

森林火灾遥感监测评价

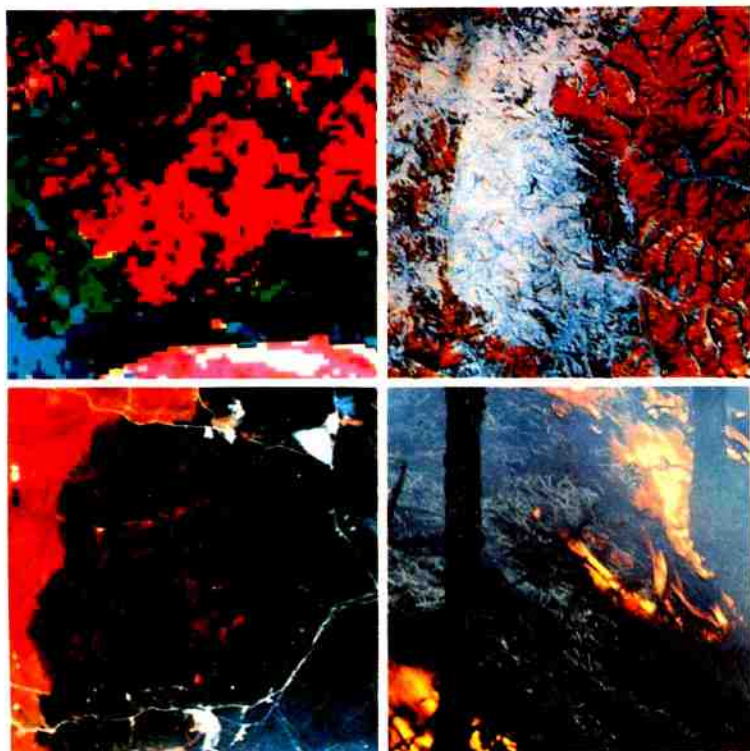
——理论及技术应用

Monitoring and Assessment of Remote Sensing on Forest Fire

-Theory and Technology Application

主编 赵宪文

Chief editor Zhao Xianwen



森林火灾遥感监测评价 ——理论及技术应用

赵宪文 主编

中国林业出版社

图书在版编目(CIP)数据

森林火灾遥感监测评价:理论及技术应用/赵宪文主编. —北京:中国林业出版社,1995. 10

ISBN 7-5038-1568-X

I. 森… I. 赵… II. ①森林火-遥感技术-监测-研究②森林火-损失-评价
N. S762.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (95) 第 17902 号

中国林业出版社出版

(100009 北京西城区刘海胡同 7 号)

灵山印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

1995 年 10 月第 1 版 1995 年 10 月第 1 次印刷

开本:787×1092 毫米 1/16 印张:13.5 插页:8 面

字数:337 千字 印数:1000 册

定价:35 元

《森林火灾遥感监测评价——理论及技术应用》
编辑委员会

主 编 赵宪文
副主编 周万村 易浩若
编 委 (以姓氏笔划为序)
刘琼招 朱启疆 纪 平
周万村 易浩若 赵宪文
游先祥 高世忠 彭世揆
蔡登遵
责任编辑 李德林

序

20多年来,航天和航空遥感技术取得了重大进展。在资源环境方面得到日益广泛的应用。“八五”期间国家为进一步促进遥感技术的实用化,将“遥感技术应用研究”列为国家重点科技攻关项目。目的是对国民经济发展有重大影响的主要农业作物产量估计和重大自然灾害监测提供一个可运行的技术系统,同时对遥感应用的基础理论及带有前沿性和方向性的问题进行研究,从而为“九五”做好理论和技术储备。

重大自然灾害监测是遥感技术应用项目的重要组成部分,其目标是在已有的科研成果和技术条件的基础上,通过对全国灾害危险分区评价、灾害发生背景数据库的建立、灾害行为监测评价模型研究、遥感应用技术支持系统等课题的支持下,进行灾害遥感监测评价综合试验与试运行服务,这个课题将充分发挥遥感技术在防灾、抗灾和救灾等减灾活动中的作用,为实现我国政府在国际减轻自然灾害10年活动中提出的“到本世纪末,最终达到减少自然灾害损失30%的目标”做出积极贡献。

西南地区是我国第二大林业基地,幅员辽阔,居住着30多个少数民族,是许多珍贵生物物种的生存地。由于自然环境和人们生产方式的缘故,森林火灾频频发生。这个专题的研究,对保护我国西南地区宝贵森林资源有重要意义。

本专题从1991年9月开始,参加课题的有6个单位,近40名有高级职称或硕士学位的科研人员,经过4年的艰苦工作,建立了森林火点监测的数学模型和覆盖面积达90万 km^2 的数据库。为该地区森林火灾的监测奠定了技术基础,同时组织了3次火烧试验。在崇山峻岭中不畏艰苦收集大量第一手资料,研究了林火行为特征,在上述一系列工作基础上,最终提交了行之有效的、可靠的运行系统和一批有深度的研究论文。本书汇集了这些论文,它是科学工作者几年来辛勤工作的结晶。

通读本书,感到它在科学性、实用性以及研究的系统性方面均具特色。如航天—航空—地面相配合监测林火技术体系的建立、林火信息提取、遥感信息与环境因子的相关分析、面向林火的早期报警系统、火灾损失评估数学模型、专家系统、智能化技术应用和一系列指标体系的建立,都不乏有精彩论述,比“七五”的类似研究成果上升了一个台阶。

本书是课题组全体同志团结奋斗协作攻关的宝贵成果,是对我国遥感学科发展的贡献。对本书的出版表示热烈的祝贺!

李维冠

1995年9月9日

目 录

序	徐冠华
森林火灾遥感研究的新进展	赵宪文 (1)
西南林区自然环境与社会经济概况	周万村(12)
1. 中国森林火灾危险分区评价的研究	刘琼招等(13)
2. 中国森林火险区划图的编制	周万村等(24)
3. 林火灾害的分类分级和危险度评价研究方法	邹仁元等(28)
4. 地理信息系统(GIS)支持下的小区森林火灾区划方法研究	张振威等(36)
5. 西南重点林区火灾背景数据库建立与管理	于 芳等(42)
6. 林火遥感监测系统	易浩若等(48)
7. 西南林区火灾报警系统——人工神经网络专家系统的研究	纪 平等(54)
8. 基于微机 VGA 卡的遥感数据彩色合成显示	张艳忠等(61)
9. 地理信息系统支持下的卫星监测林火方法	何筱萍 (65)
10. 林火识别专家系统的研制与验证	易浩若等(69)
11. 西南林区火灾预报方法研究	赵宪文 (76)
12. AADS-1268 多光谱扫描数据在林火监测中的应用	蔡登遵等(87)
13. 应用红外遥感的森林火灾监测及灾后生态初步评估的研究	游先祥等(97)
14. 林火仿真系统模型	彭世揆等(102)
15. 西南林火计算机仿真系统的研究	蔡炳峰等(105)
16. GIS 支持下的林火扩展模拟研究	高 峰等(121)
17. 林火灾后林木死亡率的估测	蔡炳峰等(128)
18. 用 TM 数据进行林火灾害信息提取及损失评估方法的研究	孙小兵等(132)
19. 森林火灾后生态因子及生态变化遥感调查结果的分析	高世忠等(141)
20. 遥感在森林火灾后生态变化动态监测研究中的应用	高世忠等(148)
21. 遥感与模糊评判在森林火灾后生态监测评价中的应用	范建容等(157)
22. 干旱河谷云南松林火灾及生态因子的评价	游先祥等(164)
23. 林火对云南松林土壤性质的影响	唐季林 (172)
附录	
世界林火研究最新动态	赵宪文等(178)
“西南林区等火灾监测评价系统”使用说明书	易浩若 (183)
“西南林区等火灾监测评价”专题参加人员名单	(194)
Summary	彭世揆译(195)

森林火灾遥感研究的新进展

赵宪文

(中国林业科学研究院资源信息研究所)

引 言

森林和火在人类进化史上都起到了至关重要的作用,森林曾是人类祖先的庇护所,火则使人类改变了食物的食用方式,从而引发了一系列的历史变化。我们所要探讨的问题是,火对森林毁坏,以及如何阻止其发生,使森林与火都为人类所用。

全世界每年发生林火几十万次,受害森林面积达几百万公顷,要烧掉世界森林面积的千分之一。由于气候的变迁,近年来世界范围内大火连天,伴随干旱而来的火魔损坏了大片森林、农田,驱赶着人们离开了家园,破坏了环境,破坏了原本宁静的生活。据统计位于地中海的希腊近年来森林火灾大发生,1993年创造其历史上最高记录。1993年美国火灾损失森林面积84000hm²,162人死亡,1241栋建筑被毁,损失5亿美元。特别值得注意的是90年代后期随着干旱的到来,火灾从非洲东移,从北向南移,从欧亚大陆转向东南亚,使数百万公顷热带林破坏,严重损害整个东南亚地区乃至全球的生态平衡,已引起各国对林火的重视。

一、背 景

中国是一个少林国家,在世界覆盖率排序表上中国占第120位,然而这么少的资源却还屡遭林火袭击。

中国是森林火灾多发和损失严重的国家,1987年的大兴安岭大火已震惊世界。据1950—1989年全国森林火灾资料分析,40年来共发生森林火灾63万多起,总过火面积3500多万hm²,烧毁林木9.9亿m³,价值1500亿元(人民币)。平均每年发生森林火灾15800多起,平均每年森林过火面积近90万hm²,平均每年森林火灾面积占全国森林总覆盖率的8%左右;为世界平均水平的8倍,平均每十万公顷森林面积发生森林火灾次数为12.7起,每十万公顷森林平均年过火面积为721.7hm²;全国平均每次森林火灾的面积为56hm²,如以每公顷损失20m³来估算,林木损失7亿m³。频繁发生的林火,使我们花大量人力、财力恢复起来的森林资源毁于一旦。上面提到的大兴安岭大火,一个月内过火面积达100多万hm²,给国家造成巨大损失。据统计大兴安岭地区自开发建设到1986年末,林火损失的森林面积为同期有效人工更新面积的13.7倍。因此,防止森林火灾、减少林火损失是恢复我国森林资源刻不容缓的任务。

西南地区是我国第二大林区,通常指云南、四川、贵州,该区也是森林火灾频繁发生地区,云南保山地区1971—1985年共发生林火3800次,烧去同期造林面积的44.02%,而在少林的四川盆地1983—1987年统计发生林火139次。贵州80年代森林火灾平均毁林173km²,占有林地面积6%,对覆盖率不高的贵州这损失就不少了。1988年春防期间,全国森林火灾毁林率

0.42%，贵州为4.6%，全国发生特大、重大森林火灾107起，其中贵州为59起，占55%，居全国之首。

森林火灾毁坏森林，破坏生态环境，影响人民群众正常生活，给国民经济造成损失，做好林区火灾的预防、监测和损失估计，是减轻灾害，协助灾区人民重建家园的有力保障，是林业和遥感工作者的迫切任务。

由于现代遥感技术与地理信息系统相结合所具有的优势和潜力，在火灾发生前可以根据气候、可燃物积累和含水量，林木组成等因子预测可能发生的地区、时段和火险等级，采取必要的防范措施减少火灾造成的损失。在火灾发生时，可监测其进程和趋势，及时为灭火指挥机关提供第一手资料，帮助他们有效地组织扑救，在灾后可迅速查明损失，以便组织救灾，恢复生产，同时对更新及生态环境的变化进行监测评价。

西南林区相对比较闭塞，经济落后，交通不便，居住着众多少数民族。

本专题以西南林区作为研究重点，还在发展边区经济，增进民族团结，稳定边疆，有着不可忽视的作用。

二、攻关目标

本专题旨在“七五”已有的科研成果和技术条件的基础上建立全国林火分类分级标准，进行全国林火危险程度分区评价，通过森林火灾背景资料数据库的建立，火行为和火灾监测评价模型的研究，在“遥感应用技术支持系统”课题的支持下，进行西南林区等火灾宏观监测和早期报警，林火蔓延，及发展趋势监测和评价，火灾发生后损失评价和减灾辅助决策，其最终目标是建立一个快速、机动、准确实用的“林火监测应用技术系统”，以充分发挥遥感技术在防灾、抗灾和救灾等减灾活动中的作用，为减少我国森林火灾，保护自然资源和生态环境做出贡献。

攻关内容 本课题在“七五”期间已有初步工作基础，但尚未形成完整系统。在“八五”期间，应在本项目“灾害和估产遥感技术支持系统”的支持下，组装形成相应的林火遥感监测评价应用系统，兼顾快速监测评价、基础研究、早期报警及灾后生态变化监测评价技术的发展。其主要研究内容：

1. 林火分类分级标准和全国林火灾害危险程度分区评价，绘制1:400万全国林火灾害危险程度分区评价图；

2. 西南林区火灾背景数据库及危险区划分；

3. 气象卫星林火宏观监测及早期报警技术；

4. 森林火灾红外快速监测分析判读技术；

5. 森林火灾行为、损失评价及减灾辅助决策模型；

6. 森林火灾后更新及生态变化遥感监测评价技术；

7. 森林火灾遥感综合试验及技术系统试运行。

技术关键

1. 火灾实时检测与鉴别。通过研制应用气象卫星数据的火灾自动识别专家系统与背景数据库，发现火点、辨其真伪、准确预报。

2. 林火行为研究，应用遥感计算机技术进行火场动态仿真，研究火场扩展规律。

3. 遥感图像火灾快速识别和估计技术(NOAA AVHRR、TM、机载设备所获得图像)，在

背景库支持下,估计损失(面积和蓄积)。

4. 森林火灾红外快速监测分析判读技术。

5. 用多种遥感信息源,进行更新过程和动态研究,在信息系统支持下,研究火灾后环境质量评价的遥感方法。

三、技术路线

1. 立足于 NOAA 和背景库,在专家系统的支持下,准确测报发现火灾,必要时采用航空遥感手段,在其它信息源和各种模型的配合下,进行损失估计,灾后更新与生态变化评价以及火行为研究。

2. 本课题攻关在“灾害和估产遥感技术支持系统”的支持下,其研究成果将逐步沉淀在支持系统上,形成火灾监测评价应用系统。在本项目总体组装统一调度与安排下,开展综合试验和试运行服务。

3. 按项目统一规范、标准和进度要求,以及有关的约束条件,安排和开展本课题的各种工作,包括建背景库、模型研究及技术方法攻关,综合试验和试运行,在西南重点林区选择两个典型试验区,除宏观监测外,一切模型建立和研究均在典型试验区内进行。

4. 充分发挥各参加单位现有技术系统作用,逐步集成到技术支持系统上去。

5. 火灾遥感监测评价综合试验和运行的工作流程:在全国火灾危险程度分区评价基础上,利用气象卫星及背景库在专家系统支持下,对火灾多发和危险地区进行(火灾高发季节)逐日监测和早期报警,及时准确地判断灾害的发展,严重程度及分布地区,然后,据灾害的级别和减灾的需要,利用陆地卫星或尽可能地将具有高精度定位、全天候作业和快速响应能力的灾害遥感飞机系统,派往火灾现场,通过遥感数据传输系统,将飞机获得火灾实况传到火灾分析处理中心和各级减灾指挥机关,这些数据与事先建好或快速建成的各种数据库中的数据匹配,并通过研制的各种分析评价模型和减灾辅助决策模型加以综合分析处理,提出对策方案,供各级指挥机关参考、选用,使灾害达到最小程度。在火灾后相当长的一段时间里,用各种遥感技术手段(主要是 TM)进行更新及火灾对生态环境的影响和恢复状况监测,以评价各种减灾措施的生态效应。子专题分解,见下表:

85—724—01—03专题分解表

子专题名称	起止年限	考核目标	攻关内容
(1)林火分类分级标准和全国林火灾害危险程度分区评价	1991—1993	建立分类分级标准和火险分区评价	确定分级依据和危险程度划分原则
(2)西南林区等火灾背景数据库及危险区划分	1991—1992	建立1:50万林火背景数据库,包括森林分布图、交通、地形、土地利用、气候、社会经济数据等在林火高危险区输入1:5万林相图和各种数据	提出基于物理和数学的危险区划分模型
(3)林火卫星遥感监测及早期报警技术	1991—1993	提交林火卫星遥感监测及早期报警技术方法和软件系统	(1)亚像元火点识别 (2)建立专家系统提高火灾报告准确率 (3)火场图像增强技术

(续)

子专题名称	起止年限	考核目标	攻关内容
(4)森林火灾红外遥感快速监测分析判读技术	1992—1993	提交成套技术方法和软件	火灾与生活生产用火的鉴别技术
(5)林火行为损失评价及成灾辅助决策模型	1991—1993	提交相应应用模型和软件	(1)林火行为动态仿真 (2)对各种遥感图像火损面积估算,重点区进行面积、蓄积损失估算
(6)森林火灾后生态变化遥感监测评价技术	1992—1993	提交成套技术方法和软件	(1)研究基于遥感资料的表达更新过程模型 (2)用遥感资料评价环境变化的方法和标准
(7)森林火灾遥感综合试验	1993—1995	每年利用气象卫星进行火灾宏观监测并根据需要进行大型试验并提交作业方案技术规程,完成考核目标	(1)24小时进行快速林火应用系统的联调运行 (2)与现有系统的协调

四、考核目标

(一)数据库及图

1. 绘制1:400万全国林火灾害危险程度分区评价图。
2. 建立1:50万西南重点林区火灾背景数据库,包括森林分布图、地形、交通、土地利用、气候和社会经济数据等。
3. 在林火高危危险区(试验区)输入1:5万林相图取代森林分布图。

(二)响应时间

1. 收到林火航天遥感图像1—2天内给出火灾损失的初步报告。
2. 两周内提出详细报告。
3. 精度:①林火报准确率80%;②初步报告中面积和程度分级精度85%以上;③详细报告中面积和程度分级精度90%以上,蓄积损失精度85%以上。

五、主要成果

1. 提交1:400万中国森林火灾危险分区图;1:1200万中国森林火灾损失分区图;1:2000万中国林火成因分析图;中国林火发生季节分析图;中国森林火灾危险程度图;中国历史森林火灾分布图。
2. 提供1:50万重点林区火灾背景数据库;1:5万高发区(试验区)背景数据库。
3. 林火早期发现,快速评估运行系统。
4. 红外遥感火灾识别技术。
5. 灾后生态环境评估方法与软件。

6. 已发表论文20篇。

7. 研究报告及文集一本。

六、森林火灾遥感研究技术进展

森林火灾的研究在我国已有不少年,涉及火灾各个侧面的论著不少,但是从遥感角度系统地研究还不多见,攻关课题的优势在于可组织协调各方面的专家,从一个比较大的规模去系统地研究。通过全体攻关科研工作者的协同工作,课题已顺利完成并且显示出在以下方面有了进展。

(一)系统地研究了森林火灾全过程

研究的系统性体现以下几个方面:

1. 本次研究从火灾的危险预报→火灾的早期发现→火场仿真→快速评估(航天、航空)→灾后生态评估,都有所涉及。现将与研究内容相对应的研究论文及主要进展叙述如下:

(1)林火危险预报

A. 林火危险区的区划 摒弃了分层套迭的传统作法,而是用综合评判和得分的办法按格网编图,便于数据更新,同时在GIS支持下进行了区划方法的研究(见论文1—4)。

B. 在林火危险预报方面首次提出了直接用航天遥感数据估测枯落物量的思路和方法,并用马尔柯夫随机过程和自回归方法宏观地分析了西南地区林火的规律,还对森林火灾与厄尔尼诺现象的关系进行了初步探讨(见论文11)。

(2)火灾的早期发现

用专家系统的知识,在背景库的支持下,使森林火灾的遥感预报水平有了很大提高(从10%提高到80%),解决了林火与非林火的界定问题(见论文5—10)。

(3)火场仿真与快速评估

A. 采用容易获取的因子对林火蔓延构成综合指标,并以背景库为依托,可及时显示火场状况、反应迅速,为组织扑救提供了依据。在GIS支持下建立模型并用数字反演技术,对林木死亡率,火灾面积提出了及时的较准确的估计方法,为专题的快速评估提供了依据(见论文14—18)。

B. 机载红外遥感技术在快速评估中有着不可替代的作用,本次研究中所采用的AADS—1268多光谱扫描仪数据用于林火监测对于我国林业尚属首次,它可测定 $0.3\text{m} \times 0.3\text{m}$ 的火点。所采用的火—热特征模型和快速判读分析技术,颇具新意,而且有效(见论文12—13)。

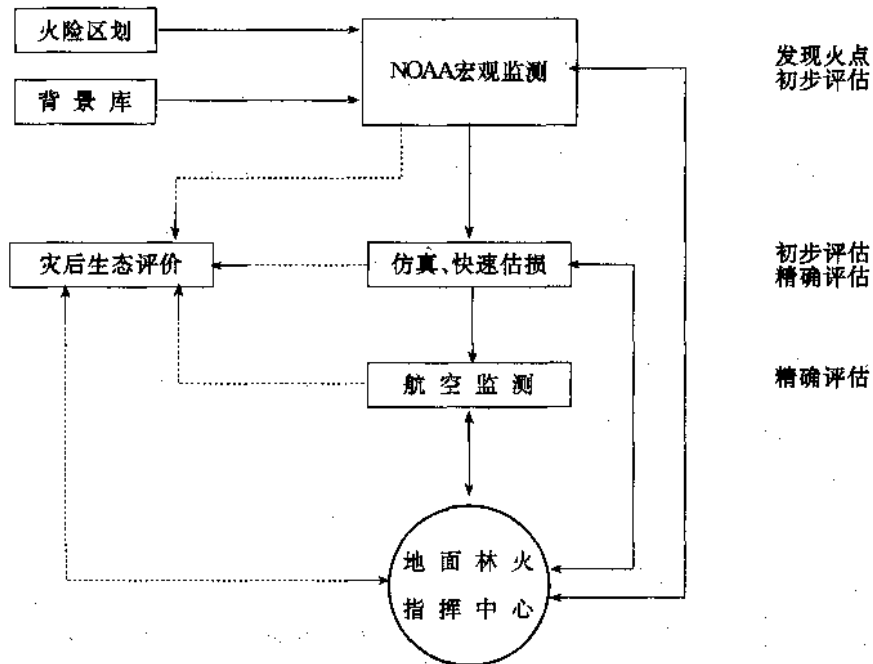
(4)灾后生态评估

用植被指数方法代替传统的野外调查,提出了遥感动态监测森林生态环境(森林火灾后)变化、评价的模型,填补了我国在这方面研究的空白,很好地把握了林火、生态环境变化和更新,用遥感和模糊评判的方法给予概括(见论文19—23)。

2. 专题完成了地面→航空→航天多平台监测体系,实现了从微观→宏观的林火监测研究。

(1)专题的设计充分体现了航天、航空相结合的建立不同层次林火监测体系的构想,即在森林火灾高发季节,实行航天遥感的24小时监测,一旦发现火情即立刻定位,进行初步评估,然后派有快速响应能力的飞机获得进一步信息以便详细评估,在此过程中将随时与指挥机关配

合使火灾损失达到最小,具体构想请参考下面的框图。



据课题完成情况已全面实现了上述目标。具体保证指标如下:

①NOAA 宏观监测在背景库支持下,可识别小于 1hm^2 的林火,经1994年和1995年试运行验证,林火报准率已达80%。

②火场仿真既能对林火作出迅速反应,又可依照林火发生发展的先后顺序全过程动态地展现在林火扑救指挥者面前。林火强度、蔓延趋势的显示为扑救林火路线选择提供支持。

在GIS支持下,结合信息提取技术可准确估计出火损面积、蓄积。精度达到95%和85%。

③航空监测的研究可识别 0.09m^2 的火点,这是保证准确评估的基础,况且本专题研究了校正、图像处理和面积统计的一套方法。为准确评估打下了基础。

④灾后生态评估 据现地16块火烧迹地对本专题所提出的方法检验结果,表明完全符合实际,达到攻关要求。

(2)本专题从微观到宏观系统地对林火进行了研究。这在以前因缺乏研究手段,使研究者感到十分困难,而这次研究从 0.09m^2 火点识别研究→几十公顷的火后生态评价→一个省的火灾趋势分析→90万 km^2 火灾背景库的建立→全国火灾危险区划→与全球厄尔尼诺现象的相关分析,在整个系列研究中无一不体现模型与遥感手段相结合方法之所在。

(3)各种信息源在监测过程中,充分发挥其优势,形成了有机的整体,实现了对林火监测。

①NOAA 的时效性,是其它数据无法比拟的。实践表明,只有 NOAA 数据才能对瞬时即变的灾害起到即时监测。实践证明 NOAA 数据加上本专题形成的一套处理技术可以保证不遗漏公顷级以上的林火。

②TM 影像,以其丰富的信息量为精确评估和生态恢复监测提供了支持,在本专题所提供的技术保证下,其对火损的估计可达合同要求,对生态恢复的评估与现地相符。

③11波段扫描系统及其图像,其机动性和准确性已是不言而喻的,而且其波段设置也覆盖

了 TM 和 NOAA 的波段范围,信息丰富,十分匹配,为遥感资料的配合使用提供了方便。

(二)遥感方法在林火监测中应用有了新进展

如上所述,在本次系列研究中广泛地采用了遥感方法和数据,从而使火灾的研究拓宽了视野,使高科技进入了火灾监测领域,提高了监测水平,同时也使遥感本身得以发展。

1. 智能化的林火信息提取技术,兼有图像处理 and 专家知识并将定性与定量因子相结合。

(1)关于 NOAA 数据的林火信息增强方法归纳如下:

①3、2、1三通道数据分别线性拉伸可得到满意结果。

②3、4通道的线性组合,可以抑制裸地反射对火点的干扰。

③用3通道值求地表温度,生成热图像的转换计算应考虑光学路径纠正和该值的饱和问题。

④给出了用三通道值空间变化异常和时间变化异常识别地面亚像元的判别方法。

⑤专家系统的应用和背景库的支持改善了林火识别精度。

(2)关于 TM 影像的森林火灾信息提取方法

①本研究提出了两种线性组合方案从而达到拉大火区与背景差别,并达到减弱植被信息和湿度信息干扰的目的。

②在灾区内为了区别灾害程度,采用了似然差分法和植被信息法。

③因采用了上述方法使灾害损失面积估计精度达95%以上;烧死率的研究使得蓄积估测精度更加符合实际。由于本项研究奠定了 TM 图像在精准评估火损中的地位。

(3)航空热红外图像火信息的提取技术

这方面的技术,特别是针对林火的信息提取是初步探索,但也归纳出了行之有效的办法,要点如下:

①为划分各物体,避免众多物体的记录值达到饱和,最好选择夜晚和黎明飞行。

②在分离地物的过程中依靠多波段信息间的计算是非常有效的。

③通常10和通道9的差值计算,可作为区分火、热点的依据,并提出了修正系数法。

④热红外、近红外与可见光波段的比值图像组合,便于火损评估。

⑤本专题提出了一套快速分析方法为快速准确评估打下了基础。

实践表明上述方法是行之有效的。

2. 遥感数据与火灾参数的相关分析,为遥感应用拓宽了道路,在灾害损失评估、生态变化评估以及可燃物堆积等研究中都采用了遥感数据与火灾参数的相关分析。

(1)在灾害损失评估研究中,利用遥感数据的增益原理与火灾痕迹的相关分析,从而找到由遥感数据估计火灾损失面积的有效方法。在研究火灾损失率中,用灾后单时相 TC 变化后的 TC2图像很好地解决了灾害像元比率求算,从而实现了定量化评估。达到合同要求,这是一个进步。

(2)在灾后生态评估中,以森林光谱特征为指导,找出不同时相遥感图像上的影像特征(形态、结构、色调、灰度)变化与常规调查数据的相关性,证实了 TM 图像对森林火灾后生态变化的趋势和动态特征反映有较强的敏感性和可靠性,因而通过用遥感数据作出的植被指数和比值,导出了监测评价灾后生态变化的方法。

(3)在估计森林内地被堆积物的贮量时,基于以往的研究,通过建立遥感数据(多波段密度

值、比值项及某些遥感可判读因子)与森林蓄积量的相关关系,进而据生态学知识,由干材与叶重的关系求出叶重,找到推算枯落物贮量的方法。

(4)在机载多波段扫描探火研究中,建立了扫描数据与地面火点的关系式,从而很容易识别出小林火、大林火、炼铁厂与其他地物,并可显示出来,使温度异常值和图像相对应。

上述工作为航天遥感数据在林业中应用进行了有意义探索,开拓了领域,有些工作是开创性的。

(三)在数学模型和计算机技术应用方面的进展

1. 众多数学模型的应用使得本项研究工作向量化迈进进一步。学科中定量因子、模型的广泛应用标志着学科的进步,而在本次研究中,研究人员在这方面作出了许多努力,并取得丰硕成果,充实了遥感应应用理论的研究,并为遥感在林业中的应用拓宽了道路。

①在林火蔓延机理研究中,采取在计算方向上求其分量再进行非线性拟合求算的方法,用状态方程建立了林火行为的系统模型,不仅便于预测和仿真而且可以实时地调整系统,并对著名的 Rothermel 模型进行了修正,避免实际应用时需大量输入参数之繁琐,加入了经验公式,使其更为实用。

②在火险区划中建立了火险指标有权累加模型,有效地表达了数据库中数据所隐含的火险情况空间分布。

③林火灾后林木死亡率的估测建立在林火行为特点和林分状况的基础上,在林火强度给定的条件下,估计烧焦高度,得到不同烧焦高度的林木株数分布模型,再由不同烧焦高度林木死亡率估计全林林木的死亡率,其研究成果对林火后的林木更新具有现实意义。

④在灾后生态评价中,采用多层次模糊综合评判的方法建立了火灾后生态环境综合评判模型,反映迹地更新的总体效果和生态变化的最终可能趋势。继而引入时间序列建立了动态评估模型。

⑤在火险预报中,建立了立木蓄积求算叶重的关系式并建立枯落物随时间积累模型,为预报某地区的火险提供了定量的依据。

⑥在航空热红外图像研究中,建立了火—热模型,考虑了多波段信息组合,并构造了反映地物分异程度的线性和非线性修正系数,从而使模型更符合实际,由此模型所得到的 FWB 图像可快速估算火点面积。

2. 计算机技术在林火监测中的进展

①在林火仿真研究中,应用栅格化属性数据,基于火蔓延过程的外延特性和最快路径特性,提出了边界外延算法,并在数据结构,过火标志设立和边界栅格鉴别,地形因子及背景显示等方面都作了精心安排,对于同一区域的多点火源也能同样进行计算和蔓延显示。

②在火灾报警系统的研究中,提出了人工神经网络模拟林火模型的思想,并在利用 NOAA/AVHRR 数据的基础上给出了网络的拓扑结构及林火数学模型,构造了基于人工神经网络的专家系统,给出了知识获取算法及推理机制。专家系统的正确使用以及背景库的支持大大提高了林火报准率。

③林火背景库是林火预警评估的重要依托。该项目入库数据是最新科研成果,包括几十种与林火有关的空间数据和属性数据,采用 1:50 万双标准纬线正轴等角圆锥投影,覆盖西南林区 90 万 km^2 的面积,占用 60M 贮存空间。因原始资料不整齐,再处理工作量大,数据量超过微机

处理负荷,增加数据库管理软件的设计难度。此外还制作了1:5万的林火高发(试验)区的背景库。

本专题背景库具有小系统处理大数据的优化设计方法与特点,自行开发研制一整套数据库管理软件系统使得本库具有连通不同格式数据与多图操作、多方位查询等特色。

④提出了一个新算法有效地解决了遥感数据在微机 VGA 卡上的彩色合成显示,与25-bit 真彩色卡显示的三波段合成图像效果近似,但成本极低,在本项目中 NOAA 数据的显示处理部分得到良好的应用。

此外,在实际应用中,为了快速显示和保存显示结果,还开发了生成 RGB 彩色文件的程序,它可将三波段数据变成一波段进行彩色显示,节省磁盘空间。

(四)形成了一个运行系统

“八五”攻关项目要求每一个专题必须提供一个可运行可操作的系统,本专题从框架设计、方案制定、系统集成以及综合试验和试运行无一不是围绕这一目标。

1. “应急方案”体现了可运行系统的思想。灾害一般都是突发的,因此在接受“八五”攻关任务时就随时有“应急”的考虑。课题总目标对各灾种要求1—2天内提出初步损失评估报告,2周后给出详细报告,显然现在的系统是可以随时启动的。在当时的“应急”状况下,在本系统尚未研制成功时,仍然按航天、航空两个层次在信息源、数据处理、快速评估方法及内容,和组织调度方面作出了具体安排,编写了“应急方案”。1995年5月31日西藏江达县发生林火,本系统快速启动二天之内,向国家科委提交了评估报告,为国家正确估测火灾形势提供有力支持,体现了本专题“应急”的指导思想。

2. 可运行系统深层内涵是准确、无误,而不仅限于可快速启动。本专题所提供的系统是有较雄厚的基础研究作依托的,所以才能有效、准确地进行评估,例如:本专题的早期报警技术软件经两年试运行报出168场火,实践表明林火报准率已达合同要求,是一个可运行可操作可以信赖的软件。该软件是在研究了林火专家系统识别技术,火场图像增强技术,以及亚像元火点识别技术后形成的。同样本专题的背景库、灾害评估、生态评估软件都具有这些特征,是一个可靠的运行系统。

3. 建立了一系列指标体系。一个完整可运行、可操作体系。建立一整套指标体系是不可缺少的一个重要方面。

①在林火行为研究中,考虑到容易获取,定义了温湿系数、可燃物系数、地形系数,这些都是在参考前人研究的基础上进行了修正或结合本区情况进行了拟合,实践表明这些指标的确定和应用使模型更符合本区情况,程序运行更可靠。

②改变了以往用火行为因子中的蔓延速度和林火强度估测平均烧焦高,再用平均烧焦高来估测林木死亡率的方法,而是通过建立两类关系:A. 不同烧焦高度级的林木被烧株数分布,B. 用不同烧焦高度级的林木死亡率。根据这两种关系进一步求出各烧焦高度级上的林木死亡株数;来得出林木死亡率指标。

③在生态环境评价中,从容易获取和遥感数据可及的众多因子中筛选出了林分、土壤、地形和林木受害程度的4个方面有制约性的8个主导因子作为生态监测评价因子。

结合本区的实际情况和多年的经验确定了评价标准。

4. 在1:400万全国林火危险分区评价研究中,从6大要素各分3个等级的指标体系,计算出

每一个网格的综合得分值然后表示在一张图上,进行了林火危险区划指标综合的空间表达,兼顾林业和遥感两专业特点,此项工作利于林火灾害分区与中国综合自然灾害区划接轨。

七、西南林火状况浅析

本专题背景库所覆盖西南林区是西南重点林区,而且基本上是林火危险大的区域。本专题主要研究区在本专题所作的火险区划中分别属于下列区域。

N_{A9} 南盘江用材林火险性大亚区;

V_{A24} 横断山水源林用材林森林火险性大亚区;

V_{A25} 滇西南用材林经济林森林火险性大亚区;

V_{A26} 高山峡谷水源林用材林火灾危险性大亚区。

由此不难看出这是我国西南重要林业基地,还是许多珍贵树种的生长地,许多地方交通不便,因此火灾的防范监测就格外显得重要。在本区由于冬旱(V_{A24})、春旱(V_{A25})、焚风(V_{A19})和处于雷击带(V_{A24}),加上本区众多少数民族的耕作习惯,所以本区火灾极为频繁。1986年3月下旬—4月,云南安宁青龙寺和玉溪市刺桐关先后发生两起森林火灾,受害面积200多 hm^2 ,共出动1.5万多人扑火,直接损失300多万元,扑火人员被烧死80人,烧伤近万人。

在云南省森林资源丰富的中甸,据1976—1989年资料统计共发生林火8500次,总过火面积36000 hm^2 ,年均受害2400 hm^2 ,年均损失4750万元,四川省金川县1980—1986年的7年共发生林火92起,烧毁幼树69430株。1984年3月21日、22日云南腾冲县连续发生4起林火,由于地势险恶,连续6夜6天才扑灭,共损失111.56万元。

这些事实令人触目惊心,在1994—1995年系统运行期在本区每天NOAA图像上看到的火点多如天上的繁星,光挑选出大的就报出近170场火。

西南地区是我国森林宝库,却烽火连天,扑救条件比较恶劣,无疑本监测系统责无旁贷,将为西南地区林火监测作出贡献。

八、效益及前景

据统计我国每年平均森林火灾15000起,其中重大、特大林火100多起,平均受灾面积为100万 hm^2 ,按每公顷火灾损失20 m^3 ,每立方米木材150元计算,每年由森林火灾造成的直接经济损失为30亿元,如果以此为基数,通过准确及时的林火遥感监测评价和减灾辅助决策使火灾损失减少10%,每年其经济效益即为3亿元,无疑本专题提供的运行系统可为减灾作出贡献。所建立的一系列模型和方法将为林火的深入研究提供支持,填补了某些研究的空白,充实了遥感应用理论。森林资源是国家的主要自然资源,与国家建设和人民生活息息相关。众所周知,林业是农业丰收的保障,林业的稳定发展对保证农业发展、社会稳定和我国经济战略目标的实现都有十分重要的意义。

森林资源不仅可为国家经济建设,人民生活提供各种林产品,而且对保持生态平衡、防风固沙、防止水土流失、水源涵养、改善人民生活环境都有重要意义。森林火灾的发生不仅会造成直接经济损失,而且会破坏生态环境,因此,森林火灾的遥感监测和分析评价,将减少火灾损失,保护生态环境,并有助于灾后灾区生态环境的恢复和重建。本系统虽然重点是西南林区,但

在其他地区也有指导作用和实用价值,如1994年红花尔基(内蒙古)大火的预报,1995年昆明郊区大火的预报评估,黑龙江大杨树大火,特别是1995年5月31日对西藏突发林火的监测都是成功的。

结 束 语

1991年在写可行性报告时的情景就像在昨天一样,当时对本专题的轮廓还是模糊的,结果是未知的,今天可以在此宣布:专题已经全面、高质量地完成了,这是4年多来主管部门、上级课题的指导和关怀,特别是全体专题参加人员通力协作的结果。

专题人员不计报酬,夜以继日地工作;在崇山峻岭中冒雨收集第一手资料;查遍千百篇文献;建立起可靠、科学的方法和模型,留下了宝贵的精神财富。

专题为提高研究水平,组织了3次与飞行器同步火烧试验,组织专题工作会4次,在这些活动中各单位努力协作,积极想办法、出主意,使工作顺利进展,如在火烧试验中,采用自制温差电偶测定火场温度梯度变化;用生物电流计测定树木生存状况;跑遍北京,借来红外温度测定仪,用于火场温度测定,……这些都为课题组织和友好协作留下了难忘的记录,为今后合作打下了坚实的基础。

在此,中国林业科学研究院资源信息研究所、中国科学院成都山地灾害与环境研究所两个主持单位向所有关怀、支持,为此专题作出过贡献的人们表示感谢。