



中国林业遥感技术与应用发展 现状及建议*

李增元¹ 陈尔学¹ 高志海¹ 章先林¹ 武红敢¹ 夏朝宗²

(1 中国林业科学研究院资源信息研究所 北京 100091

2 国家林业局调查规划设计院 北京 100714)

摘要 文章从森林资源、荒漠化、湿地、灾害和生态工程等方面总结了我国林业行业遥感技术及应用的发展现状,结合国家需求与行业发展,提出了我国未来林业遥感发展的几点建议,即大力推动林业遥感卫星、航空遥感平台、林业遥感信息产品标定与真实性检验场、林业遥感综合服务平台等天、空、地一体化应用体系的建设,加大林业遥感应用研究投入,不断提升林业遥感的应用水平。

关键词 林业遥感,遥感技术与应用,森林资源,遥感监测

DOI:10.3969/j.issn.1000-3045.2013.Z01.016



李增元研究员

1 引言

林业是我国最早应用遥感技术并形成应用规模的行业之一。早在1954年,我国就创建了“森林航空测量调查大队”^[1],首次建立了森林航空摄影、森林航空调查

和地面综合调查相结合的森林调查技术体系。1977年,利用美国陆地资源卫星(Landsat)MSS图像首次对我国西藏地区的森林资源进行清查,填补了西藏森林资源数据的空白^[1],这也是我国第一次

利用卫星遥感手段开展的森林资源清查工作,相关成果获1978年全国科学大会奖。

20世纪80年代初期,林业行业成功研制了遥感卫星数字图像处理系统,研究了森林植被的光谱特征,发展了图像分类、蓄积量估测等理论和技术,并在“七五”、“八五”期间完成了我国“三北”防护林地区遥感综合调查^[2],开展了森林火灾遥感监测技术研究。20世纪90年代中后期,随着对地观测技术的迅猛发展,林业遥感也从小范围科研和试点应用,发展到了林业建设中的各个领域的大规模应用,为森林资源调查与监测、荒漠化沙化土地监测、湿地资源监测、森林防火监测等提供了大量的对地观测信息,为国家适时掌握林业资源的状况及变化情况提供了可靠的技术支撑。为适应新时期林业对遥感技术的应用需求,“十一五”期间开展了国家林业科技支撑计划重点项目“森林资源综合监测技

* 收稿日期:2013年4月2日

术体系研究”,较为全面、系统地针对林业资源-灾害-生态工程开展了综合监测技术研究^[3]。

本文在系统总结我国林业遥感技术及应用发展现状的基础上,根据《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020年)》、《林业发展“十一五”及中长期规划》、《全国林业信息化发展“十二五”规划(2011—2015年)》、《全国林业信息化建设纲要(2008—2020年)》等相关文件的精神,结合国内外相关技术发展趋势及前沿科研动态,对我国未来林业遥感技术与应用发展提出几点建议。

2 我国林业遥感技术与应用现状

2.1 森林资源遥感调查

传统的国家森林资源连续清查(简称一类调查)业务是以抽样理论为基础,以地面调查为主要方法进行的。1993—1997年,由联合国开发计划署(UNDP)援助的“中国森林资源调查技术现代化”项目,在现行的国家森林资源连续清查基础上,建立了以航天遥感技术为主要信息采集手段的全国森林资源监测体系。该体系采用中等空间分辨率卫星遥感数据(Landsat-TM/ETM+数据),遥感监测与地面调查技术相结合的二阶抽样遥感监测体系,通过统计方法估计出全国森林资源数据,并通过区划形成森林资源分布图。在1999年开始的第六次和2004年开始的第七次全国森林资源连续清查中,遥感得到全面的应用,在体系全覆盖、提高抽样精度、防止偏估等方面起到了重要作用^[4]。针对国产卫星遥感数据,国家林业局在2000年、2003年分别启动了CBERS-01、CBERS-02 CCD数据的森林资源清查示范应用项目,相关技术成果在2006年的西藏和新疆森林资源清查中得到了全面推广。

过去我国森林资源规划设计调查(简称二类调查)主要以航空照片和地形图为参考,制作外业调查手图,通过现场勾绘等手段完成林相图区划。自2003年起,我国很多省区相继应用SPOT5数据进行了森林资源二类调查试点^[5]。目前,遥感在二类

调查业务中主要用在林相图区划上,绝大多数的小班属性因子,如林分树种组成、平均优势高、蓄积量等仍需通过外业样地调查采用统计估测方法得到。

遥感在森林资源调查业务应用的同时,技术研究也取得可喜进展,主要体现在以下几个方面:

我国自“八五”开始尝试将SAR应用于森林资源信息提取方法的研究,这期间利用单波段、单极化星载SAR数据,建立了后向散射系数与森林参数的经验关系模型^[6],实现了森林类型分类专家系统^[7]。“九五”期间建立了植被主动微波非相干散射机理模型,发展了基于多时相、多频星载SAR数据的森林分类方法。“十五”期间,突破了星载SAR定位、正射校正、地形辐射校正等预处理关键技术^[8,9],在InSAR、极化干涉SAR森林信息提取模型和方法上也取得了初步进展^[10-12]。“十一五”期间,科技部加大了SAR林业应用相关科研经费投入,中欧合作“龙计划”项目一期于2004年启动,向国内SAR科研机构免费提供星载、机载SAR数据,促进了极化SAR林业应用技术的研究,特别是极化干涉SAR森林树高定量反演模型得到深入发展^[13,14]。“十二五”期间,呈现出向多维度机载SAR森林垂直结构信息反演及星载SAR大区域森林信息制图方向发展的趋势,重点研究了极化相干层析(PCT)、多基线InSAR层析技术,提出了将极化干涉SAR分割与PCT相结合估测林分尺度森林地上生物量的方法^[15,16];进一步发展了星载SAR地形辐射校正自动化处理方法^[17],实现了大区域海量SAR遥感数据的自动化定量处理;进而研发了综合InSAR和MODIS数据的森林蓄积量区域估测方法^[18]和分别基于ENVISAT ASAR和ALOS PALSAR数据的大区域森林覆盖制图方法^[19,20]。

我国于“十五”初期开始激光雷达林业遥感应用研究,这期间主要集中在星载大光斑激光雷达信号的理论模拟^[21,22]及森林垂直结构参数估测方法的研究和验证评价^[23]。2006年以来机载小光斑激光雷达林业应用研究增多,发展了基于激光雷达数据估测森林平均树高、郁闭度、蓄积量和地上生物量



的方法^[24-28],建立了单木树冠机载小光斑激光雷达波形数据的正向模拟模型^[29];提出了综合应用地面样地调查数据、机载激光雷达数据、星载波形激光雷达 (ICESat GLAS) 数据与光学遥感数据 (MERIS、MODIS) 等多源遥感数据制作大区域连续覆盖森林地上生物量分布图的方法^[30]。

“十五”期间还开展高空间分辨率、高光谱分辨率光学卫星遥感林业应用研究。2003年高空间分辨率卫星影像写进森林资源规划设计调查规程,促进了高空间分辨率卫星遥感技术的研发,相关研究主要包括蓄积量估测^[31]、树冠信息的提取方法^[32-36]、SPOT5影像用于小班区划的方法^[37],并研发了基于高分辨遥感数据的小班区划系统^[5,38]。高光谱应用方面,主要开展了星载高光谱遥感数据预处理^[39],森林类型遥感识别方法^[40,41],基于统计模型的森林郁闭度和叶面积指数 (LAI) 估测^[42,43],森林叶绿素含量的几何光学模型反演^[44]和机载高光谱数据优势树种识别技术^[45]等方面的研究。

2.2 荒漠化与沙化土地遥感监测

遥感技术作为荒漠化监测和评价的重要支撑技术,其在荒漠化监测领域的应用及研究大致经历了以下3个阶段:

沙漠化遥感制图阶段(1994年之前):1977年在内罗毕召开的联合国荒漠化大会后,荒漠化问题开始得到国际社会的广泛关注。在我国,以朱震达为代表的沙漠科学家从20世纪80年代开始研究中国的荒漠化问题——沙漠化,在制定沙漠化监测指标的基础上,利用有限的航空照片、Landsat-MSS/TM卫星相片的目视解译与地面调查相结合的方法进行我国的沙漠化制图,并形成了完整的沙漠化制图技术流程^[46-48]。这一时期遥感在荒漠化研究中应用只是简单地相片目视解译,但这说明遥感技术很早已应用到我国的荒漠化研究领域。

荒漠化遥感监测阶段(1994—2000年):90年代初的《联合国防治荒漠化公约》谈判,使我国对荒漠化的概念和内涵逐步有了新的认识,开始了更加综合化的荒漠化研究。我国政府于1994年开始组

织实施了第一次全国范围的荒漠化和沙化土地普查,共使用Landsat-TM卫星影像数据216景,首次编制了全国荒漠化土地分布图,获得了较准确的荒漠化面积和分布数据。首次全面系统地查清了全国沙漠、戈壁及沙化土地的类型、面积及其分布状况。但遥感技术在全国荒漠化监测中的应用仍然以目视解译为主,其解译过程受人员经验的影响较大,很大程度上影响了监测的精度。

荒漠化定量遥感信息提取研究阶段(2000年之后):为满足荒漠化监测对荒漠化土地特征参量定量数据的需求,2000年之后,荒漠化特征信息遥感定量提取技术研究逐步成为荒漠化领域的研究热点。荒漠化作为一种代表土地生物生产能力长期下降的土地退化过程,它至少包含植被退化和土壤退化两种过程。在荒漠化地区植被稀疏、地表强烈异质和破碎化,植被信息探测的难度很大,提高遥感探测低覆盖度植被的能力是荒漠化地区植被遥感面临的重要问题。干旱地区土壤背景亮度的空间变化对利用归一化植被指数 (NDVI)、土壤调节植被指数 (SAVI) 和修正的土壤调节植被指数 (MSAVI) 等植被指数提取稀疏植被信息能力的影响都很大^[49],考虑蓝光波段信息的抗大气植被指数 (ARVI) 明显好于 NDVI 与 SAVI,利用光谱更加精细的高光谱数据构建的植被指数,能一定程度降低土壤背景的影响,估测稀疏植被覆盖度的能力显著优于基于多光谱数据构建的植被指数^[50]。混合像元分解法作为解决像元混合问题的工具,对于植被高度异质、“端元”界限相对明显的干旱地区植被信息提取有良好的应用前景,研究表明,利用全受限混合像元分解模型得到的荒漠植被分量能准确地刻画地表稀疏植被的真实覆盖情况,其偏差不超过5%^[51],近几年研究的“端元”自动选择方法,使混合像元分解法的实用性大大提高,对生产稀疏植被信息遥感产品更为有利。土壤特征退化是荒漠化过程中土地生产力下降的根本性特征。在特定的光谱范围,土壤有机质、全氮、粒度组成等土壤特征参量与土壤光谱反射率存在较强的相关性^[52]。荒漠

化土地土壤独特的波浪型光谱曲线,其主要特点是在可见光和近红外的500—900nm光谱范围存在一个明显的弓形突起区,其对提取土壤有机质信息有实际意义^[53]。另外,荒漠化地区的稀疏植被覆盖条件,也为通过遥感定量反演荒漠化土地的土壤特征参量提供了有利条件,吴俊君等运用自主的BJ-1多光谱数据,成功反演了内蒙古浑善达克沙地区域的土壤有机质^[54]。荒漠化信息遥感提取研究工作的深入必将推动我国荒漠化监测和评价向完全量化转变。

我国利用FY、MODIS、NOAA等低分辨率遥感数据开展了沙尘暴应急实时动态监测,以实时掌握沙尘发生、发展的态势;并基于能量与水平衡监测,通过实时接收的FY-2C卫星数据客观、准确、经济地得到我国全区域的降水、气候湿润和土壤湿润情况,对受土地荒漠化影响地区的自然环境指标进行全天候、全覆盖和定位、定性、定量的连续性监测,监测全国陆地干湿状况,分析荒漠化变化趋势和原因。

2.3 湿地资源遥感监测

我国在20世纪80年代初期以芦苇为主要研究对象,开展了植被光谱特征测量分析和湿地生物质资源遥感调查,1985年后开始基于航片和美国陆地卫星数据开展湿地景观结构分析及动态监测^[55]。90年代以来,基于多光谱、高空间^[56]、高光谱^[57,58]和合成孔径雷达^[59-61]等多源遥感数据的湿地监测应用技术逐步得到发展,2000年后呈快速发展趋势^[62,63]。

我国湿地资源遥感监测应用技术研究主要集中在湿地资源类型识别、湿地资源动态变化监测、湿地退化监测与评估、湿地资源动态变化模拟分析等方面。总体来看,虽然发展了各种基于线性、非线性分类器的湿地类型识别方法,但分类结果精度仍不够理想,大区域监测仍然主要采用目视解译的方法;湿地资源动态变化信息获取也仍局限于可见光谱分类与辅助知识相结合的信息提取技术;湿地资源退化监测和评估指标体系不统一,指标缺乏代表性,遥感应用尚不够深入^[63]。

我国曾基于1986年、1996年及2000年3个时期的陆地卫星遥感数据建立过沼泽湿地分布动态解译数据子库(比例尺为1:10万)^[64]。1995—2003年间,国家林业局组织开展了第一次全国湿地资源调查,主要采用地面人工调查的方法^[65]。在2009年启动的第二次全国湿地资源调查中广泛采用了遥感技术,目前已完成全部外业调查和成果鉴定,正开展数据汇总和报告编写工作。另外,2009—2012年间,国内相关研究机构基于美国陆地卫星及CBERS-02B卫星多光谱遥感数据,主要采用目视解译方法,对中国湿地进行了多期初步制图,并对湿地变化、地理特征进行了分析^[66-68]。

2.4 森林火灾遥感监测

早在20世纪50年代,我国林业行业就开展了利用航空遥感技术进行森林火灾监测的技术方法研究。到70年代末、80年代初,美国的Landsat TM、NOAA气象卫星等卫星数据逐步被我国专家学者应用于森林火灾监测方法研究中,并在1987年大兴安岭特大森林火灾(“八七”特大森林火灾)监测中发挥了重要作用。

随着卫星遥感技术和应用技术的发展,我国科研人员不断地探讨利用卫星遥感技术进行森林防火应用技术研究^[69],并取得了许多阶段性的成果。“八五”期间,针对西南林区植被与环境等特点,利用人工神经网络^[70]、专家系统^[71]等新方法监测森林火灾,不仅提高了林火识别精度,而且较好地提高了国内林火的研究水平,缩短了与国际同行研究水平的差距。“九五”期间,科研人员进一步开展了卫星遥感林火监测应用技术研究,如针对重特大森林火灾评估的技术难题,形成了基于NOAA/AVHRR数据的森林大火面积测算方法^[72,73]。“十五”以来,面对国内外不断面世的新型卫星遥感数据,我国学者解决了利用这些新型卫星数据进行林火预警监测的应用技术,如针对新出现的Terra/Aqua MODIS、ENVISAT-AATSR、ENVISAT-MERIS等卫星数据林火预警监测应用技术需求,解决了林火预警监测模型中可燃物类型分类方法、植被因子估



测、小火点自动识别等应用技术^[74-78];利用MODIS数据进行了森林火险预警的应用方法与实践^[79];针对卫星数据林火信息快速提取的技术需求,建立了利用高性能平台林火信息提取的技术系统^[80]。同时,也有人利用视频监控技术进行了森林火灾监测的应用技术研究^[81,82],但由于时效、成本的要求,在森林防火业务运行中仍主要采用气象卫星、MODIS、FY等中低分辨率的卫星数据进行火情监测。

通过近20多年的技术攻关,我国逐步研究形成了基于卫星遥感数据的火情监测应用方法和技术系统,初步建立了基于航天、航空、瞭望台(塔)和地面巡护相结合的林火监测体系^[83];同时,还将全球定位系统、海事卫星技术等应用于我国森林火灾的预防扑救工作中。目前,我国国家森林防火指挥部卫星林火监测系统从1995年应用至今,从单一的NOAA-AVHRR资料到综合应用NOAA、FY、MODIS资料,成为目前国家森林防火指挥部办公室和各省(区、市)防火办森林火灾宏观监测的主要手段,并为扑救指挥提供了可靠的数据和技术支撑。

2.5 森林病虫害遥感监测

1978年腾冲遥感综合试验开启了我国遥感技术监测森林病虫害的序幕^[84]。随着航天遥感技术的发展,“七五”末期和“八五”初期,以松毛虫等食叶害虫灾害为例,广泛开展了针叶损失率、松针生物量以及灾害程度等遥感监测方法的研究,充分证明当森林植物遭受病虫害侵袭时,其叶绿素、水分等会急剧下降,叶黄素、叶红素等会提高,必然导致其反射率发生显著变化的遥感监测科学依据,还发展了基于多种植被指数的病虫害信息提取技术^[85-87],并不同程度地应用于生产实践。如1989—1991年大兴安岭十八站林业局等国有重点林区发生了大面积落叶松毛虫灾害,利用Landsat-TM遥感影像与地面调查解译结合的方法,摸清了不同程度危害面积,并对森林病虫害和虫源地发生、发展规律、监测方法等其他方面的应用前景进行了有益探索^[88]。

“八五”后期和“九五”期间,在国家攻关等众多科技项目的支持下,全面地开展了森林病虫害遥感监测预警技术研究,建立了基于单时相、多时相航天遥感数据的灾害信息提取技术路线,引进和消化吸收了航空录像、航空电子勾绘等遥感监测技术方法,初步探索了天空地相结合的森林病虫害监测体系,基于业务主管部门的预测预报、监测、灾害损失评估和决策支持需求,还提出了森林病虫害的遥感、地理信息系统和全球定位系统技术集成应用模式^[89-91]。最近十几年来,着重开展了基于遥感技术的森林病虫害监测专业应用系统的研制,并进行生产性示范,以完善相关监测应用模型和系统的实用性,同时也展示了其指导地面病虫害情况调查的应用潜力^[92-95]。但受数据应急保障等主客观因素的局限,遥感技术(包括航天、航空和地面遥感)还难以满足森林病虫害测报和防治的生产要求,严重制约了相关研究和应用深入开展。

2.6 林业生态工程遥感监测评价

1979年,国家决定在西北、华北北部、东北西部风沙危害、水土流失严重的地区,建设大型防护林工程,即“三北”防护林工程。“七五”期间实施了重大遥感综合应用项目——“三北”防护林遥感综合调查。该项目主要采用航天遥感技术对“三北”防护林地区的森林类型、分布、面积、保存率、草场的数量、质量和分布、土地资源类型分布、数量、利用现状进行综合调查,并建立了防护林生态效益动态监测系统,对防护林的防护效益和不同类型区造林适宜性做出了分析评价,为“三北”地区的综合治理提供了连续可靠的数据、分析资料和图件^[2,96]。2000年以来,国家先后启动了天然林资源保护、退耕还林工程等6大生态建设和造林工程。2004年开始的“国家林业生态工程重点区遥感监测评价项目”利用2003—2011年期间MODIS、Landsat-TM、SPOT5、QuickBird等多源卫星遥感数据,对4个天然林资源保护工程监测区和8个退耕还林工程监测区进行了多期动态监测评价。“十一五”期间,开展了天然林保护工程^[97]、重点防护林工程^[98]和京津

风沙源治理工程监测技术^[99]研究,开发了“国家重点林业生态工程监测与管理系统”^[100]。

2.7 森林资源执法检查

国家林业局利用遥感组织开展的森林资源执法检查工作,主要包括林木采伐限额检查、占用征用林地检查、东北国有林区的“三总量”(林木采伐、木材销售、木材运输,简称“三总量”)检查等。常规检查方法是对抽查的被检单位,采用现地抽查的方法检查森林资源采伐和林地征占用情况,自2005起,国家林业局相继在云南、湖南、辽宁、江西等省采用遥感技术进行了采伐限额检查的试点应用;2007年在黑龙江省进行林地占用征用检查的遥感试点应用;2008年在东北国有林区进行“三总量”检查工作。与传统执法检查相比,应用遥感技术,能全面掌握林木采伐、林地占用征用位置、大小及其分布。特别是对于林木无证采伐、滥砍乱伐、超证采伐以及非法占用林地等情况起到震慑、监督作用,取得了很好的效果。

2.8 其他方面

近些年来,国家林业局还将遥感技术应用于森林资源的开发利用调查,如中俄森林资源合作开发利用规划、赤峰中德森林资源开发、广东桉树纸浆源调查等森林资源的开发项目,遥感数据均发挥了重要作用。在林业灾害监测与损失评估方面,还应用TM、SPOT、MODIS、“北京一号”等遥感资料对病虫害、自然灾害造成的森林资源破坏和损失进行了监测评估。特别是2008年1月南方雨雪冰冻灾害和5·12汶川特大地震灾害,对当地森林资源及生态环境造成了严重破坏与影响。国家林业局应用多尺度卫星遥感数据源,利用现有森林资源档案等数据,结合地面调查,开展了灾害森林资源损失调查评估工作,为及时组织抗灾救灾,灾区恢复重建提供决策依据。另外,在森林公园规划设计、园林工程设计等方面,遥感技术的应用也日益增多。

3 发展建议

加强生态建设、维护生态安全,是21世纪人类

面临的共同主题,也是我国经济社会可持续发展的重要基础。林业是生态建设的主体,履行着建设和保护“三个系统、一个多样性”的重要职能,即建设和保护森林生态系统、保护和恢复湿地生态系统、改善和治理荒漠生态系统以及维护生物多样性。这“三个系统一个多样性”在维护生态平衡中起着决定性作用,在应对气候变化、维护气候安全中发挥着特殊作用,这是新时期国家对林业的定位。

伴随新时期国家对林业的要求和林业自身的发展,对遥感技术提出了更迫切的需求。然而,支撑行业应用的技术发展却相对滞后,不能满足实际应用需求,因此,需进一步加强林业遥感技术与应用系统建设,逐步形成天、空、地一体化的林业遥感应用体系。

下面从3个方面阐述对我国林业遥感未来发展的建议。

3.1 发展林业遥感卫星,增强全球变化与森林火灾监测能力

为从根本上解决遥感数据源问题,国家已经规划在不久的将来发射一系列的民用遥感卫星。但目前还没有发射可支撑我国应对全球变化和国际环境条约履约的全球森林生物量及碳储量遥感监测卫星,以及适合森林火灾蔓延态势连续动态监测的在轨卫星。为加强和完善我国林业遥感应用体系,亟须发展森林火灾监测专用卫星、森林垂直结构参数与碳储量精确测量卫星(陆地生态系统碳监测卫星)。林业遥感卫星的发射将解决我国林业遥感中的诸多问题,更好地服务于林业生产。

(1)发展陆地生态系统碳监测卫星。林业对遥感数据的需求量巨大,但国内现有和待发卫星资源,均不能长期连续提供温室气体和陆地生态系统碳数据,不能提供稳定的业务运行需要。发展林业遥感卫星是开展全球监测,增强我国应对气候变化国际话语权的需要;是开展同步监测,掌握应对气候变化“适应”能力和“减缓”作用的需要;是实现连续观测,弥补国内卫星碳监测能力严重不足的需要;是推动技术发展,迅速赶上国际碳监测先进水平



平的需要。国外发达国家也都特别重视适合森林生物量、碳储量及温室气体排放等和林业生态密切相关的遥感卫星的发展规划。比如,日本计划于2013年再发射一颗L-波段的SAR卫星,特别适合全球森林资源监测;ESA也启动了BIOMASS卫星发射计划论证工作,计划发射一颗P-波段的极化SAR,可用于森林树高、生物量和碳储量的全球监测。另外还有美国的DESDynI计划及学者提出的Carbon-3D卫星发射概念计划等,都将全球陆地生态系统生物量与碳计量动态监测作为主要监测目标。总之,我们有必要设计一颗高光谱和多光谱碳监测光学卫星,“十二五”期间完成发射,形成稳定运行的碳监测业务运行系统;同时积极开展多角度多光谱、波形激光雷达、极化干涉SAR等载荷卫星研究,争取“十三五”期间完成发射,最终实现同时满足陆地生态系统、大气碳监测和主要碳源监测的需要,并为编制国家温室气体清单提供支撑。

(2)发展森林火灾遥感监测卫星。森林火灾监测需要小时级的高时间分辨率遥感数据。目前林火的监测主要依赖FY系列,NOAA气象卫星数据。这些卫星重复周期、覆盖的时段无法满足林火蔓延实时监测。业务监测中的NOAA、MODIS和FY-1D数据虽然每天早晚可各覆盖同一个地方两次,但卫星过境的时间间隔还是太长。目前及未来发射的多数极轨卫星过境时间分布在当地时间7:30—11:00、13:30—15:30时段内,并且上午过境的卫星远比下午过境的卫星数量多,而我国的森林着火时段大都发生在11:00—16:00点之间。因此,急需发射重复周期在10—30分钟,空间分辨率在50m左右的以林火监测为主要目标的凝视卫星。

3.2 建设天空地一体化的林业遥感应用支撑

平台

天、空、地一体化的林业遥感应用支撑平台由国家卫星、航空遥感数据获取平台,行业级航空和地面数据获取平台,国家级多源遥感数据量化处理平台,行业级林业遥感应用综合服务平台等几个部分组成。上文所述的林业遥感卫星是以林业

为主用户,当然也可应用于其他行业的平台,它和国家航空遥感数据获取平台一样都应该属于国家级的遥感平台。无论是国家级还是行业级的遥感平台,都需要在国家层面上进行全面统筹、科学规划,逐步实施。

(1)加强林业航空遥感平台及林业遥感信息产品标定与真实性检验场建设。建议在积极发展林业遥感卫星的同时,应注重林业航空遥感平台的建设,包括有人机和无人机系统。近几年,适合对森林垂直结构进行精细探测的遥感系统,如激光雷达、高分辨率CCD立体成像技术,高空间高光谱成像仪,极化干涉SAR等发展迅速,但主要数据来源仍然是机载遥感系统,特别是我们国家,这些新型数据的应用技术研发、小规模应用还主要靠航空遥感平台获取数据,卫星系统很难在短期形成数据源支撑能力。比如高光谱成像仪,卫星系统上要同时做到高空间、高光谱很困难,机载系统就容易做到。我们应积极推动林业航空遥感平台的建设,开展相关数据的林业应用研究,只有这样,才能在高分辨率卫星数据获取后尽快发挥作用。正如前文所述,林业行业有利用航空遥感的悠久历史;同时,林业行业也有很好的组建航空遥感平台的基础条件。国家林业局在各大林区建立了航空护林站,主要业务是执行防火期的巡护任务及火灾发生后的扑救工作。将林业航空遥感森林资源测量业务与航空护林站的护林主营业务相结合,将可以达到事半功倍的森林资源防护、监测效果。

与传统航空摄影测量系统相比,无人机系统将更容易部署、维护,运行成本也较低。仅就森林防火业务来说,装备了热像仪的无人机按固定航线巡航,有可能在一定程度上替代有人机执行巡航任务。另外,将LiDAR和CCD等遥感系统装备到无人机上,随森林防火巡航过程采集森林资源遥感调查数据,将形成对森林资源的空间抽样测量,可支撑我国大林区完成森林资源的年度调查工作。

要实现卫星和航空遥感数据的量化应用,地面实况数据的采集工作也十分重要。建议逐步建

立起林业遥感信息产品标定与真实性检验场,可与林业生态定位站共享基础设施,利用地面观测平台和先进的地基传感设备,基于现代地面传感网、物联网技术,实现典型森林植被生物物理、生物化学参数及树冠光谱的连续观测,建立起地面实况连续观测数据库,为遥感数据的定量化处理和林业信息的定量反演提供基础数据支撑。

(2)加强统筹,建立国家级多源遥感数据定量化处理平台。遥感数据的精确几何校正、辐射校正等预处理的技术难度大、工作重复性强。林业遥感应用对经过精确几何和辐射校正的高级数据产品有巨大需求。这些产品的生产能力和可靠性是制约林业遥感应用的关键所在。

建议国家统筹全国各部门的卫星、航空遥感数据处理平台,大型计算机资源,基础地理信息数据资源,辐射定标场资源及相关专业人才资源,建立国家遥感数据处理中心,提高定量化、自动化处理的水平和效率,将各级数据产品通过高速网络,以最快的速度推送到行业用户的网格节点。这种模式能最大限度地集中使用保密级别很高的数字高程模型、遥感影像控制点库、遥感正射影像库等基础地理信息数据和遥感数据成果,没有必要每个部门都重复建设。

这种数据中心式的处理模式更容易实现定量化处理。像遥感数据的辐射定标、大气校正和正射校正处理这些工作,需要比较专业的知识和软件工具才能做好,除非是科学研究需求,行业业务运行用户需要的只是经过精确辐射校正和正射校正的产品。美国 Landsat 数据的集中式精处理模式就一个很成功的例子。美国 MODIS 卫星数据的处理和产品生产通过成立专业的科学产品研发组来完成,也是这种模式,而且集中处理工作还包括了地球生物物理、生物化学产品的生产。全球的遥感用户都从这种数据处理和分发模式中得到了受益。

(3)建设林业遥感应用综合服务平台,建立长期的业务化运行系统。目前除林火监测系统应用低分辨率的遥感卫星进行业务运行以外,还没有应

用中高分辨率的卫星建立业务化的运行体系。为实现遥感在各类林业调查和监测业务中的深度和广度应用,形成业务化运行的能力,需要开展一项重要的基础性、支撑性设施建设工作,即林业遥感应用综合服务平台的建设。

该平台应建立面向林业遥感应用的集成环境,整合林业行业中与遥感应用密切相关的各类计算资源、存储资源、数据资源、软件资源和专家资源,形成面向行业提供遥感数据共享服务,并支撑林业遥感应用业务系统开发与运行服务的基础平台。该平台应具有支撑海量遥感数据存储、查询以及基于网格的遥感数据应用处理、产品加工、数据和产品的多层级分发与共享等强大功能。该平台的建设将大力促进森林资源调查、荒漠化和沙化土地监测、湿地资源监测等林业遥感应用业务化运行系统的建立。

3.3 加大科技投入,尽快建立林业遥感应用技术体系

林业遥感应用目前仍以目视解译为主,解译的精度受操作人员经验的影响大,解译结果差异大,影响了监测的精度、效率。森林资源调查、荒漠化监测和湿地监测中植被等地表特征信息提取的技术还不成熟,并且多以半定量为主,极大地影响了定量遥感技术在林业调查和监测业务中的深度和广度应用。林业遥感应用还面临着很多技术难题,比如:森林面积、森林灾害、荒漠化等遥感信息自动提取技术;森林、湿地、沙地等重要生态资源变化自动检测技术;森林树高、郁闭度、蓄积量、地上生物量和碳储量等重要生态参数的遥感反演技术;森林树种(或群落)的遥感分类技术等。

造成以上问题的主要原因,一是对诸如多光谱(如 Landsat, CBERS)、高空间分辨率(如 IKONOS、QuickBird)、中粗空间高时间分辨率(如 NOAA、FY、MODIS)等光学遥感数据尚不能很好地应用。虽然卫星遥感数据源较为丰富,国内也开展了较多的应用技术研究工作,但多数研究还局限于基于经验的影像解译和经验模型的参数估测,所发展的模



型和方法对复杂地表的适应性不强,推广性差,还较难满足林业遥感业务的实际需求;二是一些适合林业应用的遥感器(如高光谱、极化 SAR),我国目前还没有形成业务化的航空、卫星数据获取能力,而这些遥感器又无法通过进口引进,国内用户只能依赖国外卫星平台获取的数据,这就制约了国内相关林业应用前沿技术的研发。由于缺乏系统、深入的针对林业业务的遥感技术研究,至今我国尚未建立完善的林业遥感应用技术体系。一些新的应用领域,比如生态退化综合评价、国家和重点区域生态安全评估等,还没有形成遥感监测的技术指标体系,这无疑严重影响了林业遥感应用技术水平的提高。

4 结语

当前我国林业遥感的主要任务是以森林资源、荒漠化和沙化土地、湿地资源 3 大监测体系和生物多样性为中心,提供信息获取与信息服务的手段,为林业建设决策提供监测和效益评价信息。林业行业应在国家林业资源与生态建设综合监测评价体系建设的基础上,大力推动林业遥感卫星、航空遥感平台、林业遥感信息产品标定与真实性检验场和林业遥感应用综合服务平台等支撑平台的建设,同时加大科技投入,不断完善林业遥感应用技术体系。这将有利于尽快形成天、空、地一体化的综合监测模式,建立林业资源综合监测和评价的业务运行体系,促进我国森林资源、湿地、荒漠化与沙化土地、森林火灾、森林病虫害灾害和重点林业生态建设工程的监测与评价早日形成业务化运行能力,为我国森林资源的管理和保护、林业生态建设管理和决策等提供强有力的支撑。

参考文献

- 1 孙司衡. 迈进新世纪的我国林业遥感. 卫星应用, 2006, 8(2): 43-50.
- 2 徐冠华. 三北防护林地区再生资源遥感的理论及其技术应用. 北京: 中国林业出版社, 1994.
- 3 鞠洪波. 《森林与湿地资源综合监测技术体系研究》丛书.

北京: 中国林业出版社, 2011.

- 4 张煜星等. 遥感技术在森林资源清查中的应用研究. 北京: 中国林业出版社, 2007.
- 5 张煜星等. 基于 SPOT 数据的森林林相图更新技术研究. 北京: 中国林业出版社, 2007.
- 6 李增元, 车学俭. ERS-1 SAR 影像森林应用研究初探. 林业科学研究, 1994, 7(6): 692-696.
- 7 白黎娜, 李增元. ERS-1 SAR 图像森林类型分类专家系统研制探讨. 遥感技术与应用, 1995, 10(2): 69-72.
- 8 陈尔学, 李增元. ENVISAT ASAR 影像地理定位方法. 中国图象图形学报, 2004, 9(8): 991-996.
- 9 陈尔学, 李增元. 基于斜角坐标系变换的星载 SAR 直接定位算法. 高技术通讯, 2006, 16(10): 1082-1086.
- 10 张红. D-InSAR 与 PolInSAR 的方法及应用研究. 北京: 中国科学院遥感应用研究所, 2002.
- 11 李增元, 庞勇, 陈尔学. ERS SAR 干涉测量技术用于区域尺度森林制图研究. 地理与地理信息科学, 2003, 19(4): 66-70.
- 12 李新武, 郭华东, 李震等. 用 SIR-C 航天飞机双频极化干涉雷达估计植被高度的方法研究. 高技术通讯, 2005, 15(7): 79-84.
- 13 陈尔学, 李增元, 庞勇等. 基于极化合成孔径雷达干涉测量的平均树高提取技术. 林业科学, 2007, 43(4): 66-71.
- 14 周广益, 熊涛, 张卫杰等. 基于极化干涉 SAR 数据的树高反演方法. 清华大学学报(自然科学版), 2009, 49(4): 510-513.
- 15 Luo H M, Chen E X, Li Z Y et al. Forest above ground biomass estimation methodology based on polarization coherence tomography. Journal of Remote Sensing, 2011, 15(6): 1138-1156.
- 16 Li W M, Chen E X, Li Z Y et al. Combing polarization coherence tomography and PolInSAR segmentation for forest above ground biomass estimation. IGARSS, 2012.
- 17 陈尔学, 李增元, 田昕等. 星载 SAR 地形辐射校正模型及其效果评价. 武汉大学学报信息科学版, 2010, 35(3): 322-327.
- 18 Cartus O, Santoro M, Schullius C et al. Large area forest

- stem volume mapping in the boreal zone using synergy of ERS-1/2 tandem coherence and MODIS vegetation continuous fields. *Remote Sensing of Environment*, 2011, 115(3): 931-943.
- 19 凌飞龙,李增元,陈尔学等. ENVISAT ASAR的区域森林-非森林制图. *遥感学报*, 2012, 16(5): 1100-1113.
- 20 冯琦,陈尔学,李文梅等. 基于ALOS PALSAR数据的热带森林制图技术研究. *遥感技术与应用*, 2012, 27(3): 436-442.
- 21 Pang Y, Li Z Y, Sun G Q. A Large Footprint LIDAR Waveform Model for Forest. *Proceedings of Scandlaser Scientific Workshop on Airborne Laser Scanning of Forests*, 2003, 59-64.
- 22 庞勇,孙国清,李增元. 林木空间格局对大光斑激光雷达波形影响模拟. *遥感学报*, 2006, 10(1): 97-104.
- 23 庞勇,于信芳,李增元等. 星载激光雷达波形长度提取与林业应用潜力分析. *林业科学*, 2006, 42(7): 137-140.
- 24 庞勇,赵峰,李增元等. 机载激光雷达平均树高提取研究. *遥感学报*, 2008, 12(1): 152-158.
- 25 何祺胜,陈尔学,曹春香等. 基于LIDAR数据的森林参数反演方法研究. *地球科学进展*, 2009, 24(7): 748-755.
- 26 赵峰,庞勇,李增元等. 机载激光雷达和航空数码影像单木树高提取. *林业科学*, 2009, 45(10): 81-87.
- 27 范凤云,陈尔学,刘清旺等. 基于低密度机载LiDAR和CCD数据的林分平均高提取. *林业科学研究*, 2010, 23(2): 151-156.
- 28 刘清旺,李增元,陈尔学等. 机载LIDAR点云数据估测单株木生物量. *高技术通讯*, 2010, 20(7): 765-770.
- 29 Liu Q W, Li Z Y, Chen E X et al. Feature analysis of LIDAR waveforms from forest canopies. *Science China Earth Sciences*, 2011, 54(8): 1206-1214.
- 30 庞勇,黄克标,李增元等. 基于遥感的湄公河次区域森林地上生物量分析. *资源科学*, 2011, 33(10): 1863-1869.
- 31 林辉,宁晓波,吕勇. 基于高分辨率卫星图像的立木材积表的编制. *林业科学*, 2004, 40(4): 33-39.
- 32 覃先林,李增元,易浩若. 高空间分辨率卫星遥感影像树冠信息提取方法研究. *遥感技术与应用*, 2005, 20(2): 228-232.
- 33 冯益明,李增元,张旭. 基于高空间分辨率影像的林分冠幅估计. *林业科学*, 2006, 42(5): 110-113.
- 34 冯益明,李增元,邓广. 不同密度林分冠幅的遥感定量估计. *林业科学*, 2007, 43(1): 90-94.
- 35 熊轶群,吴健平. 基于高分辨率遥感图像的树冠面积提取方法. *地理与地理信息科学*, 2007, 23(6): 31-33.
- 36 刘晓双,黄建文,鞠洪波. 高空间分辨率遥感的单木树冠自动提取方法与应用. *浙江林学院学报*, 2010(1): 126-133.
- 37 张良龙,冯益明,贾建华等. 基于高空间分辨率影像的小班区划技术研究. *遥感技术与应用*, 2010(1): 132-137.
- 38 吴春争,冯益明,舒清态等. 基于高空间分辨率影像的林业小班遥感区划系统设计与实现. *浙江农林大学学报*, 2011, 28(1): 40-45.
- 39 谭炳香,李增元,陈尔学等. EO-1 Hyperion 高光谱数据的预处理. *遥感信息*, 2005, (6): 36-41.
- 40 陈尔学,李增元,谭炳香等. 高光谱数据森林类型统计模式识别方法比较评价. *林业科学*, 2007, 43(1): 84-89.
- 41 曾庆伟,武红敢. 基于高光谱遥感技术的森林树种识别研究进展. *林业资源管理*, 2009, (5): 109-114.
- 42 谭炳香,李增元,陈尔学等. Hyperion 高光谱数据森林郁闭度定量估测研究. *北京林业大学学报*, 2006, 28(3): 95-101.
- 43 孙晓,谭炳香. 高光谱遥感森林叶面积指数估测方法研究. *中国城市林业*, 2012, 10(4): 1-4.
- 44 杨曦光,范文义,于颖. 基于Hyperion数据的森林叶绿素含量反演. *东北林业大学学报*, 2010, 38(6): 123-124.
- 45 刘丽娟,庞勇,范文义等. 整合机载CASI和SASI高光谱数据的北方森林树种填图研究. *遥感技术与应用*, 2011, 26(2): 129-136.
- 46 朱震达. 关于沙漠化地图编制的原则与方法. *中国沙漠*, 1984, 4(1): 3-15.
- 47 朱震达,刘恕. 关于沙漠化的概念及其发展程度的判断. *中国沙漠*, 1984, 4(3): 2-8.
- 48 朱震达. 中国的沙漠化及其治理. 北京: 科学出版社, 1989.
- 49 高志海,李增元等. 干旱地区植被指数(VI)的适宜性研



- 究. 中国沙漠, 2006,26(2): 243-248.
- 50 李晓松,李增元,高志海等. 基于Hyperion植被指数的干旱区稀疏植被覆盖度估测. 北京林业大学学报,2010,32(3): 95-100.
- 51 李晓松,高志海,李增元等. 基于高光谱混合像元分解的干旱地区稀疏植被覆盖度估测.应用生态学报,2010,21(1): 152-158.
- 52 吴俊君,基于BJ-1多光谱数据的土地沙化信息定量提取技术研究. 中国林业科学研究院, 硕士学位论文, 2012.
- 53 高志海,白黎娜,王琇瑜等. 荒漠化土地土壤有机质的实测光谱估测. 林业科学, 2011,47(6): 9-16.
- 54 吴俊君,高志海等. 基于BJ-1多光谱影像的沙化土地有机质定量反演. 第18届中国遥感大会论文集. 北京: 科学出版社,2012.
- 55 张柏. 遥感技术在中国湿地研究中的应用. 遥感技术与应用, 1996,11: 68-711.
- 56 凌成星,张怀清,鞠洪波等. 基于Worldview-2数据的东洞庭湖湿地区域植被覆盖度估算研究,科学技术与工程, 2012,25(5): 545-550.
- 57 童庆禧,郑兰芬,王晋年等. 湿地植被成像光谱遥感研究. 遥感学报,1997,1(1): 50-56.
- 58 韦玮,李增元,基于高光谱影像融合的湿地植被类型信息提取技术研究. 林业科学研究, 2011,24(3): 300-306.
- 59 刘凯,黎夏,王树功. 基于神经网络和数据融合的红树林群落分类研究. 遥感信息,2006,3: 32-35.
- 60 廖静娟,王庆. 利用Radarsat-2极化雷达数据探测湿地地表特征与分类. 国土资源遥感,2009,81(3):70-73.
- 61 黄瑾. 基于多波段多极化SAR数据的黄河口湿地分类研究. 中国石油大学(华东), 硕士论文, 2011.
- 62 赵惠,张海英,李娜娜等. 中国湿地遥感研究现状与趋势评述. 地理与地理信息科学, 2010,26(2): 62-66.
- 63 凌成星,张怀清,鞠洪波. 湿地资源遥感动态监测和管理应用综述. 安徽农业科学, 2012,40(28): 14111-14115.
- 64 张树清. 中国湿地科学数据库简介. 地理科学,2002,(2): 189.
- 65 雷昆,张明祥. 中国的湿地资源及其保护建议. 湿地科学, 2005,3(2): 81-86.
- 66 牛振国,宫鹏,程晓等. 中国湿地初步遥感制图及相关地理特征分析. 中国科学D辑: 地球科学,2009,39: 188-203.
- 67 宫鹏,牛振国,程晓等. 中国1990和2000基准年湿地变化遥感. 中同科学: 地球科学,2010, 40: 768-775.
- 68 牛振国,张海英,王显威等. 1978~2008年中国湿地类型变化. 科学通报, 2012, 57(16): 1400-1411.
- 69 程邦瑜. 关于遥感技术监测森林火灾能力的估算. 环境遥感, 1990, (4): 38-42.
- 70 纪平,易浩若,白黎娜. 人工神经网络识别NOAA数据异常高温点的研究. 重大自然灾害遥感监测与评估研究进展. 北京: 科学技术出版社, 1993.
- 71 易浩若,白黎娜,纪平. 专家系统用于遥感图像处理的方法研究. 林业科学研究, 1994,7(1): 13-17.
- 72 赵宪文,森林火灾遥感监测评价. 北京: 中国林业出版社, 1995.9.
- 73 易浩若,纪平. 森林过火面积的遥感测算方法研究. 遥感技术与应用, 1998,13(2): 10-14.
- 74 覃先林,易浩若,纪平. AVHRR数据小火点自动识别方法的研究. 遥感技术与应用, 2000,15(1): 36-40.
- 75 覃先林,易浩若. 基于MODIS数据的林火识别方法研究. 火灾科学, 2004,13(2): 83-89.
- 76 覃先林. 遥感与地理信息系统技术相结合的林火预警方法的研究. 中国林业科学研究院, 博士学位论文, 2005.
- 77 Qin X L, Li Z Y et al. Forest fires identification using AATSR and MODIS data. European Space Agency, (Special Publication), 2006, 1: 293-299.
- 78 覃先林,李增元,易浩若等. 基于ENVISAT-MERIS数据的过火区制图方法研究.遥感技术与应用, 2008, 22(4): 1-6.
- 79 郭广猛. MODIS数据处理及其在林火预警中的理论与方法研究.中国科学院博士学位论文, 2004.
- 80 杨飞,覃先林等. 基于高性能集群计算平台的林火监测算法. 计算机工程, 2012,38(7): 290-293.
- 81 丁忠校. 视频监控系统的现状与发展综述. 科技咨询导报, 2007, 28: 47- 48.
- 82 黄承韬. 省级森林火灾视频监控与指挥平台的建设. 信息技术, 2009, (4): 89-92.
- 83 吴雪琼,覃先林,李程等. 我国林火监测体系现状分析. 内

- 蒙古林业调查设计, 2010, 33(3): 69-72.
- 84 童庆禧, 唐川, 励惠国. 腾冲航空遥感试验推陈出新. 地球信息科学, 1999, (1): 67-75.
- 85 戴昌达. 植物病虫害的遥感探测. 自然灾害学报, 1992, (2): 40-46.
- 86 武红敢. 卫星遥感技术在森林病虫害监测中的应用. 世界林业研究, 1995, (2): 24-29.
- 87 吴继友, 倪健. 松毛虫危害的光谱特征与虫害早期探测模式. 环境遥感, 1995, 10(4): 250-258.
- 88 程焕章, 刘新田, 逢增和等. 航天遥感技术在落叶松毛虫危害区划中的应用研究. 东北林业大学学报, 1992, (5): 25-32.
- 89 杨存建, 陈德清, 魏一鸣. 遥感和GIS在森林病虫害监测管理中的应用模式. 灾害学, 1999, 14(1): 6-10.
- 90 刘志明, 晏明. 用气象卫星监测大范围森林虫害方法研究. 自然灾害学报, 2002, 11(3): 109-114.
- 91 郭志华, 肖文发, 张真等. RS在森林病虫害监测研究中的应用. 自然灾害学报, 2003, 12(4): 73-81.
- 92 元兴兰, 刘健, 陈国荣等. 应用MODIS遥感数据监测马尾松毛虫害研究. 西南林学院学报, 2010, 30(1): 42-46.
- 93 刘清旺, 武红敢, 石进等. 基于TM影像的森林病虫害灾害遥感监测系统. 遥感信息, 2007, (2): 46-49.
- 94 李浩明. 基于ArcGIS Server的林业病虫害遥感监测与预测系统的设计与实现. 北京林业大学硕士论文, 2010.
- 95 元兴兰. SPOT-5遥感影像马尾松毛虫害信息提取技术研究. 福建农林大学, 博士论文, 2011.
- 96 “三北”防护林遥感综合调查课题组. “三北”防护林遥感综合调查技术规程. 北京: 中国林业出版社, 1988.
- 97 黄建文, 胡庭兴, 张忠辉. 天然林保护工程监测技术. 北京: 中国林业出版社, 2012.
- 98 陈尔学, 刘健, 王晓慧等. 重点防护林工程监测技术. 北京: 中国林业出版社, 2012.
- 99 彭道黎. 京津风沙源治理工程监测技术. 北京: 科学出版社, 2010.
- 100 陈永富, 刘华, 孟献策. 国家重点林业生态工程监测与管理. 北京: 中国林业出版社, 2011.

李增元 中国林业科学研究院资源信息研究所副所长, 研究员, 博士生导师。长期从事植被生态环境遥感技术研究, 在国内外遥感期刊发表相关学术论文100余篇。国家遥感中心专家委员会、战略研究专家组成员, 空间信息系统软件测评专家委员会副主任委员、全国遥感技术标准化委员会委员、环境遥感学会副理事长、北京市农业信息化学会副理事长、《遥感学报》副主编。曾获国家科技进步奖二、三等奖、(前)林业部科技进步奖一等奖和中科院科技进步奖二等奖各1项。E-mail: zengyuan.li@caf.ac.cn

Current Development Status and Proposals for National Forest Remote Sensing Techniques and Applications

Li Zengyuan¹ Chen Erxue¹ Gao Zhihai¹ Qin Xianlin¹ Wu Honghan¹ Xia Chaozong²

(1 Institute of Forest Resource and Information Techniques, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China

2 Survey and Planning Institute of State Forestry Administration, Beijing 100714, China)

Abstract On the basis of thoroughly summarizing the development status of national forest remote sensing techniques and applications in respect of forest resources, desertification, wetland, disaster, and ecological project, this paper gives the proposals on the future development of forest remote sensing techniques and applications considering the national needs and the development of forest industry. It is suggested to greatly stimulate the establishment of one supporting platform integrating space, aircraft and ground systems, including forest remote sensing satellites, airborne remote sensing platform, remote sensing information product calibra-



tion and validation sites, and the integrative forest remote sensing application services platform; and strengthen the inputs to the research of remote sensing application in order to continually improve the level of forest remote sensing application.

Keywords forest remote sensing, remote sensing technique and application, forest resources, remote sensing monitoring

Li Zengyuan Professor, Ph.D. supervisor, Deputy Director of Institute of Forest Resource Information Techniques, Chinese Academy of Forestry. He has engaged in the research of remote sensing of vegetation ecology and environment for many years, and has published over 100 scientific papers in national and international journals of remote sensing. He is a member of Committee of Experts, Committee of Strategy Research Experts of National Remote Sensing Center of China. He is vice chairman of Experts Committee for Geomatic Software Evaluation; committee member of National Technical Committee on Remote Sensing of Standardization Administration of China; vice chairman of Association of Environment Remote Sensing; vice chairman of Beijing Society for Information Technology in Agriculture; associate editor of Journal of Remote Sensing. He has won one Second-class and one Third-class National Science and Technology Progress Awards, one First-class Prize for Science and Technology Progress Awards issued by the former National Forestry Ministry and one Second-class Prize for Progress in Science and Technology issued by Chinese Academy of Sciences. E-mail: zengyuan.li@caf.ac.cn

(接 83 页)

sensing including microwave remote sensing will play a more important role in the studies and applications of the Earth systems.

Keywords microwave remote sensing, theoretical model, soil moisture, vegetation, snow author introduction

Shi Jiancheng is the researcher of the Institute of Remote Sensing and Digital Earth (RADI), Chinese Academy of Sciences (CAS). He is also the Director of the State Key Laboratory of Remote Sensing Science and the expert of The Recruitment Program of Global Experts. Dr. Shi is the associate editor of the IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, session chair of the IGARSS, PIERS, and SPIE conferences, and the reviewer of the major journals in the geoscience and remote sensing fields. His research interests focus on hydrology and remote sensing. He has been the principle investigator of about 20 research projects from NASA, ESA, and JAXA. Dr. Shi has published more than 240 papers, with over 80 are SCI-included. E-mail: jshi@irsa.ac.cn