

林业生物灾害的监测调查技术研究进展^{*}

武红敢, 曾庆伟

(中国林业科学研究院资源信息研究所, 北京 100091)

摘要: 介绍了航天遥感、航空遥感、地面调查等技术在林业生物灾害监测中的应用现状与发展历程, 在分析上述三项技术优缺点的基础上, 提出了在我国建立树木、林分、景观等尺度综合监测技术体系, 开展林业生物灾害监测与调查的方法及相关建议。

关键词: 林业生物灾害; 遥感; 监测与管理技术

中图分类号: S763 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-811X(2008)04-0106-04

近年来我国林业有害生物进入高发期, “十五”期间年均发生面积约 933 万 hm^2 , 2006 年发生面积与全国造林面积相当。林业有害生物灾害不仅严重影响着森林质量和生态系统功能的发挥, 对国土生态安全也造成很大威胁, 并直接影响到农民增收、农村经济的发展和新农村的建设。近年来为了加强林业有害生物灾害监测预报工作, 提高监测预报的科学性、时效性和准确性, 最大限度防灾减灾, 我国建立了 1 000 个国家级林业有害生物(监测预报)中心测报点, 初步形成了以国家林业有害生物测报中心为龙头, 国家级中心测报点为骨干, 各省、市级测报点为补充的林业有害生物监测系统。但监测方法仍是采用传统的人工地面调查为主, 正在建设的先进、高效的综合监测技术及其体系还未能发挥作用, 还是经常出现灾后救灾的被动局面。因此, 林业生物灾害监测预报工作面临前所未有的挑战。为全面了解林业生物灾害监测和预警的现状, 现将 3 种主要技术介绍如下。

1 航天遥感技术

由于森林病虫害导致的叶量损失(失叶)是评估森林生态系统安全状态的一个重要因子, 所以对森林失叶的监测一直是森林灾害遥感监测的重要研究领域, 而且卫星遥感数据早已被广泛有效地用于监测森林的叶量损失^[1]。

到目前为止, 森林病虫害的卫星遥感研究主

要是监测林分(或林木)的灾害程度, 即将受害的森林分为健康、轻害、中等受害、重害和死亡等不同程度。Franklin 运用 SPOT 与 TM 卫星数据, 分别对铁杉尺蠖和黑头蚜虫落叶病的危害区进行了监督分类, 其精度达到 90.6% 和 82%^[2]; Joria 等也利用 SPOT 和 TM 数据在美国密歇根州进行了舞毒蛾失叶率的监测研究, 通过数字林相图等数据的辅助分析后, 认为 TM 非监督分类(滤波和边界提取)可较准确地识别林分的危害程度差异^[3]。Carlos de Wasseige 等在中非共和国西南部热带雨林地区, 利用两个时相的 TM 数据, 来监测林木盗伐的状况, 主要是通过识别盗木的运输路径来反演, 结果表明林木择伐 5 年内, 林间伐道等清晰可辨^[4]; Cuizhen Wang 等利用多时相 TM 数据构建的归一化差值水分指数(NDWI), 只需简单的域值分割既能获取橡树林分衰减的连续动态变化信息^[5]; Chudamani Joshi 在尼泊尔低洼区域的娑罗树(*shorea robusta*)林分中, 运用美国陆地卫星 ETM 数据, 经过神经网络分类方法的处理, 可以分别得到林冠密度(精度为 89%)和林下光强度(精度为 81%)等信息, 从而间接掌握林下入侵植物飞机草(*Chromolaena odorata*)的种子生产量^[6]。

森林对有害生物的易受性和耐受性应该与森林生长模型和林分结构相联系^[7]。Joan 等在研究纽芬兰西部香液冷杉林虫害爆发前的森林结构与生长特性、光谱反射率(TM 数据反演)、落叶模式与蓄积损失当中, 使用逻辑回归技术建立模型估测森林的易感性和耐受性并进行精度评价, 认为

^{*} 收稿日期: 2008-05-13

基金项目: 国家“十一五”科技支撑课题“森林灾害监测、预警技术研究”(2006BAD23B04)

作者简介: 武红敢(1963-), 女, 山西祁县人, 研究员, 主要从事“3S”技术在林业上的应用研究. E-mail: wuhg@caf.ac.cn

森林结构、生长速度和生长率等参数都可以反映林分的健康状况^[8]。Desheng Liu 等在橡树突然猝死病及扩散预测中,利用不同时期的高空间分辨率数据,采用支持向量机方法对多光谱数据分类,建立了马尔科夫随机场模型,并通过迭代的方法更新分类结果和马尔科夫随机场模型,并对 2000 年、2001 年灾害的发生趋势进行了预测,其结果与实际发生情况较吻合。 κ 系数分别为 0.92 和 0.91,而只使用单时相图像预测结果的 κ 系数只有 0.67 和 0.66^[9]。Nicholas C. Coops 等人在加拿大不列颠哥伦比亚省(BC 省)应用单时相 QuickBird 高空间分辨率多光谱遥感影像,监测了山地针叶甲虫危害后的树冠变红现象,通过对单一波段、归一化差值植被指数(NDVI)、红绿指数(RGI)等数据的分析比较,认为 RGI 可以很好地区分危害树冠与健康树冠,其结果还能校准地面的调查数据,并指导森林病虫害的地面详查^[10]。Michael A. Wulder 等人运用连续获取的 QuickBird 高空间分辨率多光谱和全色遥感数据,通过红绿指数的差值(Δ RGI),探讨了甲虫危害后立木数量的年际变化,进而估测了甲虫种群及其动态演变过程,其结果与林间地面调查数据的吻合度达 89%~93%^[11]。

一般来讲森林受到病虫害侵害后,自身各种营养元素如叶绿素、水分等含量必然发生改变,所以监测植被色素含量的变化,已经成为评价森林植物长势的一种有效手段。应用遥感数据可以监测由病虫害引起的各种林木缺素症,比如植物病变而引起的叶绿素含量减少被研究者称为“缺绿症”。Adams M. L. 就利用 AVIRIS 高光谱数据,引入黄色指数(YI)来监测受胁迫植物叶片的缺绿症^[12];Jennifer Pontius 利用机载高光谱数据(VNIR 传感器)研究与评估了外来危险性有害生物即白蜡柳窄吉丁(EAB)危害白蜡林后的状况,构建了对水分胁迫和叶绿素敏感的相关指数,从而反演出了白蜡林的各种衰落情况,其在纯林中的测报精度达 97% 以上^[13]。

2 航空遥感技术

20 世纪 50 年代后,人们就开始利用航空遥感技术来评估森林病虫害导致的林冠变化,并经历了航空目视勾绘、航空摄影、航空录象、航空电子勾绘等技术阶段。起源于 20 世纪 40、50 年代的目视勾绘技术由于效率低、主观性强等原因,逐

步被航空摄影所取代,但由于摄影成本高、后处理过程烦琐,无法实时得到结果数据,于 20 世纪 90 年代初发展了廉价的航空录象技术,因航空录象具有技术门槛高、后处理耗时长等众多限制因素,无法满足灾害监测和应急响应与决策的需要,在计算机和数据库等高新技术飞速发展的带动下,简单实用的数字航空勾绘(D-ASM)技术系统就应运而生了。

航空遥感中的彩红外(CIR)航空影像曾经是监测森林病虫害导致林冠变化的主要数据源,如 Everitt 等利用机载数字成像技术有效地监测了美国德州中部由橡树枯萎病引起的林冠变化^[14];Haara 和 Nevalainen 利用 CIR 在芬兰评估了由食叶害虫导致的轻度失叶云杉林的树冠变化^[15]。Fletcher 等利用机载近红外数字影像有效地监测了因病害引起的柑橘林林冠变化^[16]。Olthof 等利用机载多光谱数据、土壤数据、森林植被参数数据(如 LAI、树冠郁闭度等)等建立的森林健康指数,对各种类型的森林健康状况进行了评价^[17]。

数字航空勾绘(D-ASM)系统是由美国林务局森林健康技术企业队(FHTET)和林务局遥感应用中心(RSAC)联合研制的一套林业生物灾害航空监测技术系统,目前基本处于示范应用阶段。我国的湖南省、吉林省、福建省已经或即将引进并消化吸收该系统,并作为森防飞机的专用技术支撑平台,开展突发性林业有害生物灾害的宏观监测与评估。主要原理是监测人员在空中观察受灾林分,借助 GPS 的导航定位功能,在电子地图或影像数据的支持下,利用 GIS 软件系统的数据编辑功能,通过屏幕勾绘确定并记录灾害的分布、位置、程度等相关信息,为地面的详细调查提供科学指导。该系统的硬件设备有笔记本电脑、GeoLink 软件狗、带手写笔的触摸屏、GPS 接收机及外接天线、USB-串口适配器、直流电(DC)供应器、直流电(DC)分配器等。其软件系统主要由勾绘模块、栅格背景地图模块、用户编辑模块等构成。

3 地面调查技术

由于经济技术相对落后、空中管制严厉等因素的影响,致使像我国这样的发展中国家很难充分利用航空遥感技术的优势,不得不主要依靠人工地面调查的方式来获取灾害或病虫害数据。根据《森林病虫害预测预报管理办法》的规定,我国林业有害生物监测是以国家级中心测报点为骨干,

由国家、省、地(市)、县4级测报组织构成,其中县级森防机构负责基层林业有害生物调查,并根据监测对象和相应的监测预报办法,设计标准地和踏查线路,组织或实施调查,并及时整理、加工与汇总基础调查资料。因此县级调查数据采集工作的质量直接影响着上级(国家、省、地区)的预测预报和宏观决策。最近几年来,国家已经对主要林业有害生物的监测办法进行了规范,要求采取线路踏查和标准地详查相结合的办法来获取第一手的林业生物灾害数据。

为了进一步规范化和标准化地面调查数据的记录工作,加强对监测数据的监督检查,国家林业局根据技术发展现状与需求,正在积极引导各地应用先进高效的GIS/GPS技术,建立林业有害生物监测数据记录系统。

4 多尺度综合监测技术体系

综上所述,经过半个多世纪的发展,各国根据自身的条件和技术基础选择了不同的技术手段,其主要优缺点比较如下:

	技术手段	主要技术优势	主要技术缺陷
航天遥感	高分辨率光学遥感	宏观、全面、客观	数据保障性差
	中分辨率光学遥感		数据保障性差
	低分辨率光学遥感		监测精度低
	雷达遥感		监测精度低
航空遥感	目视勾绘	简单、快捷	主观性强
	航空摄影	准确	成本过高
	航空录像	全面、客观	技术门槛高
	航空电子勾绘	效率高	主观性强
地面调查		信息丰富、结果可靠	全面性差

随着社会经济的快速发展,我国传统的人工地面调查手段已经远远不能适应国家和林业可持续发展的需求,必须寻找和建立适合我国国情的监测调查技术体系,以满足生态环境与和谐社会建设的要求。为此国家在“十一五”科技支撑计划项目中设立了专门课题,研究多尺度林业灾害监测调查的技术方法与系统,初步构建树木、林分、景观等多尺度遥感监测体系。其主要研究内容与目标是:

(1) 林业生物灾害的数据采集技术

研究基于移动终端的林业生物灾害的快速采集与监督检查技术,实现林业生物灾害发生数据及其相关的位置、图像、温度、湿度等信息的快速采集,同时建立对外业过程进行监督检查的室

内系统,逐步减少调查工作的主观性与随意性,实现调查数据的规范化与科学化。

(2) 林业生物灾害的远程监控系统

在现有森林防火远程监控系统设备基础上,进行必要的改造与更新,在监测区三维数据和GIS、GPS技术的支持下,研究监控镜头焦距估算方法和灾害点(区域)定位方法,构建适合我国国情的林业生物灾害数据远程采集、管理、监督的技术体系,实现灾害的早期监测与预警。

(3) 林业生物灾害航空遥感监测技术

以航空电子勾绘、航空数字摄影(或摄像)技术为基础,研建多尺度林业生物灾害的航空遥感快速监测集成技术设备,开发林业生物灾害航空遥感监测数据处理软件系统,建立林业生物灾害数据的航空获取系统,以充分发挥现有技术及其装备的优势,提高森林灾害监测与调查的效率,完善监测体系。

(4) 重大林业生物灾害的预警和预测预报技术

在多尺度监测信息基础上,辅助气象、地形等环境信息,应用空间分析技术与方法,开展重大林业生物灾害预警与预测预报方法研究,全面提高防灾减灾与科学决策能力。

5 建议

50多年来我国已经积累了大量的林业生物灾害调查数据,但由于缺乏规范化标准体系,以及各地统计方法的差异,导致很多宝贵的第一手资料难以应用于预测预报的科学研究。近年来国家加大了监测调查数据的管理力度,建立了全国统一的防治信息系统,实现了数据的网络化上报,但数据采集及统计汇总环节的科学化管理仍有待加强,准确的基础调查数据是保证科学决策的基础,必须予以高度重视。只有建立起完善、科学的调查数据管理体系,才能真正推动我国林业生物灾害预测预报与预警技术的发展。随着国际交往的日益频繁,危险性林业有害生物入侵形势严峻,我国现行的地面监测调查(唯一手段)技术已经不能满足林业可持续发展的需求,为了能尽早发现灾害,减少损失,必须尽快建设客观准确、天地一体化、普查-抽样-定点相结合的综合监测技术体系。

参考文献:

- [1] 郭志华,肖文发,蒋有绪. 遥感在林冠动态监测研究中的应

- 用[J]. 植物生态学报, 2003, 27(6): 851–858.
- [2] Franklin S. Classification of Hemlock Looper defoliation using SPOT HRV imagery [J]. Canadian Journal of Remote Sensing, 1989, 15(3): 178–182.
- [3] Joria P, Ahearn S, Connor M. A Comparison of the SPOT HRV and Landsat thematic mapper satellite systems for detecting gypsy moth defoliation in Michigan [J]. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 1991, 57(12): 1605–1612.
- [4] Carlos d, Pierre D. Remote sensing of selective logging impact for tropical forest management [J]. Forest Ecology and management, 2004, 188(1–3): 161–173.
- [5] Cuizhen Wang, Zhenqian Lu, Timothy L, et al. Haithcoat, Using landsat images to detect oak decline in the mark Twain national Forest, Ozark Highlands [J]. Forest Ecology and management, 2007, 240(1–3): 70–80.
- [6] Chudamani J, Jan D, Jelte VI, et al. Indirect remote sensing of a cryptic forest understory invasive species [J]. Forest Ecology and management, 2006, 225(1–3): 245–256.
- [7] 黄麟, 张晓丽, 石韧. 森林病虫害遥感监测技术研究的现状与问题[J]. 遥感信息, 2006, (2): 71–75.
- [8] Joan E, Franklin S. Forecasting the susceptibility and vulnerability of balsam fir stands to insect defoliation with Landsat TM data [J]. Remote Sensing of Environment, 1997, 59(1): 77–91.
- [9] Desheng Liu, Maggi K, Peng Gong. A spatial–temporal approach to monitoring forest disease spread using multi–temporal high spatial resolution imagery [J]. Remote Sensing of Environment, 2006, 101(2): 167–180.
- [10] Nicholas C, Matt Johnson, Michael A, et al. Assessment of QuickBird high spatial resolution imagery to detect red attack damage due to mountain pine beetle infestation [J]. Remote Sensing of Environment, 2006, 103(1): 67–80.
- [11] Michael A, Joanne C, Nicholas C, et al. Multi–temporal analysis of high resolution imagery for disturbance monitoring [J], Remote Sensing of Environment, 2008, 112(6): 432–440.
- [12] Adams M, Philpot W. Yellowness index: an application of spectral second derivatives to estimate chlorosis of leaves in stressed vegetation [J]. International Journal of Remote Sensing, 1999, 20(18): 3663–3675.
- [13] Jennifer P, Mary A, Lucie P, et al. Ash decline assessment in emerald ash borer–infested regions: A test of tree–level, hyperspectral technologies [J]. Remote Sensing of Environment, 2008, 112(5): 2665–2676.
- [14] Everitt J, Escobar D, Appel D, et al. Using airborne digital imagery for detecting oak wilt disease [J]. Plant Disease, 1999, 83(6): 502–505.
- [15] Haara, Nevalainen A. Detection of dead or defoliated spruces using digital aerial data [J]. Forest Ecology and Management, 2002, 160(1–3): 97–107.
- [16] Fletcher R, Skaria M, Escobar D, et al. Field spectra and airborne digital imagery for detecting Phytophthora footrot infections in citrus trees [J]. Hortscience, 2001, 36(1): 94–97.
- [17] Olthof I, King D. Development of a forest health index using multispectral airborne digital camera imagery [J]. Canadian Journal of Remote Sensing, 2000, 26(3): 166–176.

Technological Development of Forest Pest Monitoring

Wu Honggan and Zeng Qingwei

(Institute of Forest Resource Information Techniques, CAF, Beijing 100091, China)

Abstract: The application of space remote sensing, aerial remote sensing and ground survey techniques in forest pest monitoring and the development are discussed. Based on the analysis of the advantages and disadvantages of the above-mentioned techniques, the suggestion for constructing comprehensive technological systems of forest pest monitoring in individual tree scale, forest stand scale and landscape scale and methods of forest pest survey in our country are put forward.

Key words: disaster of forest pests; remote sensing; monitoring and management technology