

The background of the cover is a composite image. The upper portion shows a satellite with solar panels in orbit over a blue, cloud-covered Earth. The lower portion is a high-resolution aerial photograph of a green agricultural field, divided into rectangular plots by reddish-brown soil paths or roads. The overall theme is remote sensing of agriculture.

农田定量遥感 理论、方法与应用

秦其明 范闻捷 任华忠 等著



科学出版社

农田定量遥感 理论、方法与应用

秦其明 范闻捷 任华忠 等 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书从农田土壤植被二元组分与电磁波相互作用角度阐述了农田可见光、红外与微波遥感机理,结合农田辐射传输过程讨论了遥感建模和定量遥感中辐射定标、大气校正、参数反演等共性技术,深入研讨了叶面积指数、叶绿素含量、农田地表温度、土壤水分等参数反演问题,并结合集合卡尔曼滤波与微粒群算法,介绍了数据同化在农情监测与作物估产中的应用。

本书内容丰富,是对农田定量遥感研究的系统总结,可供农业、地理和生态环境等学科的科研人员及大专院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

农田定量遥感理论、方法与应用/秦其明, 范闯捷, 任华忠等著. —北京: 科学出版社, 2018.5

ISBN 978-7-03-056341-5

I. ①农… II. ①秦…②范…③任… III. ①遥感技术—应用—农田—定量分析 IV. ①S127

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 007259 号

责任编辑: 彭胜潮/责任校对: 何艳萍

责任印制: 肖 兴/封面设计: 铭轩堂

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>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018 年 5 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2018 年 5 月第一次印刷 印张: 26 插页: 4

字数: 598 000

定价: 198.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

《农田定量遥感理论、方法与应用》

编辑委员会

主 编：秦其明

副 主 编：范闻捷 任华忠

编写人员：（按姓氏拼音排序）

阿布都瓦斯提·吾拉木	邓 辉	杜 宸
董 恒	法文哲	顾晓鹤
何 连	孟晋杰	
孟庆野	任建强	沈心一
宋晓宇	孙元亨	
王金梁	吴 伶	吴自华
许 伟	徐希孺	
徐新刚	张成业	张 瑶
张添源	张兆旭	
赵少华	郑小坡	周公器
朱 琳		

序

2015年9月25~27日,在纽约联合国总部召开了“联合国可持续发展峰会”,会议通过了一份由193个会员国共同达成的2030年可持续发展议程,明确提出了17项可持续发展目标,目标中包括消除饥饿、实现粮食安全、改善营养和促进可持续农业。中国是一个人多地少、人均耕地资源相对匮乏的农业大国,仅用了占世界7%的耕地养活着超过全世界20%的人口。农田是保障粮食安全的基础,保护耕地,提高农田生产力,大力发展精准农业势在必行。

遥感是精准农业实现农田动态监测与田间精细管理的重要手段。从20世纪上半叶航空摄影技术到60年代卫星遥感出现,应用需求推动着遥感科学技术的快速发展。目前世界各国已向空间发射几千颗人造地球卫星,其中1/3以上是遥感对地观测卫星,它们时刻监测着地球表层的状况和动态,为人类提供多种丰富的遥感信息。对地观测新理论、新方法、新模型、新技术不断涌现,遥感呈现高空间分辨率、高光谱分辨率与高时间分辨率的“三高”技术发展趋势,为精准农业提供了丰富的农田时空多源遥感数据。同时,精准农业发展也对定量遥感技术提出了更高的应用需求。针对农田定量遥感中存在的理论方法和应用中的具体问题,秦其明等带领定量遥感团队,结合国家科研任务需求,从2001年承担国家863计划“遥感关键应用参数反演”研究课题开始,到目前主持的国家自然科学基金重点基金课题“农田遥感监测机理与生态过程关键参数反演”,以农田作物为主要对象,综合利用多源遥感数据,抓住田间温度、土壤水分、作物叶面积、作物叶绿素含量等农田中起关键作用的农田生态参数和植物生理参数,构建遥感模型,定量反演农田参数,并针对农田定量反演涉及的理论与方法问题进行了十余年的探索,取得了系列研究成果与应用进展,促进了农业定量遥感的发展。

该书是农田定量遥感理论、方法与应用创新实践的总结,书中系统阐述了农田可见光、红外与微波遥感机理,结合农田辐射传输过程讨论了遥感建模和定量遥感的方法,深入研讨了叶面积指数等参数反演关键技术,并结合集合卡尔曼滤波与微粒群算法给出了数据同化在农情监测与作物估产中的应

用。该书内容丰富，条理清晰，是第一本关于农田定量遥感的科技专著，为农田定量遥感与农田生态过程遥感监测提供了新思路与新方法，对相关研究人员具有重要的参考价值。

有鉴于此，特此作序。

中国科学院院士

徐冠华

2017年12月19日

前 言

1858年,法国人用系留气球携带照相机拍摄了巴黎的“鸟瞰”照片,标志着遥感技术的诞生。1957年苏联成功地把世界上第一颗人造卫星送入绕地球运行的轨道,标志着人类从太空观测地球和探索宇宙进入了新纪元。1960年美国发射了太阳同步气象卫星,开启了航天遥感的先河。1970年,中国成功发射第一颗人造地球卫星“东方红一号”,标志着中国航天技术的开端,也为搭载遥感器对地观测提供了航天平台。经过几十年的发展,遥感科学与技术已经成为国际上一个重要的学科门类。

遥感的发展为人类观测和认识世界提供了更为先进的手段。在遥感技术应用过程中,定量遥感发挥着越来越重要的作用。其中,农业遥感是定量遥感应用研究的重要领域之一,也是国际上遥感应用重点领域之一。农田遥感是农业遥感的重要组成部分,它与粮食安全密切相关。1994年,美国学者莱斯特·布朗(Lester Brown)写了一篇文章 *Who Will Feed China*, 声称中国将出现粮食短缺,进而造成世界性的粮食危机,他据此提出了“谁来养活中国?”的问题,此文一出,在中国国内引起广泛讨论。目前我们只用占全世界7%的耕地,养活22%的人口。随着中国人民收入的上升,饮食结构迅速多样化,主食由淀粉类食物更多地转为食用副食品,因此造成了对粮食的更大需求。另外,城市化与工业化进程使用了更多的土地,中国的优质耕地数量在不断减少。农田是保障粮食安全的基础。“十分珍惜、合理利用土地和切实保护耕地”已经成为我国的基本国策。保护耕地的前提是及时掌握我国耕地资源的动态变化,遥感提供了耕地资源动态监测的重要技术手段。与行政系统逐级统计上报辖区内当前耕地数量相比,遥感监测耕地分布具有客观性与现势性,定量遥感进一步提高了耕地资源分布的准确性与农情监测的精确性。因此,农田定量遥感在耕地资源保护、农情监测与作物估产中具有重要作用。

针对农田定量遥感理论方法不完备、反演精度不高,实际应用亟待加强等问题,本书从农田土壤植被二元组分与电磁波相互作用角度阐述了农田可见光、红外与微波遥感机理,结合农田辐射传输过程讨论了遥感建模和定量遥感中辐射定标、大气校正、参数反演等共性技术,深入研讨了叶面积指数、叶绿素含量、农田地表温度、土壤水分等参数反演问题,并结合集合卡尔曼滤波与微粒群算法,介绍了数据同化在农情监测与作物估产中的应用。上述内容,既是作者系统归纳与总结十余年农田定量遥感科研创新实践的结晶,也是国家自然科学基金资助重点项目“农田遥感监测机理与生态过程关键参数反演”(No.41230747)研究成果之一。

本书内容丰富,书中的参数反演机理以及反演算法力求简单清楚,一些较为复杂的原理和概念都通过图表加以解释;所选用的图像、插图力求有代表性,能够代表最新的

研究成果。每章后面都列出详细的参考资料,以供读者进一步学习和探讨。

全书共 10 章,分为三部分内容。

第一部分(第 1~4 章):从定量遥感理论与方法角度,分别阐述了农田遥感与其生态过程监测、农田定量遥感机理、农田辐射传输过程与遥感建模,参数反演共性技术。其中第 1 章分别概述了农田特性、农田遥感与精准农业的关系,阐述了农田生态过程监测机理、方法与农田遥感面临的关键问题;第 2 章从电磁波与农田土壤-植被相互作用出发,分析了农田土壤和作物在不同波段电磁波的响应特性和作用机理,在此基础上,依据土壤-植被混合光谱的定量观测实验,阐释了土壤-植被随植被覆盖度变化呈现的混合光谱变化规律,为全生育期农田作物定量遥感提供了实验观测依据。第 3 章从农田辐射传输过程出发,分别讨论了太阳、农田、大气和传感器在整个辐射传输过程中的作用,然后针对农田反射辐射、热红外辐射和微波散射特性,分别讨论并建立了农田遥感模型。第 4 章侧重于农田定量遥感的共性技术和主要方法,重点阐述了传感器辐射定标、遥感图像大气校正与农田关键参数反演主要方法。

第二部分(第 5~8 章):具体讨论了作物叶面积指数、叶绿素含量、农田地表温度以及土壤水分等参数的反演方法。第 5 章讲述了 BRDF 建模与 LAI 遥感反演,并结合农田行播作物特点,重点阐述了二向性反射模型反演建模和二阶光谱微分反演方法。第 6 章阐述了作物叶绿素的作用,讨论了作物在不同生育期叶绿素含量的变化规律,以及叶绿素含量与各种胁迫因素和其他参数之间的关系,针对现有作物叶绿素遥感反演模型的不足,提出了叶绿素含量反演方法的改进。第 7 章讨论农田温度的遥感监测,从农田二元结构热辐射特性与建模出发,分别讲述了农田组分温度反演、农田地表温度反演与大气与地表温度一体化反演与地表温度地面测量与验证方法。第 8 章分别介绍了基于光学遥感和微波遥感的农田土壤水分监测方法,并以华北平原为例,分析了农田土壤水分的时空动态变化规律。

第三部分(第 9~10 章):分别从理论方法和实际应用两方面介绍了农田遥感参数与作物生长模型数据同化及其在农田监测中应用。受到卫星重访周期的限制,遥感获得的是卫星过境时的瞬间图像(数据),借助数据同化方法,将遥感数据(通过反演获得作物生理参数与农田环境参数)和作物生长模型结合,可以得到作物生育期内连续变化的参数数据。其中,第 9 章重点介绍了作物生长模型与敏感性因子选取、卡尔曼滤波与微粒群算法,以及数据同化应用实例。第 10 章针对农田遥感数据与作物生长模型数据同化,以关中东小麦为应用实例,分别从时空角度讨论了优化同化策略:提取表征作物生长过程的 LAI 生长曲线上的关键点,并将关键点对应的作物生长关键时期作为同化遥感信息的时相,在保持同化精度的同时降低了对同化时间分辨率的要求;另外,以面向农田研究对象尺度替代原始像元尺度,优化了同化模型区域尺度运行的空间分辨率,提高了数据同化的效率。

本书各章节写作分工如下:第 1 章为秦其明;第 2 章为秦其明、任华忠、法文哲、

赵少华、孟庆野、沈心一、何连、张成业、杜宸、吴自华、孙元亨；第3章为范闻捷、任华忠、沈心一、何连、周公器、张成业、吴自华、秦其明；第4章为秦其明、张成业、阿布都瓦斯提·吾拉木、任华忠、何连、周公器、郑小坡、吴伶；第5章为范闻捷、徐希孺；第6章为秦其明、孟庆野、董恒、张成业、张瑶、徐新刚、宋晓宇、顾晓鹤；第7章为任华忠、范闻捷、杜宸、孟晋杰、秦其明；第8章为秦其明、何连、阿布都瓦斯提·吾拉木、沈心一、张兆旭、任建强、邓辉；第9章为张添源、吴伶、朱琳、王金梁、秦其明、许伟；第10章为秦其明、吴伶、张添源。秦其明对全书进行了统一审稿与修改。

我们希望本书的问世有助于读者全面了解与掌握农田定量遥感理论、方法与应用。囿于著者的能力和水平，本书一定存在不少错误和疏漏，欢迎广大读者批评指正。

著 者

2017年8月

目 录

序	
前言	
第1章 农田遥感与其生态过程监测	1
1.1 农田遥感	1
1.1.1 作为遥感观测对象的农田特性	1
1.1.2 农田遥感与精准农业	3
1.1.3 精准农业对遥感的需求	4
1.2 农田生态过程监测	7
1.2.1 农田生态过程监测特点与方法	7
1.2.2 农田生态过程遥感监测机理	9
1.2.3 农田生态过程遥感监测研究进展	11
1.3 关键问题与分析	13
1.3.1 农田土壤与植被组分变化遥感机理	13
1.3.2 农田生态过程遥感参数反演	14
1.3.3 作物生长模型标定与反演模型校正	15
1.3.4 遥感数据与模型模拟数据结合的途径及方法	16
参考文献	16
第2章 农田定量遥感机理	19
2.1 电磁波与农田土壤相互作用	19
2.1.1 农田土壤电磁波谱反射特性	19
2.1.2 农田土壤热辐射特性	28
2.1.3 农田土壤的微波散射特性	39
2.2 电磁波与农田作物相互作用	48
2.2.1 作物叶片光谱响应机理	48
2.2.2 作物冠层的反射特性	54
2.2.3 作物热红外辐射特性	59
2.2.4 作物微波散射特性	63
2.3 农田土壤-植被混合光谱观测与分析	66
2.3.1 土壤-植被混合光谱定量观测试验	67
2.3.2 土壤-植被混合光谱建模	70
2.3.3 土壤与植被混合光谱变化分析	72
参考文献	77

第3章 农田辐射传输过程与遥感建模	82
3.1 农田辐射传输过程	82
3.1.1 农田辐射传输过程的驱动	82
3.1.2 农田土壤-植被辐射传输	84
3.1.3 大气在辐射传输中的作用	85
3.1.4 传感器对地物辐射的响应	88
3.2 农田遥感建模	90
3.2.1 农田地表二向性反射基本概念	90
3.2.2 农田作物叶片反射模型	92
3.2.3 农田冠层二向反射模型	94
3.2.4 农田冠层热辐射模型	107
3.2.5 农田复杂地表微波散射与建模	111
参考文献	121
第4章 农田定量遥感共性技术与主要方法	128
4.1 农田定量遥感基本过程	128
4.2 传感器辐射定标	128
4.2.1 绝对辐射定标	128
4.2.2 相对辐射定标	130
4.2.3 辐射定标实例	130
4.3 遥感图像大气校正	133
4.3.1 大气校正经验方法	134
4.3.2 常用的大气辐射传输模型	135
4.3.3 基于物理模型的大气校正	137
4.4 农田参数遥感反演主要方法	142
4.4.1 单景影像反演的基本方法	142
4.4.2 多角度遥感反演	143
4.4.3 多时相遥感反演	146
4.4.4 多源光学遥感数据协同反演	147
4.4.5 主被动遥感协同反演	149
参考文献	153
第5章 BRDF 建模与 LAI 遥感反演	155
5.1 LAI 反演概述	155
5.1.1 LAI 的定义	155
5.1.2 LAI 反演研究进展	156
5.2 连续植被 BRDF 模型	157
5.2.1 出发方程	157
5.2.2 孔隙率	158
5.2.3 热点效应	158

5.3 行播作物 BRDF 建模	160
5.3.1 群聚效应	160
5.3.2 尼尔逊参数	161
5.3.3 相对方差	164
5.3.4 群聚条件下的 BRDF 模型	166
5.3.5 行播作物几何特征描述	166
5.3.6 计算尼尔逊参数	167
5.3.7 行播作物 BRDF 模型	171
5.3.8 行播作物 BRDF 模型验证	172
5.4 DSD 方法反演 LAI	176
5.4.1 二阶微分方法滤除土壤背景影响	177
5.4.2 土壤背景具体去除方法	177
5.4.3 数值模拟	179
5.4.4 模型验证	182
5.5 小结	188
参考文献	189
第 6 章 农田作物叶绿素遥感监测	192
6.1 作物叶绿素反演概述	192
6.1.1 作物叶绿素的生化特性与生理功能	192
6.1.2 作物叶绿素的测定机理及方法	193
6.1.3 作物叶绿素的遥感监测机理	194
6.2 作物叶绿素的主要特征与变化规律	194
6.2.1 叶绿素与氮素、水分、LAI 的相关关系	194
6.2.2 叶绿素和作物光谱在不同生育期的变化特征	198
6.2.3 叶绿素与作物光谱特征变化的相关性	199
6.3 农田作物叶绿素遥感反演	202
6.3.1 常用遥感反演方法	202
6.3.2 修正转换型叶绿素吸收反射率指数模型	206
6.3.3 改进型 MERIS 陆地叶绿素指数	210
参考文献	216
第 7 章 农田温度遥感监测	220
7.1 农田二元结构热辐射特性与建模	220
7.1.1 非同温二元体系热辐射的热辐射过程	222
7.1.2 方向热辐射的矩阵表达式	223
7.1.3 组分面积比例的计算	225
7.1.4 发射率多次散射项的计算方法	225
7.2 农田组分温度反演	226
7.2.1 机载 AMTIS 数据获取	227

7.2.2	多角度热红外数据的几何校正和大气纠正	227
7.2.3	热红外多角度数据反演组分温度	228
7.2.4	组分温度反演结果及验证	229
7.3	农田地表温度反演	230
7.3.1	热红外遥感数据	230
7.3.2	像元温度反演方法与敏感性分析	232
7.3.3	农田温度反演与应用	240
7.4	农田大气与地表温度一体化反演	242
7.4.1	高光谱热红外数据	242
7.4.2	一体化反演模型构建	243
7.4.3	一体化反演模型应用	250
7.5	农田地表温度地面测量与验证	251
7.5.1	地面实验场选取	251
7.5.2	地面温度测量方式	252
7.5.3	农田地面温度验证实例	253
	参考文献	256
第 8 章	农田土壤水分遥感反演	259
8.1	农田土壤水分光学遥感反演	259
8.1.1	光谱特征空间的概念	259
8.1.2	LST-NDVI 特征空间	259
8.1.3	NIR-Red 特征空间的构建及应用	264
8.1.4	Albedo-NDVI 特征空间的构建及应用	270
8.2	农田土壤水分微波遥感反演	276
8.2.1	裸露农田地表水分反演	276
8.2.2	农作物覆盖土壤水分反演	294
8.2.3	农田土壤水分时空动态变化分析	307
	参考文献	328
第 9 章	面向农田生态过程监测的数据同化	333
9.1	作物生长模型	333
9.1.1	作物生长模型概述	333
9.1.2	WOFOST 模型	334
9.2	数据同化算法	345
9.2.1	同化算法概述	345
9.2.2	集合同化算法	348
9.2.3	微粒群算法	351
9.3	数据同化策略	353
9.3.1	驱动法	353
9.3.2	同化法	354

9.4 数据同化应用实例	357
9.4.1 实验区概况	357
9.4.2 实验方案设计	358
9.4.3 同化效果验证	361
参考文献	362
第 10 章 基于数据同化的冬小麦生长过程动态监测	367
10.1 面向冬小麦生长过程动态监测的数据同化模型	367
10.2 实验设计及数据	367
10.2.1 研究区概况	367
10.2.2 卫星遥感数据	370
10.2.3 地面采集数据	370
10.3 田间尺度作物生长模型与遥感数据同化	372
10.3.1 作物生长模型本地化	373
10.3.2 模型优化参数选择	375
10.3.3 同化时间尺度优化	377
10.4 区域尺度作物生长模型与遥感数据同化	379
10.4.1 同化空间尺度优化	379
10.4.2 冬小麦种植面积提取	382
10.4.3 LAI 区域化遥感反演	383
10.4.4 WOFOST 模型参数区域化	387
10.5 关中地区冬小麦生长过程动态监测	387
10.5.1 冬小麦生长过程时间域动态监测	387
10.5.2 冬小麦生长过程空间域动态监测	388
参考文献	393
后记	396
彩图	

第 1 章 农田遥感与其生态过程监测

1.1 农田遥感

遥感(remote sensing, RS)是指应用传感器远距离获取目标物体的反射、辐射或散射的电磁波信息,经过处理、提取与分析,从而识别地球表层物体性质或运动状态的科学与技术。遥感在农业遥感领域有着广泛的应用。

农田遥感不同于农业遥感,它有明确、客观的观测对象。农田指耕种的田地。从原始农业到传统农业,再到现代农业,虽然农田的耕种方式与田间管理方式出现了明显的变化,但土壤作为农田的基础没有改变,人类通过土壤种植作物进行大规模再生产的方式也没有改变。农田,是生产主要农作物与经济作物的土地,而粮食生产主要依赖于农田。尽管出现了“无土栽培”技术,可以无土栽培水果、蔬菜和其他农产品等,但在可以预见的未来,粮食大规模生产仍然需要依赖农田种植。目前,中国已经成为世界小麦和大米第一大消费国,中国用占世界 7%的耕地养活了世界 22%的人口,“虽有数斗玉,不如一盘粟”。粮食是基础性、战略性资源,农田是保障粮食安全的基础。“十分珍惜、合理利用土地和切实保护耕地”是我国的基本国策。保护耕地有两条基本原则:一是严格地保护耕地数量;二是不断地提升耕地质量。保护耕地的前提是及时掌握我国耕地资源的动态变化,遥感提供了耕地资源动态监测的技术手段。

美国前国务卿亨利·基辛格曾经在 20 世纪 70 年代说过:“控制了石油,你就控制了国家;而控制了粮食,你就控制了人类”。可以说,粮食是稳民心、平物价、保民生的特殊商品。在信息化社会,利用遥感技术监测作物生长,加强作物生长田间管理,是提高农作物产量的一个重要环节。近年来,我国粮食供需处于紧平衡状态,大宗粮食作物进口已成为新常态,因此需要对世界粮食生产形势进行准确把握,掌握粮食采购时机,依靠遥感全球农业估产是一个重要手段。因此,深入认识农田的特性、农田遥感的作用与精准农业对遥感的技术要求,对于保障我国粮食安全具有重要意义。

1.1.1 作为遥感观测对象的农田特性

农田作为遥感对地观测的对象,具有以下的主要特性。

1. 复杂性

1) 农田组分的复杂性

农田是分布于一定地段上的自然综合体,由植被(作物)、土壤、微生物等相互作用、紧密联系而构成。农田除了受到小气候要素(光、热和降水等因素)的影响,还受到人类

播种、施肥、灌溉、除草和治虫等活动的影响,这促使其生产力远高于相似自然条件下的自然生态系统。因此,农田是在一定程度上受人工控制的复杂系统。作为遥感观测对象,可以把农田视为土壤与植被二元组分所构成的复杂生态系统。

2) 空间分布的复杂性

农田耕地主要分布在平原、丘陵山地与河流阶地,耕种面积、地块大小或形状存在着不同,农耕地呈现复杂的空间分布。农田所处的地理位置与地面高程的差异性导致对地表的水热分布再次分配,直接或间接影响到作物的生长发育过程。

3) 观测尺度的多样性

传感器对地观测,具有不同的观测尺度,如 MODIS 遥感影像的空间分辨率为 1000 m 或 500 m, Landsat 8 遥感影像多光谱波段为 30 m, 全色波段为 15 m, 中国高分二号卫星搭载的传感器, 多光谱波段为 4 m, 全色波段为 1 m, 这意味着同一地域上的同一块农田, 在不同观测尺度的传感器上, 每个像元覆盖面积大小不同, 其光谱贡献比例不同。在不同观测尺度下农田地块几何形状在图像上的综合表现也不一样。南方丘陵上的农田, 在高分二号卫星全色波段图像中可以看到地块形状, 但在 MODIS 遥感影像, 一个像元图像覆盖了 1000 m×1000 m 的范围, 可能包括了农田地块、田埂与道路等地物类型, 成为混合像元, 即使在高分二号卫星全色波段影像上, 1 m² 的农田内, 在作物出苗阶段也是植被与土壤二元组分的混合像元。

2. 立体性

农田在地表上占有一定的面积, 并从地面起, 向下延伸至土壤的成土母质层, 向上到达作物的冠层, 是一个具有三维空间特征的立体观测客体。在作物生长期间, 植被垂直结构具有异质性, 研究发现农田植被株型(如玉米叶面积密度垂直分布)会影响植被光合作用能力, 植被冠层上部和下部的叶片叶绿素含量有较大差别等, 目前植被多种生理生化参数反演, 主要将三维植被二维化处理, 不能充分利用垂直方向的信息。

多角度遥感提供了作物立体观测的技术手段。该技术利用了电磁波的方向特性, 可以探测垂直方向上不同层位叶片生化组分等叶片光学、结构参数的变化对电磁总辐射贡献的影响, 有效提取植被叶面积指数和叶向分布, 分析不同高度情况下的叶片分布与反射光谱的特性, 诊断植被生长状况。此外土壤不同深度的含水量, 可以有针对性地采用不同波长的主动雷达波进行测量与反演。

3. 地域性

中国幅员辽阔, 横跨纬度较广, 不同地域距海远近差距较大, 气温降水的组合多种多样, 在不同地域发育了各种土壤类型, 分别形成砖红壤、赤红壤、红壤和黄壤、黄棕壤、棕壤、暗棕壤、寒棕壤、褐土、黑钙土、栗钙土、棕钙土、黑垆土、草甸土等(龚子同, 1989)。根据我国从南到北的积温、光照、降水等条件的不同, 在不同土壤类型上形成的农田, 也带有地域性特征, 例如水稻分布于我国南方地区和水源地较好的东北地区,

冬小麦广泛分布于我国华北平原地区,玉米的产区则主要集中在我国华北、东北和西南地区。作物受地域性影响,主要粮食产区种植的作物品种存在着差异性,这种差异性也会在作物生理生化指标(叶面积、叶绿素、氮素、FAPAR)等方面体现出来。

4. 时效性强

农田是以作物为中心,受人工控制的生态系统。农田生态系统中的生物群落结构较简单,优势群落往往只有一种或数种作物,伴生生物为杂草、昆虫、土壤微生物及少量其他小动物。系统与外部生态环境和大气系统的能量交换具有动态变化和开放性,养分循环主要靠系统外投入而保持平衡。农田作物生长具有明显的周期性,如冬小麦主要生育期包括播种-出苗期、分蘖-越冬期、返青-拔节期、抽穗-扬花期和灌浆-乳熟期,生育期为7~8个月。夏玉米主要生育期包括:播种-出苗期、三叶期、拔节期、小喇叭口期、大喇叭口期、抽雄期、开花期、抽丝期、灌浆期、完熟期,生育期为4个月。水稻生育期包括育苗-插秧期、返青期、分蘖期、穗分化期、拔节期、孕穗期、抽穗开花期、乳熟期、蜡熟期、黄熟期和完熟期,生育期一般为3~4个月。在生育期不同阶段,农作物生长状态变化大,农田地表的植被覆盖度也不断变化,因此农田观测具有时效性强的特点。农田遥感需要考虑作物生长的季节性、时效性与遥感数据的可获得性。

1.1.2 农田遥感与精准农业

农田遥感技术可以客观、准确、及时地提供作物生态环境和作物生长的各种信息,它具有以下的应用。

1. 农作物种类遥感识别

种类识别是作物种植面积遥感估算的基础,它依据不同地物光谱反射与吸收的特性。对于正常生长的农作物来说,在红色光波段强烈吸收与近红外波段强烈反射,据此可以区分农作物、土壤和水体。同时,利用多时相遥感影像,根据不同作物的播种、生长、收割的季节不同,结合作物物候特征和区域背景资料,可以有效地识别作物种类。若进一步细分作物品种,可以应用高光谱遥感影像,根据不同品种在高光谱谱段的突出特征,通过分类方法加以识别。

2. 种植面积遥感估算

农作物种植面积是估算与预测农产品产量的重要指标之一。基于遥感技术的农作物种植面积估算通常有3种方法(Gallego, 2004)。

第一种方法是在农作物种类遥感识别基础上,得到不同种类农作物种植的空间分布范围或农作物像元的表达,在此基础上计算出作物种植面积。在这种情况下,地面调查数据,作为辅助手段,主要用于训练数据进行图像监督分类,或进行亚像素分析。

第二种方法是利用地面调查样本信息,基于抽样的原理进行农作物种植面积推算。卫星遥感图像为提取和更新农作物种植空间分布等提供了详尽的但不十分准确的信息,