



研究生用书

遥感技术与 农业应用

T ECHNOLOGY OF REMOTE SENSING AND
AGRICULTURE APPLICATION

● 严泰来 王鹏新 主编



中国农业大学出版社

CHINA AGRICULTURAL UNIVERSITY PRESS



研究生用书

遥感技术与 农业应用

T ECHNOLOGY OF REMOTE SENSING AND
AGRICULTURE APPLICATION

● 严泰来 王鹏新 主编



中国农业大学出版社

CHINA AGRICULTURAL UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

遥感技术与农业应用/严泰来,王鹏新主编. —北京: 中国农业大学出版社, 2008. 7

ISBN 978-7-81117-435-9

I. 遥… II. ①严…②王… III. 遥感技术-应用-农业 IV. S127

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 025871 号

书 名 遥感技术与农业应用
作 者 严泰来 王鹏新 主编

策划编辑 席 清
封面设计 郑 川
出版发行 中国农业大学出版社
社 址 北京市海淀区圆明园西路 2 号
电 话 发行部 010-62731190, 2620
编辑部 010-62732617, 2618
网 址 <http://www.cau.edu.cn/caup>
经 销 新华书店
印 刷 北京时代华都印刷有限公司
版 次 2008 年 7 月第 1 版 2008 年 7 月第 1 次印刷
规 格 787×980 16 开本 28.75 印张 514 千字
印 数 1~1 300
定 价 40.00 元

责任编辑 洪重光
责任校对 王晓凤 陈 莹
邮政编码 100193
读者服务部 010-62732336
出 版 部 010-62733440
e-mail cbsszs@cau.edu.cn

图书如有质量问题本社发行部负责调换

主 编 严泰来 王鹏新

编写人员 (按姓氏笔画排序)

万雪梅 邓淑娟 王鹏新 刘志刚

孙 威 李凤琴 李民赞 严泰来

张 峰 张 超 赵冬玲 颜 凯

内 容 简 介

本书系统、全面地阐述了遥感原理及其在农业的应用。第1章对遥感技术进行综述;第2章至第5章分别叙述遥感的物理基础以及航空遥感、卫星遥感、微波遥感的原理;第6章、第7章从色度学开始对于遥感图像处理以及遥感图像识别与分类技术进行阐述;第8章对遥感反演理论及其前沿问题和综合分析方法等进行论述;第9章阐述农情包括水、旱灾情以及作物长势监测的原理及方法;第10章介绍地物光谱测试技术;第11章和第12章分别叙述遥感在精确农业和国土资源调查领域的应用。

本书力求理论系统,叙述深入浅出,应用方法贴近实际,具有一定的前瞻性。读者对象设定为农业高等院校、科研院所的研究生,也可以作为综合大学相关专业研究生、本科生教学参考书,并为遥感、特别是农业以及国土资源管理的信息科技工作者提供技术参考。

出版说明

我国的研究生教育正处于迅速发展、深化改革时期,研究生教育要在研究生规模和结构协调发展的同时,加快教学改革步伐,以培养高质量的创新人才。为加强和改进研究生培养工作,改革教学内容和教学方法,充实高层次人才培养的基本条件和手段,建设研究生培养质量基准平台,促进研究生教育整体水平的提高,中国农业大学通过一系列的改革、建设工作,形成了一批特色鲜明的研究生教学用书,本书是其中之一。特别值得提出的是本书得到了“北京市教育委员会共建项目”专项资助。

建设一批研究生教学用书,是研究生教育教学改革的一次尝试,这批研究生教学用书,以突出研究生能力培养为出发点,引进和补充了最新的学科前沿进展内容,强化了研究生用书在引导学生扩充知识面、采用研究型学习方式、提高综合素质方面的作用,必将对提高研究生教育教学质量产生积极的促进作用。

中国农业大学研究生院

2008年1月

序

1957 年第一颗人造地球卫星升空标志着人类进入了太空时代,人类开始以全新的视角和手段认识自身赖以生存的地球,开启了信息时代的序幕。社会需求是科学与技术发展的主要驱动力。几十年来,遥感技术在强烈的社会需求驱动下获得长足的发展。随着应用领域的拓宽与应用需求的深入,对遥感技术的要求也在相应提高。为使遥感技术在现有状况下有所突破,就必须解决一系列相关遥感基础研究的问题,以提高遥感的定量反演精度,使之能够最大限度地满足各部门、各领域遥感应用的需求。

农业是遥感技术的重要应用领域。我国农业遥感应用工作起步较早,从 20 世纪 70 年代末开始,原北京农业大学(中国农业大学的前身)根据全国土壤普查和农业区划工作的要求,在国家计委、国家科委和农业部的支持下,由联合国粮农组织(FAO)和联合国开发计划署(UNDP)提供资助,聘请国外遥感专家,组织多期培训班,培训了一批遥感应用科技人员,并于 1983 年 5 月成立了全国农业遥感培训与应用中心。此后,遥感在农作物估产、农业气象、国土资源调查、灾情监测、生态环境变迁等诸多领域的应用全面展开。目前我国的遥感技术应用已初步进入到实用化和国际化阶段,具备了为国民经济建设服务的实用化能力,在作物长势以及农业灾情监测、国土资源调查等重要领域提供基础信息和技术支持,为国民经济可持续发展提供科学管理决策依据。我国遥感工作者全方位开展国际合作,研究探索遥感技术前沿,使我国在国际上已经成为遥感领域技术先进的国家之一。

由严泰来和王鹏新为主编编写的《遥感技术与农业应用》教材包括了遥感的基本内容,全书可分为两部分,即遥感理论与技术基础和遥感应用。在遥感理论与技术基础部分,编者主要对遥感概论、遥感物理基础、航空航天遥感和遥感数字图像处理等进行较为详尽的介绍和论述。在遥感应用部分,编者从农业生产的实际出发主要对作物长势及早情监测、国土资源监测、精确农业生产以及遥感发展前沿等进行了讲解。

该书作为研究生教材,最大特点是以农业应用为驱动组织教材各章节内容,体现理论联系实际的原则。以该书第 10 章为例,编者在定量遥感反演、混合像元分解和尺度效应与尺度转换等节中充分吸收了近几年来国家“973”项目、国家自

然科学基金项目 and “863” 课题等所取得的理论和应用成果,特别是对他们开发的干旱监测方法,在理论基础和应用成果方面均进行了论述,有不少新的内容。

遥感农业应用是遥感应用领域的最大用户之一,本教材的出版为研究生和本科生的教育提供了可选书目,也为从事遥感基础研究、应用研究的人员和技术人员提供了参考资料。由于遥感的学科交叉性和前沿性,它为我们提供了自主创新的巨大空间。遥感的理论研究与应用研究是密不可分的,《遥感技术与农业应用》一书在遥感理论与应用结合上做了有益的工作,我们希望有更多的论著问世,以繁荣遥感技术这块园地并促进学科健康发展。

李小文

中国科学院院士

2008 年 1 月

前 言

遥感技术是 20 世纪 60 年代后期兴起的一种以大面积获取地表信息为工作目标并以影像图件作为最终产品的信息技术。遥感技术是诸多高新技术,包括航空航天技术、无线电测控技术、电子技术、摄影测量技术、计算机技术等,综合发展到一定阶段的产物。遥感技术一经出现,立即在农业、地质、海洋、水利、气象、国土资源管理以及军事等诸多领域引起人们广泛的关注,并成功地获得了许多应用。遥感技术是在社会迫切需要快速、大面积地获取地表信息的驱动下应运而生的;同时,它又有力地推动了社会信息化的进程,迅速成为信息技术的重要组成部分。2007 年 11 月我国探月卫星“嫦娥一号”获取月球清晰影像数据,表明我国的遥感技术已由对地球观测发展到对宇宙星体观测。

遥感极大地扩大了人类的视野,使人类第一次在地球之外,几乎在同一时间断面上观测人们自身所在的地球环境,不仅在各个专业领域发现了大量的自然现象,引发了深刻的技术变革,而且对于人们的自然观、宇宙观也产生了重大影响,可持续发展理念直至科学发展观、和谐社会理论的产生都与包括遥感在内的信息技术支持有重要的联系。

农业是遥感技术最先投入应用的国家基础产业领域之一。农业是一个受着多种自然条件约束,在与洪涝、干旱、病虫害等自然灾害抗争中生产的产业,这就决定着农业对于信息与信息技术的强烈需求。遥感技术为人们采集气象、土壤、植被、生境等农业信息提供了全新的技术手段,对农业生产的信息服务质量提升到从未有过的高度。遥感可以提供多种自然灾害的信息,为农业灾情预报、监测以及灾后评估创造了条件;遥感又可以提供作物长势信息,用以指导农业灌溉、施肥与杀虫等耕作管理;遥感还可以进行大面积、多种作物的估产,增强国家对于农业经济的调控能力以及农业在国际市场上的竞争能力。

本书是作者在大量遥感应用实践基础上为研究生特别是农科院校研究生编著的一本教材,大量的内容是作者在长期的研究生教学实践中积累形成的。理论系统性、前瞻性、实践性以及力求叙述深入浅出是本教材编写中追求的目标。为了增强理论系统性,本书对于卫星遥感地面覆盖周期分析、雷达遥感成像误差讨论、图像处理机理、农情监测等内容做了有一定创意的探讨,补充了一般教科书中未曾叙述的空白;为了体现前瞻性与实践性,本书在精确农业、农业遥感灾情监测、国土资源调查等方面增加了一些遥感应用的前沿内容。

本书在每一章后面都有小结,小结力求站在较高的高度,以结论式的语言对

全章内容进行概括、总结。为了使读者便于查阅相关参考文献,每一章都附有参考文献。此外,为适应教科书的特点,每章还附有思考题,借以引导读者对本章内容进行深入思考。全书备有两个附录:附录 1,遥感图像处理软件介绍,以一种常用软件系统为例,对其基本功能做简略介绍;附录 2,遥感主要名词术语,包括中英文对照名词术语和中文简要解释。

本书是在中国农业大学研究生院研究生精品教材项目的支持下写成的。全书共分 12 章,第 1 章和第 5 章由严泰来编写,第 2 章由张峰编写,第 3 章由赵冬玲编写,第 4 章由颜凯编写,第 6 章由李凤琴和严泰来编写,第 7 章由刘志刚和邓淑娟编写,第 8 章和第 9 章由王鹏新编写,第 10 章由孙威编写,第 11 章由李民赞和严泰来编写,第 12 章由万雪梅、张超和严泰来编写。附录 1 由张超编写,附录 2 由严泰来编写。本书参编人员除北京师范大学刘志刚副教授外,其余均为中国农业大学教师。严泰来和王鹏新整理、统稿,增删、编辑,四易其稿。应当说所有本书的参编人员工作是认真的,为本书付出了大量的劳动。

遥感技术发展十分迅速,由于作者知识水平有限,书中难免有缺陷与错误,敬请读者及各位同行批评指正。

编 者

2008 年 1 月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 遥感的概念	1
1.2 遥感分类体系	3
1.3 遥感对于推动科技进步、国民经济发展的重大意义	5
1.4 遥感与全球定位系统、地理信息系统的关系	8
1.5 遥感工作模型	9
1.6 遥感应用技术研究方法论	10
1.7 遥感应用技术的的前沿问题	13
小结	16
思考题	17
参考文献	17
第2章 遥感物理基础	18
2.1 辐射与反射	18
2.2 大气效应	31
2.3 地物反射光谱特性	36
2.4 遥感影像的4种分辨率	43
小结	47
思考题	49
参考文献	50
第3章 航空遥感	51
3.1 航空遥感概述	51
3.2 航空遥感影像	52
3.3 中心投影	56
3.4 航空遥感影像的内、外方位元素	59
3.5 像点坐标及共线方程	61

3.6	航空遥感影像的像点位移及比例尺	65
3.7	航空遥感影像的立体观察与量测	71
3.8	航空遥感影像的目视解译	78
	小结	86
	思考题	87
	参考文献	88
第4章	卫星遥感	89
4.1	卫星遥感基本知识	89
4.2	卫星遥感成像的基本概念以及相关参数的计算	91
4.3	低空间分辨率卫星遥感	96
4.4	中空间分辨率卫星遥感	99
4.5	高空间分辨率卫星遥感	113
4.6	中国的遥感卫星介绍	117
	小结	122
	思考题	123
	参考文献	124
第5章	微波遥感	125
5.1	微波遥感概述	125
5.2	微波传感器	127
5.3	真实孔径与合成孔径雷达遥感的成像机理	131
5.4	雷达波散射与雷达波后向散射系数	138
5.5	雷达遥感的极化方式及雷达效应	141
5.6	雷达遥感影像的投影误差与图像解译	147
5.7	干涉雷达	154
5.8	被动微波遥感	156
5.9	雷达遥感与可见光-多光谱遥感的比较	158
	小结	161
	思考题	162
	参考文献	164
第6章	遥感数字图像处理基础	165
6.1	遥感图像处理综述	165
6.2	色度学基本知识	166

6.3 遥感图像的数据格式	170
6.4 遥感数字图像的预处理	174
6.5 影像增强	182
6.6 主成分分析与缨帽变换	197
6.7 遥感图像镶嵌	202
6.8 数据融合	203
6.9 纹理分析	207
小结	212
思考题	214
参考文献	216
第7章 图像识别与分类	217
7.1 图像分类概述	217
7.2 非监督分类	219
7.3 监督分类	228
7.4 其他形式的监督分类法	236
7.5 分类精度	240
小结	245
思考题	247
参考文献	248
第8章 遥感影像综合分析方法	250
8.1 定量遥感反演	250
8.2 混合像元分解	256
8.3 尺度效应与尺度转换	262
8.4 地学相关分析方法	266
8.5 分层分类方法	268
8.6 变化检测	277
小结	283
思考题	284
参考文献	284
第9章 农情遥感监测	286
9.1 概论	286
9.2 基于土壤热惯量模型的土壤表层含水量的反演	287

9.3 基于植被指数与土地表面温度的旱情监测	296
9.4 基于微波遥感数据的土壤水分反演	303
9.5 水灾监测	305
9.6 农情遥感监测	307
小结	314
思考题	315
参考文献	315
第10章 地物光谱测试	317
10.1 测试原理	317
10.2 地物光谱特征	324
10.3 测试仪器	330
10.4 热红外以及微波波段的地物光谱特性及测量	337
10.5 测试数据处理以及地物光谱数据库	339
小结	343
思考题	344
参考文献	344
第11章 精确农业	345
11.1 概述	345
11.2 植物不同营养状态的反射光谱特性曲线数据分析	350
11.3 高光谱遥感	356
11.4 遥感技术与其他信息获取技术的集成	364
11.5 精确农业中“3S”技术的综合应用	368
小结	372
思考题	373
参考文献	374
第12章 国土资源遥感监测	375
12.1 土地利用和土地覆盖调查	375
12.2 海洋污染监测	385
12.3 遥感地质灾害监测	390
12.4 土地荒漠化遥感监测	394
12.5 沙尘暴遥感监测	396
12.6 遥感在景观生态研究的应用	400

12.7 林业遥感监测	407
小结	417
思考题	418
参考文献	419
附 录	421
附录 1 遥感图像处理软件 ENVI 介绍	421
附录 2 遥感主要名词术语	433

第 1 章 绪 论

1.1 遥感的概念

1.1.1 遥感学科的内涵与外延

遥感是人们用来对地(包括其他星体的星地)观测并获取地球及宇宙的其他星体表面时空信息的科学技术。它是借助于太阳及地表辐射的电磁波或人工发射的电磁波经地表物体及大气多种形式的反射(散射)、折射及吸收作用,最终被传感器截获而获得地表面状信息的一门科学技术。它是人们快速、大面积、非接触式获取地物信息的技术手段,最终的产品是一幅幅图像,反映地表(包括大气)面状信息。这里所谓的面状信息有两方面的含义:其一,遥感图像表达的是一个地域中各种地物空间分布的信息;其二,遥感图像上的每个像元(像素),即图像上不可分割的最小单元,对应地面也是一个“面”,不是一个点,像元反映对应地面的这个面的综合信息,如生物量、土壤性状、地物质地等。由于遥感产品是图像,反映地表的面状信息,因而它有别于遥测。尽管遥测也是非接触式测量,遥测也可以用电磁波(不一定都用电磁波,也可以用声波等其他类型的波)作为信息获取的媒介,但是遥测获取的是点状信息,它不能用图像的方式展示于人们面前。

随着遥感应用的深入,遥感内涵不断扩大,有人将一些用电磁波以非图像方式获取地面点状的信息或点状信息集合的技术手段也纳入遥感技术的范畴,如地磁场测量、重力测量、高程测量、大气电离层多参数测量等遥测手段,测试结果的数据集也以分布图的方式表达,这类技术也被认为是遥感。可将这些技术认为是遥感技术的外延,但这些并不是遥感技术的主流。

遥感是信息科学与技术的重要组成部分,是一门综合性、应用型的科学技术。从学科内涵分析,它涉及辐射物理学、计量光谱学、天体运动学、测量学、数理统计、计算机图形学以及数字信号处理等学科的相关领域。它的外延可以延伸到农学、气象学、地质学、地理学、计量化学、天体物理学、信息学、电磁场论、电子技术等基础科学与应用科学的相关领域。尽管遥感是一门应用型的科学技术,但是它

的理论性很强,它是航空航天技术、电子技术、计算机技术发展的结果,受制于这些学科的发展,同时又对这些学科的发展具有重要的推动作用。

1.1.2 遥感工作系统

遥感从工作系统上大致可分为传感器(sensor)、载体(vehicle)或称作平台(platform)、指挥系统(command system)、应用系统(application system)等4个组成部分。

所谓传感器,就是一种器件,它通过某种媒介,“感受”被测目标物的某种信息,并将这种信息以一定方式表达出来。遥感传感器以电磁波为媒介,截获目标物体反射(散射)外来的以及自身辐射的电磁波,或者兼有发射电磁波并接受目标物体反射(散射)的这种电磁波,借此测试并记录目标物的几何、理化信息,最后以图像形式表达出来。不同的遥感技术类型使用不同的遥感传感器,最常见的遥感传感器是摄像机,它用胶片或磁带记录信息,最后呈现出目标物的图像。多波段光谱扫描仪(MSS)、电荷耦合器件(CCD)、合成孔径雷达(SAR)等都是遥感技术经常使用的传感器。

所谓平台,就是装载传感器的工具。遥感通常要求这种平台运动,在运动中获取大面积地物的图像,因而遥感平台实际上就是装载遥感传感器的飞行器。遥感常用的飞行器有卫星、航天飞机、一般飞机、航模飞机(无人驾驶飞机)、气球,另外地面遥感车也是一种遥感平台。

所谓指挥系统,就是指挥与控制遥感平台连同遥感传感器工作的指挥部,它主要由计算机系统与无线电通信系统构成,负责控制遥感平台的飞行轨道、传感器姿态以及成像工作模式、扫描成像时间等。对于卫星遥感系统,它还负责指令卫星向指定的遥感地面站发送图像数据。地面站接收到遥感图像数据后,在计算机支持下,经一定的处理后,生成遥感图像,包括模拟图像与数字图像,提供给用户。

所谓应用系统,是指用户处理、存储并开发、应用遥感图像数据为某些决策提供依据的系统。当前,应用系统通常是指用户构建的计算机系统。它需要在计算机软、硬件支持下,根据设定的应用目标,对遥感原始图像进行一系列的处理,将需要的信息从海量的、复杂的数据,包括含有大量噪声的数据中提取出来。作为遥感应用技术,工作的重点就是对于遥感应用系统的研究开发,特别是对于从遥感图像提取相应信息的研究。当然,应用系统的研究与开发,需要在充分理解遥感传感器成像机理、平台运行规律以及指挥系统的工作原理基础上才能进行。