



大尺度

作物遥感监测方法与应用

DACHIDU ZUOWU

YAOGAN JIANCE FANGFA YU YINGYONG

● 林文鹏 王长耀 著

 科学出版社
www.sciencep.com

大尺度作物遥感监测 方法与应用

林文鹏 王长耀 著

科学出版社
北京

内 容 简 介

本书结合大尺度作物遥感监测应用实例,系统地阐述了基于 MODIS 数据进行大尺度作物遥感监测的方法及关键技术。全书共分九章,分别从监测原理、数据类型、监测方法与应用,以及农业气候环境参数等方面详细论述大尺度作物遥感监测的方法体系。第一章概述了作物遥感监测的原理、内容和发展动态,第二章介绍了作物遥感监测常用的数据类型、特征和不同类型数据的处理方法,第三、四章分别介绍了 MODIS 数据的处理方法以及在作物监测中的特征波段选取与特征提取方法,第五、六章着重阐明如何使用 MODIS 数据分别进行作物种植面积监测和产量估算,第七章介绍了利用 MODIS 数据对全球重点地区进行作物监测的技术与方法,第八章介绍大尺度农业气候环境参数网格化技术,第九章是对本书研究内容的总结以及对未来的研究进行展望。

本书是作者从事国家 863、国家自然科学基金等多项科研项目的成果总结。全书体系设计合理,书中的每一部分都结合实例,易于理解和掌握,可供从事农业、资源、环境、生态、遥感等领域的科技人员、决策管理人员和高校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

大尺度作物遥感监测方法与应用 / 林文鹏, 王长耀
著. —北京: 科学出版社, 2010. 4
ISBN 978-7-03-027065-8

I. ①大… II. ①林…②王… III. ①遥感技术—应用—作物—监测 IV. ①S127

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 048397 号

责任编辑: 许 健 韩 芳 / 责任校对: 刘珊珊
责任印制: 刘 学 / 封面设计: 殷 靓

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

http: //www. sciencep. com

南京展望文化发展有限公司排版

江苏省句容市排印厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010 年 4 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2010 年 4 月第一次印刷 印张: 10 3/4

印数: 1-1500 字数: 204 000

定价: 36.00 元

前 言

作物遥感监测是遥感技术在农业领域应用的重要内容。遥感技术作为地球信息科学的前沿技术,可以在短期内连续获取大范围的地面信息,实现农业信息的快速收集和定量分析,反应迅速,客观性强,是目前最为有效的对地观测技术和信息获取手段。尤其近年来新的高空间分辨率、高光谱、雷达等遥感技术的发展,为农业现代化管理提供了新的机遇。

我国幅员辽阔,作物种类丰富,如何及时、客观、准确地收集我国作物信息,对科学指导农业生产具有重要意义。我国从20世纪80年代起开始开展农业遥感监测工作,在农作物遥感估产方面已取得了长足进步。但在过去的二十几年中,大尺度农作物信息提取多以 NOAA/AVHRR 数据为基础。由于 NOAA/AVHRR 本身不是为土地覆盖和植被研究所设计的,受其本身数据特性的局限,其监测精度有待进一步提高。而 Terra/MODIS 是一种新型和重要的卫星传感器,其数据性能有了很大改善,空间分辨率为 1 000 m、500 m、250 m,在波谱 0.4~14.5 μm 范围内有 36 个波段,覆盖了可见光、近红外和短波红外波段,而且波段均较窄,加上其每天一次对地区覆盖的高时间分辨率,MODIS 的发射为大尺度作物遥感监测和估产提供了新的机遇。

本书以 MODIS 数据为主要信息源,以农作物的波谱特性和生物学特性机制为基础,开展利用 MODIS 数据的高光谱多时相及免费获取的优势,进行大尺度农情遥感监测研究,发展了适用的模型和算法,实现大尺度主要作物种植面积的遥感提取和产量遥感估算,提高了农作物遥感定量精度,并探讨建立基于 MODIS 数据的全球重点地区主要农作物遥感监测技术与方法。同时,针对大尺度作物遥感监测中涉及的农业气候环境参数遥感提取方法做了初步尝试。

本书的主要研究成果如下:

(1) 基于 MODIS 数据的特征波段选取与时相选择

基于农学知识,结合 MODIS 数据的具体特点和农业工程的实际应用,根据作物的波谱特性和生物学特性,对 MODIS 的 7 个对地观测光学波段进行波谱信息分析,选取了 Red、Blue、NIR、ESWIR 四个特征波段及 NDVI、EVI、LSWI 三个特征指数作为作物信息提取的特征参量,并根据研究区作物物候历特征,通过对比分析

不同时相的 MODIS 图像对主要农作物信息的反映特点,确定了 9 个时相的 MODIS 数据作为研究区主要作物信息提取的最佳遥感时相,为该地区农业应用中卫星特征波段选取和时相选择提供依据,达到利用有限的遥感数据聚集最大量的农业信息。

(2) 基于 MODIS 波谱特性的主要农作物类型信息提取

从我国大尺度作物监测需求出发,以华北地区主要农作物类型(冬小麦、玉米、水稻、棉花、大豆)遥感提取为例,研究利用 Terra/MODIS 数据相对于 NOAA/AVHRR 数据具有的光谱和空间分辨率优势,建立了基于 MODIS 遥感影像全覆盖的大尺度作物类型信息提取方法:基于模糊 ARTMAP 的夏季作物类型提取(冬小麦)和基于分层决策树的秋季作物类型提取(春玉米、夏玉米、水稻、棉花、大豆),从而实现了主要农作物类型的遥感自动提取,为农业决策部门提供信息服务。

(3) 基于 MODIS TVA/ETVA 的作物产量遥感估算模型的构建

研究利用 MODIS NDVI/EVI - T_s 空间构建的两种新型指数温度植被角度(TVA)和增强型温度植被角度(ETVA)与作物产量的关系。以河北省石家庄和邢台地区冬小麦产量为试验,建立了基于 MODIS TVA/ETVA 的冬小麦产量遥感估算模型。实践证明,MODIS TVA/ETVA 是综合了 MODIS 光学反射和辐射信息而构成的一个指标,能很好地反映作物的产量信息。尤其是 MODIS ETVA,能大大地提高作物产量预测的准确性,为作物产量遥感预测提供了一种新的思路和方法。

(4) 基于 MODIS 数据的全球重点地区主要农作物遥感监测技术与方法

为了提高全球作物监测的准确性及时效性,研究利用 MODIS 数据建立全球重点地区主要农作物遥感监测技术与方法。以美国冬小麦的遥感监测为例,建立了基于 MODIS EVI 的冬小麦长势监测模型和产量预测模型。研究表明,MODIS EVI 是对 NDVI 的继承和改进,优化了植被信息,能更好地反映作物的生长状况,更有利于提高作物估产的精度。因此,开展基于 MODIS 数据的全球作物遥感监测研究,为未来实现全球重点地区农作物长势监测和产量预测提供技术与方法。

(5) MODIS 数据驱动下的农业气候环境信息网格化方法

随着 GIS 技术飞速发展和遥感的应用,使得大范围细小网格上的农业气候资源各要素的计算成为可能。本研究提出构建农业气候环境信息网格的基本思想。首先借助 ArcGIS 平台,利用 DEM 数据,通过 Kriging 插值将地理、地形因子网格化和参数化,生成了中国地区 1 km×1 km 网格的海拔高度、坡度、坡向等地形因子数据。其次利用 MODIS 数据反演得到了全国 2001 年月均 1 km×1 km 网格的地

表反照率数据和大气总透射率。在获取了这些基本参数后,考虑地形和大气衰减因子,定量分析了坡度、坡向、地形遮蔽因素对太阳辐射的影响,在此基础上建立了坡地太阳辐射计算模型,最终实现了中国地区气候环境信息空间网格化。这样不仅可以弥补地区气候观测资料空缺,避免了传统方法以点代面的局限性,还可以为农业生产和科学研究提供有关气候环境信息的基础数据。

本书是作者从事国家 863、国家自然科学基金等多项科研成果总结。本书的出版得到了上海市重点学科建设项目(S30406)、国家自然科学基金项目(40801168)、中国博士后基金(20080441237)、上海市教委科研创新项目(10YZ72)和上海师范大学重点学科“自然地理学”(DZL809)的资助。同时,在本书的写作过程中,得到了浙江大学环境与资源学院黄敬峰教授,上海师范大学旅游学院高峻教授、温家洪教授、胡晓猛教授等多位老师的关怀与帮助;石婧女士帮忙整理了书中涉及的一些图表资料,在此一并致以诚挚的谢意。

由于著者学术积累有限,本书错误和遗漏在所难免,恳请各位专家和读者批评指正。

林文鹏

2009 年 10 月

目 录

前言

第一章 绪论	1
第一节 遥感及其发展简介	1
第二节 大尺度作物遥感监测研究的意义	7
第三节 国内外大尺度作物遥感监测的研究动态	9
第四节 问题与分析	19
第二章 大尺度作物遥感监测常用数据类型及特征	24
第一节 光学遥感数据	24
第二节 常用的雷达遥感图像	38
第三章 MODIS 数据处理技术与方法	43
第一节 MODIS 数据特征及其数据产品	43
第二节 MODIS 1B 数据处理技术	49
第三节 基于 MODIS 的地表温度反演	53
第四章 作物监测中 MODIS 特征波段选取与时相选择	59
第一节 研究区概述	59
第二节 作物种植面积遥感监测与作物类型信息提取	66
第三节 基于 MODIS 数据的特征波段选取与时相选择	68
第五章 基于 MODIS 的作物面积遥感监测方法与应用	79
第一节 基于模糊 ARTMAP 的夏季作物面积提取	80
第二节 基于决策树方法的秋季作物种植面积提取	95
第三节 误差来源分析	100
第六章 基于 MODIS 的作物产量遥感估算方法与应用	103
第一节 作物产量遥感估算	103
第二节 温度植被角度指数的构建	109

第三节	基于温度植被角度指数的作物产量模型构建	113
第七章	全球重点地区主要作物遥感监测技术与方法	122
第一节	美国冬小麦生产状况	123
第二节	美国冬小麦长势监测与产量预测	124
第八章	MODIS 数据驱动下农业气候环境信息网格化技术	132
第一节	数据收集与预处理	135
第二节	基本模型参数的获取与计算	137
第三节	农业气候环境各要素空间网格化方法	141
第九章	研究展望	148
参考文献		152

第一章 绪 论

第一节 遥感及其发展简介

一、遥感的概念

遥感(remote sensing, RS)就字面含义可以解释为“遥远的感知”。它是一种远离目标,在不与目标对象直接接触的情况下,通过某种平台上装载的传感器获取其特征信息,然后对所获取的信息进行提取、判定、加工处理及应用分析的综合性技术。人类通过大量实践,发现地球上每一物质作为其固有的性质都会反射、吸收、透射及辐射电磁波。物体的这种对电磁波固有的波长特性叫光谱特性(spectral characteristics)。一切物体,由于其种类及环境条件不同,因而具有反射或辐射不同波长的电磁波的特性。遥感就是根据这个原理来探测目标对象反射和发射的电磁波,获取目标信息,完成远距离识别物体的目的。广义遥感泛指一切无接触的远距离探测,包括对电磁场、力场、机械波(声波、地震波)等的探测。实际工作中,重力、磁力、声波、地震波等的探测被划为物探(物理探测)的范畴。因而,只有电磁波探测属于遥感的范畴。狭义的遥感特指通过遥感器这类对电磁波敏感的仪器,在远离目标和非接触目标物体条件下探测目标地物,获取其反射、辐射或散射的电磁波信息,进行处理、分析与应用的一门科学和技术。这一术语是1960年美国海军科学研究局 Evelyn L. Pruitt 首次提出的,并在1962年美国召开的第一次环境科学讨论会上被正式引用(梅安新等,2001),而后逐渐使用开来。

二、遥感的发展

遥感的发展伴随着光学与摄影等技术的发展而发展。1608年,汉斯·李波尔赛制造了世界上第一架望远镜,开辟了远距离观测的先河。1839年,达盖尔第一次成功地把拍摄到的事物形象记录在胶片上。第一次世界大战期间,航空摄影成了军事侦察的重要手段,第二次世界大战期间及其以后,人们对航空遥感的方法及其理论进行了总结,为航空遥感奠定了基础。1957年10月4日,苏联第一颗人造地球卫星的发射成功,标志着人类从空间观测地球和探测宇宙奥秘进入了一个新的纪元(汤国安等,2004)。1987年又发射1870号地球探测卫星。1959年美国发

射了“先锋-2号”卫星,用两个红外电子管拍摄地球上空云层的照片,测量地球辐射量。1965年,美国宇航员在640~1360 km的高空拍摄102张地面相片,用于地质、地理和海洋研究。1972年美国发射了第一颗地球资源卫星(ERTS-1,后来更名为 Landsat-1),标志着地球遥感新时代的开始。当人类进入空间时代并跨入信息时代门槛之时,各种运行于空间、翱翔于空中的遥感平台连续不断地以多种尺度对我们的地球进行观测,至今世界各国发射的各种人造地球卫星已超过3000颗,其中大部分为军事侦察卫星(约占60%),用于科学研究及地球资源探测和环境监测的有气象卫星系列、陆地卫星系列、海洋卫星系列、测地卫星系列、天文观测卫星系列和通信卫星系列等。通过不同高度的卫星及其载有的不同类型的传感器,不间断地获得地球上的各种信息。经过短短几十年的发展,卫星遥感技术无论从空间分辨率、时间分辨率、光谱分辨率,还是辐射分辨率等方面都产生了质的飞跃。

卫星遥感的发展主要有四个发展方向。① 向高空间分辨率发展,如最近发射成功的 IKONOS,全波段分辨率达1 m,多波段分辨率达4 m。② 向高光谱发展,如 MODIS 传感器,有36个波段,相应的处理系统能每旬提供空间分辨率为250 m的全球 NDVI 数据。③ 向高时空分辨率发展,在保证高时间分辨率的同时,尽可能地提高空间分辨率和数据处理的质量和效率,如法国 SPOT 4 中的 VEGETATION 传感器、印度 IRS-1C1D 上的 WiFS 传感器和中国资源1号中的 WFI 传感器。WiFS 和 WFI 的幅宽大于800 km,从而保证了5天覆盖全球一次的能力,同时借助于卫星轨道的飘移特点,5天中有4天可以获得同一地区的遥感数据,从而保证了高时间分辨率的特点。④ 全球覆盖能力,如 SPOT 4 VEGETATION 和美国的 MODIS 传感器等,前者每旬提供分辨率为1 km的全球覆盖遥感数据,后者为250 m。

三、遥感技术在农业中的应用

遥感技术经过近百年的发展,已构成地面、空中、太空三个立体层面,为人类提供监测自然资源和生态环境的信息,以航天遥感的发展最为迅速。效益最为显著。国外的遥感技术大多数首先应用于农业。美国利用陆地卫星和气象卫星等数据,预测全世界的小麦产量,准确度大于90%。他们提前半年估测1977年苏联的小麦总产量为 9.220×10^7 t,与1978年公布的 9.200×10^7 t 相比,误差仅为0.2%。英国过去为土地规划而进行的土地资源清查和分类,用了25年时间,得到的仅仅是一份粗略的资料;而1976年利用遥感技术,仅用4个人工作9个月,就把全国的土地划分为5大类、31个亚类,测出了面积,绘制成图件。菲律宾1968年开始森林调查,前9年只完成1/10,第10年只用4个月的时间,用30幅卫星图像,就把全国主要森林划分成5类,绘制成图(王长耀,2001)。

近三十多年来,遥感技术在大面积作物产量预测、农情宏观预报等方面作出了重要贡献。由于卫星遥感数据目前尚达不到必要的空间分辨率和提供满足农作需要的实时性,目前还未用于作物生产的精细农业管理。然而,遥感技术领域积累起来的农田和作物多光谱图像信息处理及成像技术、传感技术与作物生产管理需求密切相关。遥感获得的时间序列图像可显示出由于农田土壤和作物特性的空间反射光谱变异性,提供农田作物生长的时空变异性的信息,在一季节中不同时间采集的图像可用于确定作物长势和条件的变化。基于遥感产业界对“精细农业”的商业兴趣,近几年一系列的地球观测卫星发射,目前已有超过 40 个这类卫星提供服务。大部分这类卫星采集的全色图像,空间分辨率将达 1~3 m,多光谱图像分辨率预计可达 3~15 m,扫视区达 6~30 km。

可见,遥感技术作为地球信息科学的前沿技术,是目前最为有效的对地观测技术和信息获取手段,结合地理信息系统和全球定位系统等其他现代地球信息技术手段,可以实现农业信息的快速收集和定量分析,反应迅速、客观性强是实现决策科学化的基本手段。

概括起来,遥感技术在农业中的应用主要体现在以下几方面。

1. 农业资源调查

包括土地利用现状、土壤类型、草场、地下水、低产田、滩涂、海洋等资源的调查,调查结束后进行评价,提供资源的准确数字和分布图件。例如,1994 年利用两景陆地卫星 TM 资料调查山东省济南、聊城等地区 39 个县的棉花种植面积,结合其他资料推算得山东全省的棉花种植面积为 $8.13 \times 10^5 \text{ hm}^2$,约相当于当年 11 月 6 日《人民日报》公布的实际统计数字(近 $8.67 \times 10^5 \text{ hm}^2$)的 94%,但时间提前两个多月,5 个人工作 3 个月,调查经费不到 3 万元。

2. 农业资源调查及动态监测

包括农作物长势、土地荒漠化和盐渍化、鱼群、农业环境污染、水土流失等的监测,这种监测是持续进行的,在监测过程中不断提供农业资源的变化数字和图件,提出应该采取的对策,用于农业生产的组织、管理和决策。

1) 1980 年 6 月至 1983 年 12 月,在全国农业区划委员会办公室的组织下,会同国家测绘局、林业部、农牧渔业部及有关的 46 个单位 298 名科技人员,利用 MSS 卫星相片进行全国土地资源概查。第一次利用美国陆地卫星 MSS 数据进行了全国范围 15 个地类的土地利用现状调查,并按 1:50 万比例尺绘制成图,宏观地反映了我国土地资源的基本状况,填补了我国土地资源不清的空白。

2) 土壤侵蚀遥感调查。20 世纪 80 年代中期,主要利用美国陆地卫星资料进行了土壤侵蚀分区、分类、分级制图。各区制图比例尺不小于 1:50 万,全国拼图

后缩成 1:100 万、1:200 万、1:250 万成果图,并制成 1:400 万土壤侵蚀区划图。

3) 中国北方草原草畜动态平衡监测研究。1989~1993 年,在国家航天办的资助下,全国农业区划办公室组织有关单位利用遥感技术建立了我国北方草原草畜动态平衡监测业务化运行系统。

4) 全国耕地变化遥感监测。1993~1996 年,全国农业资源区划办公室组织有关技术单位,利用美国陆地卫星图像连续四年开展了全国耕地变化遥感监测工作,其结果引起了中央有关部门的高度重视,为合理利用每寸土地、保护农业耕地提供了辅助决策依据。

5) “八五”期间,全国农业资源区划办公室和中国科学院资源环境局组织开展了“国家资源环境遥感宏观调查与动态研究”。在 1992~1995 年的 3 年时间里完成了全国资源环境调查,建立了一个完整的资源环境数据库,较过去开展一项专项的全国资源环境调查需 5~10 年的时间相比是一个很大的进步。在项目实施中全部采用了 20 世纪 90 年代接收的最新陆地卫星 TM 图像作为主要的信息源,在大兴安岭、秦岭、横断山脉一线以东选用 1:25 万比例尺,此线以西采用 1:50 万比例尺进行遥感图像判读、制图及数据库建立工作。

6) 我国北方四省十年土地开发综合评价。1997~1998 年,全国农业资源区划办公室组织有关单位,利用美国陆地卫星 TM 图像,对黑龙江、内蒙古、甘肃和新疆等四省区,监测了近十年(1986~1996 年)来的土地开发利用状况,并结合有关资料进行了综合评价。结果显示,我国北方地区土地利用类型变化幅度较大,土地利用结构不合理;草地退化严重;土地荒漠化趋势加剧,农业生态环境变坏的趋势日益严重;耕地开垦有一定的盲目性,新开垦的耕地基础设施不足。这一结果得到了中央领导的重视,为严格禁止毁林开荒、毁草种粮提供了政策依据。

7) 草地遥感监测和预警系统建设。该项目是农业部遥感应用中心于 2000 年设立并开展工作。该项目是利用遥感技术、地理信息系统和全球定位系统等现代空间信息技术手段,建立技术先进、快速准确的中国草地退化和草畜动态平衡遥感监测系统。

3. 农作物遥感估产方面

包括小麦、玉米、水稻、棉花等大宗农作物的产量预测,也包括草场产草量估测和草畜平衡评价,还包括海洋捕捞量估测等。以遥感技术为基础建成的冬小麦气象卫星动态监测及估产系统,监测主产区冬小麦的长势,估计其种植面积。在每年 3 月 20 日根据出苗情况预测是增产还是减产,4 月 20 日根据长势预测增减产成数,5 月 20 日根据遥感模型全面预报种植面积、单产和总产量,预报精度在 95%以上,为国家和各级政府及时掌握生产形势,调控粮食生产及确定

调运、贮存、购销价格、进出口计划等提供可靠依据。1992年晋、冀、鲁、豫、皖、苏六省已建成该冬小麦估产系统,准确度在94%以上。20世纪90年代初开始在松辽平原的玉米带应用遥感技术进行估产,初期估产面积为 $1 \times 10^5 \text{ km}^2$,后扩大到吉林省全境,面积达 $1.9 \times 10^5 \text{ km}^2$ 。每年两次预报玉米产量,第二次在玉米成熟前半个月,精度可达90%,还提供估产区基础背景数据及图件、历年产量分布图、当年长势状况分析数据及图件,这是人工调查、统计无法做到的。遥感技术还渗透到蔬菜种植和管理。天津市全年监测大白菜等的长势,绘制作物长势绿度图,编写分析报告。上海市1995年解译卫星图像,编制菜田分布图,作为制订1996年蔬菜生产指导性计划的依据。1999年,在农业部发展计划司的直接领导和组织下,成立了农业部农业遥感应用中心。1999年以来,农业部遥感应用中心开展了全国冬小麦估产的业务化运行工作,取得了较好的效果,实现了全国冬小麦估产的业务化运行目标,并正在开展全国性玉米、水稻、棉花等大宗农作物遥感估产的业务化运行工作。

4. 农业灾害遥感监测和损失评估

包括农作物病虫害、草场雪灾和火灾、洪水、旱灾等的预报,监测灾情变化,估计受灾损失等。中国科学院遥感应用研究所和国家卫星气象中心从1984年开始研究利用卫星数据监测洪水。1984年夏季监测到安徽巢湖洪水泛滥区;1986年估测出吉林东辽河流域7月26~28日大暴雨造成的危害,涝区面积为 $5 \times 10^5 \text{ hm}^2$,严重涝区为 $1.4 \times 10^5 \text{ hm}^2$ 。1991年江淮洪水期间,利用气象卫星和雷达数据把江苏、安徽两省的受灾范围划分成五个区域,计算出受灾最严重的80个县的水情信息,包括各县水灾前后的水体面积、洪涝面积和农作物的受损程度,编制出反映洪水分布和变化过程彩色图件,成为国务院抗灾救灾决策的主要依据。1998年长江流域和东北松花江流域发生百年不遇的洪水,利用航空和航天遥感数据动态实时监测洪水淹没状况,得到了党和国家领导人、中央和地方有关部门的高度肯定。他们还把遥感技术应用于积雪和雪灾监测,1985年监测到西藏和青海10月23日的暴风雪,受灾面积达 $5 \times 10^5 \text{ km}^2$;1991年夏天监测到江淮洪水灾区的第一场大雪,测定积雪覆盖范围和面积,为防寒救灾提供有效信息;1993年3月25日监测青海特大雪灾,准确计算受灾面积。

5. 其他应用

例如农业人口分布和农村运输网调查、野生动植物调查、熊猫食用箭竹资源调查、湿地泥炭土资源评价等。我国北方草地产量动态监测系统1993年对北方9省区221个县的草场进行监测,10天内完成遥感数据接收、分析处理及制图,以县为单位按草地的不同生长期提供产草量、载畜量和草畜平衡状况,绘出草地产草量分

布图、草地载畜量图等,为当地畜牧业管理提供了依据。福建省气象部门 1993 年利用极轨气象卫星第 4、5 通道的数据,推算出福建近海海面温度,并利用水产厅渔船实测海温资料作订正,编制出福建省近海海温等值线图,以此服务于环保、航运、港口和水产部门。

应用遥感技术能解决许多农业问题,以上仅是其中的小部分成果。如果没有遥感技术,就不可能在如此之短的时间里,用如此之少的钱和人力,如此详尽地调查农业资源;不可能如此实时地监测农作物的长势和农业灾害,也不可能如此方便地预测农作物的产量,更不可能如此快捷地评估受灾损失。可见,遥感技术在精细农业中占有极其重要的地位。

从农业部门的实际应用来看,随着社会主义市场经济体制的建立,及时掌握农业资源状况和演变趋势,提出合理可持续利用的科学对策,是实现资源和生产力要素的优化配置,保证国民经济持续、稳定、协调发展的重要手段;及时掌握主要农作物的播种面积、长势和产量,对于国家制订合理的农产品贸易政策有重要意义。

农业部门在未来对遥感技术将有多方面的要求,例如,要求能在有云、雨天、雪天都能获得遥感信息,实现全天候遥感探测;由于农作物、农事活动、生物等多在小尺度空间生存活动,因此要求空间分辨率较高;农事活动,特别是农作物和牧草的生长和发育随时间变化较快,因此要求遥感的时间分辨率高,也就是说,要求经常获得遥感信息(至少 1 周或半个月获得一次信息);农业活动是在一定空间进行的,要求定点、定位、定量,以满足精准农业(如精准灌溉、精准施肥、精准播种、精准防治病虫害等)的需要,从而进一步充分发挥遥感技术的作用。

在农业资源动态监测方面,将要求针对全国范围内的基本资源与生态环境状况,建立空间型信息系统,形成较短如每年动态更新一次的能力,对国家资源热点问题,如耕地动态变化等每年提供一次专题报告和相应的资源环境辅助决策信息。

在农作物长势监测和产量预报方面,将向着高精度、短周期、低成本方向进一步深入。

在灾害监测与评估方面将建成综合监测与评估业务化运行系统,使之具备定期发布灾情、随时监测评估洪涝灾害和重大自然灾害的应急反应能力。

可以预料,21 世纪初随着高中低轨道结合、大小微型卫星协同、高低精度分辨率互补的全球对地观测网的形成,地理信息产业的进一步成熟和空间定位精度的提高,遥感技术将在农业资源环境调查和动态监测、土地退化、节水农业、精准农业、农业可持续发展、全国主要农作物及牧草的遥感长势监测与估产、重大自然灾害监测和损失评估、遥感对象的识别和信息提取等方面应用更加广泛。

第二节 大尺度作物遥感监测研究的意义

我国幅员辽阔,作物种类丰富,是个农业大国,农业生产是关系到各级政府、农业生产管理部门以及广大老百姓的大事。一方面,我国是一个农产品生产大国、消费大国和贸易大国。“三农”问题,特别是粮食生产状况是各级政府、农业生产管理部门、农产品购销与加工企业以及公众都关注的大事。农业信息是国家社会经济基础信息,关系到国计民生,对于制定国家和区域社会经济发展规划以及农产品进出口计划,确保国家粮食安全,指导和调控宏观的种植业结构调整,提高相关企业与农民的经营管理水平均具有重要意义。另一方面,在经济全球化的今天,农业信息不仅是调控对策决策的重要依据,而且可以带来巨大的商业利益,各国政府都力争通过各种手段尽早地获取农业有关信息。因此,迅速全面可靠地掌握农业基础信息,可以有效提高农产品竞争力,实现粮食生产预警和贸易安全。

以往,农民通过实地观察对比得到农作物的生长发育、长势信息,进而可以对当年产量进行初步估算。地方政府部门通过实地调查和下级部门上报综合分析后可以掌握管辖行政区内农作物的生产情况,进而通过制订计划、采取相应措施和对策等调控手段指导农业生产。但是上述方法在小范围获取农情信息比较容易,在大范围应用却是非常困难的,不仅时效性差,人为影响比较大,信息的准确程度也无法保证。因此如何及时、客观、准确地获取区域的、全国的农情信息成为我国农业信息科学工作者多年来钻研的课题。

目前监测全国农情最方便、经济、及时的手段就是遥感。遥感技术作为地球信息科学的前沿技术,是目前最为有效的对地观测技术和信息获取手段,结合地理信息系统(GIS)和全球定位系统(GPS)等其他现代地球信息技术手段,可以实现农业信息的快速收集和定量分析,反应迅速,数据客观性强,是实现决策科学化的重要手段。用它作为监测农情的手段具有得天独厚的优势。

1) 遥感信息具有客观性。遥感信息是利用遥感资料,按照一套科学的、标准化、规范化的操作流程生成的,因而具有客观性。与其他一些信息相比,遥感信息受人为因素的干扰较小,反映数据的本来面目。

2) 遥感信息的生成速度快,往往可以快速更新,成本低,具有现势性。遥感信息的生成(如作物面积和产量数据的获取)是以室内操作(遥感数据处理、数据分析、模型模拟运算)为主,与其他一些种类的信息依赖耗费大量时间、人力、财力的调查统计不同,可以大幅降低成本。

3) 遥感农情信息的信息量大,更丰富。由于遥感信息在时间和空间上的连续性,使得遥感信息可以方便地进行时间上和空间上的对比分析。由于可以获得时

间系列的遥感信息,为进行预测提供了可能。遥感信息是“面”信息,既反映地物的宏观特性,又能反映地物的微观差异。

大尺度作物遥感监测是指在有限的时间内,在区域、国家以及全球尺度上应用遥感技术对主要作物的种植面积、长势与产量等进行统计、评估和预测,为政府、农业管理部门和生产者提供信息支持(杨邦杰,2005)。

随着经济全球化发展,农业由过去主要面对国内市场竞争变为参与国内、国际两个市场的竞争。农业发展已由过去的资源约束演变为资源和市场的双重约束。如果要实现国家提出的粮食增产、农业增效、农民增收的目标,农业宏观决策需要及时准确地掌握“三农”工作各个环节的可靠信息。农情监测关系到国家粮食安全、主要农产品供给、社会安定与农业可持续发展。大尺度作物遥感监测能够及时、准确地提供农业资源、农业生产布局 and 结构、作物种植面积和产量、重大自然灾害等农情信息,指导农业和农村经济的发展。大尺度作物遥感监测为农业宏观决策提供了科学的技术和方法,是农业决策的迫切需要。

目前,美国、欧盟等都分别建成了农业遥感监测的运行化系统,监测本国、本地区乃至全球的农业信息。以往,我国一直通过两种渠道监测和预报作物种植面积:一是按行政单元逐级统计汇总上报;二是通过分布于全国 800 多个县的农业调查队进行抽样统计。两种方式的时间周期都很长,前者受行政和人为因素干扰严重,数据的准确性差。而且调查手段仍是传统的人工丈量、估测等方法,由于采取这种方法,地面工作量大、费用高,难以避免地出现人为造数、关门填表等现象。现行的统计调查手段落后于社会、经济和科技的发展,造成抽样调查的误差过大。因此,面对我国辽阔的土地和地区差异比较大、地块破碎、小户经营的现实情况,通过多年的实践证明,依靠逐渐上报的传统调查方式和方法已经难以及时、准确、全面地统计全国范围大宗作物面积,不能满足国家对农业实施宏观管理、统一调度的要求,不能适应我国加入 WTO 以后日益加剧的国际农业市场竞争的形势。而作物遥感监测中核心的内容是作物面积监测,以 RS、GIS、GPS 为基础的空间信息技术能够提供及时、客观、准确、快速、费用低廉的作物面积信息,并可以避免人为和行政的干扰,具有很高的时效性、客观性和准确性,促进农业监测与统计的技术进步。我国从“七五”起把农作物的遥感监测与估产列为重要的研究课题,经过“七五”至“十五”二十年的努力,我国在农作物遥感估产方面取得了长足的进步,目前已初步建成自己的运行体系,监测的农作物主要是冬小麦、玉米、水稻、大豆和棉花。

农作物遥感监测技术的应用是实现传统农业向高新技术农业转变的重要标志,是引导数量型农业向质量型农业过渡的关键环节,是提高农业生产效率、降低农业生产成本、促进农业经济发展的根本保障,是满足农业商品交易信息需求、提高政府宏观决策准确程度的首要前提。尤其近年来新的高空间分辨率、高光谱、雷

达等遥感技术的发展,为农业现代化管理提供了新的机遇。

第三节 国内外大尺度作物遥感监测的研究动态

一、国际研究动态

目前,国际上最主要的农业遥感监测与作物估产系统以美国、欧盟为主要代表,美国农业部的国家农业统计局(National Agricultural Statistics Service, NASS)和外国农业服务局(Foreign Agriculture Service, FAS)分别运行着国内和国外系统,欧盟则由欧盟联合研究中心(JRC)负责运行(刘海启,1999)。

(1) 美国“大面积农作物估产实验”计划(LACIE)和美国“农业和资源的空间遥感调查”计划(AGRISTARS)

1974~1977年,美国农业部(USDA)、美国国家海洋大气管理局(NOAA)、美国国家航空航天局(NASA)和美国商业部合作主持了“大面积农作物估产实验”(Large Area Crop Inventory Experiment, LACIE)计划。LACIE计划的主要目的是研制美国所需的监测全球粮食生产的技术方法,满足美国进行资源管理和了解全球作物产量状况对有关信息的需求。该项目分三个阶段进行:第一阶段,对美国大平原9个小麦生产州的小麦种植面积、单产和产量作出估算;第二阶段,对包括美国本土、加拿大和前苏联部分地区小麦种植面积、单产和产量作出估算;第三阶段,对世界其他地区小麦种植面积、总产量进行估算,估产精度达到90%以上。其主要研究内容为:利用陆地卫星资料估算作物的种植面积和生长状况,利用气象卫星的天气资料作为作物单产估算模型的主要输入量。结果表明,应用卫星遥感技术有助于改进作物产量预测、估算,提高大面积小麦产量预报精度。

1980~1986年,执行LACIE计划的几个部门又同美国内政部合作开展了“农业和资源的空间遥感调查计划”(Agriculture and Resources Inventory Surveys through Aerospace Remote Sensing, AgRISTARS),主要包括灾害早期预警、作物状况评价、国外8种农产品产量预报、作物单产模型发展、土壤湿度测量、本国作物和土壤覆盖分类与面积估算、再生资源清查以及水土保持与污染影响评价等内容,并将面积抽样框架技术(area sampling frame, ASF)和遥感技术引入作物种植面积估测中。美国的面积抽样方法的主要过程包括采用设计、分层、公共图斑的可能分割、制作采样地图、野外调查、数据处理、面积估算。其主要步骤是首先依据农业耕作程度不同,利用卫星相片、地图、计算机软件,将每一州(state)的所有土地按照土地利用情况进行土地分类,如集约化的耕作区、耕作程度较低的草场和城市等。然后依据自然边界如河流、道路等明显地物特征线,将每一种土地类型再细分为样