and disease, airborne videography, remote sensing

Wu Jian, Associate Professor, Gao Shu (The Research Institute of Forest Protection, CAF Beijing 100091); Ma Xiaoming (The Center of Environmental Sciences, Peking University); Li Zhiqing (The Research Institute of Forest Resource Information Techniques, CAF).