

文章编号: 0494-0911(2008)10-0001-04

中图分类号: P237

文献标识码: B

高光谱遥感技术的发展与应用现状

杨国鹏, 余旭初, 冯伍法, 刘 伟, 陈 伟

(信息工程大学 测绘学院 遥感信息工程系, 河南 郑州 450052)

The Development and Application of Hyperspectral RS Technology

YANG Guo-peng YU Xu-chu FENG Wu-fa LIU Wei CHEN Wei

摘要: 20世纪 80年代初期出现的高光谱遥感技术, 将反映目标辐射属性的光谱信息与反映目标空间几何关系的图像信息有机地结合在一起, 与传统的全色、多光谱遥感相比, 在地物识别方面具有明显的优势。高光谱遥感技术在许多国家的重视下发展迅速, 其应用领域也日趋广泛并更加成熟。对高光谱遥感技术的发展与应用现状进行总结。

关键词: 高光谱影像; 高光谱遥感; 发展; 应用

20世纪 80年代初期出现的高光谱遥感, 在光谱分辨率上具有巨大的优势, 被称为遥感发展的里程碑。世界各国对该类遥感的发展都十分重视, 成像光谱仪技术发展迅速, 高光谱影像处理技术日趋成熟与深入, 应用日益广泛。

一、高光谱遥感技术

成像光谱仪能获取许多波段狭窄且连续的影像, 光谱分辨率达到纳米级。利用高光谱数据反演得到的地物反射光谱特征, 能研究地球表面物体的分类、物质的成分、含量、存在状态、空间分布及动态变化^[1]。

1. 高光谱遥感技术的特点

与传统的全色、多光谱遥感影像相比较, 高光谱影像具有以下特点^[2 3]:

1. 光谱响应范围广, 光谱分辨率高。成像光谱仪响应的电磁波长从可见光延伸到近红外, 甚至到中红外; 光谱分辨率达到纳米级。

2. 光谱信息与图像信息有机结合。在高光谱影像数据中, 每一像元对应于一条光谱曲线, 整个数据是光谱影像的立方体, 具有空间图像维和光谱维。

3. 数据描述模型多, 分析更加灵活。高光谱影像通常有三种描述模型: 图像模型、光谱模型与特征模型。

4. 数据量大, 信息冗余多。高光谱数据的波段众多, 其数据量巨大, 而且波段之间相关性大。

2. 高光谱遥感技术的优势

高光谱遥感的光谱分辨率的提高, 使地物目标

的属性信息探测能力有所增强。因此, 较之全色和多光谱遥感, 高光谱遥感有以下显著优势^[3 4]:

1. 蕴含着近似连续的地物光谱信息。高光谱影像经过光谱反射率重建, 能获取地物近似连续的光谱反射率曲线, 与地面实测值相匹配, 将实验室地物光谱分析模型应用到遥感过程中。

2. 地表覆盖的识别能力极大提高。高光谱数据能够探测具有诊断性光谱吸收特征的物质, 能够准确区分地表植被覆盖类型、道路的铺面材料等。

3. 地形要素分类识别方法灵活多样。影像分类既可以采用各种模式识别方法, 如贝叶斯判别、决策树、神经网络、支持向量机等, 又可以采用基于地物光谱数据库的光谱匹配方法。分类识别特征, 可以采用光谱诊断特征, 也可以进行特征选择与提取。

4. 地形要素的定量或半定量分类识别成为可能。在高光谱影像中, 能估计出多种地物的状态参量, 提高遥感高定量分析的精度和可靠性。

3. 高光谱影像应用中面临的难题

高光谱影像在应用的过程中, 还面临着以下关键技术需要解决:

1. 高光谱影像光谱重建技术。高光谱影像记录的 DN值, 根据成像光谱仪的辐射定标、光谱定标数据, 经过各种辐射校正, 反演出地物反射率, 这是高光谱遥感定量分析的基础。

2. 高光谱影像分类识别技术。传统影像分类算法, 如最大似然估计、神经网络等都是基于大数定理, 高光谱影像维数高、波段相关性大, 会遇到“维数灾难”现象, 需要研究面向高光谱影像的分析方法。

收稿日期: 2008-04-24

作者简介: 杨国鹏 (1982-), 男, 山东聊城人, 博士生, 研究方向为图像处理与模式识别、高光谱遥感技术应用。

3 海量影像数据的存储与计算。高光谱影像数据量大、相关性强,面临着数据压缩问题;影像分析处理的过程中,需要巨大的计算资源。

4 高光谱遥感技术发展趋势

伴随着成像光谱技术的逐渐成熟,高光谱影像分析研究的不断深入,应用领域日益广泛,高光谱遥感技术发展呈现出了以下趋势:成像光谱仪的光谱探测能力将继续提高,成像光谱仪获取影像的空间分辨率逐步提高,正由航空遥感为主转为航空和航天遥感相结合阶段,逐步从遥感定性分析阶段发展到定量分析阶段,应用范围越来越广,应用研究日益深入。

二、高光谱遥感技术发展现状

高光谱遥感技术是集探测器技术、精密光学机

械、微弱信号检测、计算机技术、信息处理技术于一体的综合性技术,技术成果主要表现为成像光谱仪研制、高光谱影像分析两方面^[1-5]。

1 国外的成像光谱仪研制情况

由于高光谱遥感在地物属性探测方面的巨大潜力,成像光谱技术得到了普遍重视^[5-6]。

(1) 机载成像光谱仪

1983年,第一幅高光谱影像由美国研制的航空成像光谱仪 (ASIS) 获取,标志着第一代高光谱成像仪的面世。1987年,美国宇航局 (NASA) 喷气推进实验室 (JPL) 研制成功航空可见光/红外成像光谱仪 (AVRIS), 这标志着第二代高光谱成像仪的问世。进入 20 世纪 90 年代,许多国家开始从事成像光谱仪研制,具有代表性的机载成像光谱仪如表 1 所示。

表 1 国外主要的机载成像光谱仪

传感器	中文名称	国别/运营商	启用时间/年	波段数	波长/ μm
AVRIS	机载可见光近红外成像光谱仪	美国/NASA Ames	1987	224	0.41~2.45
CASI	紧密机载成像光谱仪	加拿大国际研究有限公司	1990	288	0.43~0.86
MAS	MODIS机载模拟器	NASA Ames/GSFC	1992	50	0.54~14.52
CHRIS	紧密机载高分辨率成像光谱仪	美国科技应用国际股份公司	1992	40	0.43~0.86
AISA	应用机载成像光谱仪	芬兰/Specim Ltd	1993	286	0.45~0.90
DAS 3715	数字机载成像光谱仪	德国/GER	1994	37	0.40~12.0
DAS 7915				79	
DAIS16115				160	
DAIS21115				211	
YDICE	高光谱数字图像采集实验	美国/海军研究实验室/ERML	1994	206	0.40~2.50
Hymap	机载高光谱扫描仪系列	美国/JPL	1996	126	0.40~2.50
				1	3.00~5.00
				1	8.00~10.00
ASIVNR-640	机载光谱成像仪	挪威/Norsk Elektro Optikk AS	2003	128/64	0.4~1.0
ASIVNR-1600				160	0.4~1.0
SWIR-320i				160	0.9~1.7
SWIR-320m				256	1.3~2.5
APEX	机载棱镜实验传感器	欧空局	2004	312	0.38~1.0
				199	0.94~2.5
AHI	机载高光谱成像仪	美国/Hawaii大学		32/256	7~11.5

(2) 星载成像光谱仪

在航天领域,由美国喷气推进实验室研制的对地观测计划中的中分辨率成像光谱仪 (MODIS) 随 TERRA 卫星发射,成为第一颗在轨运行的星载成像光谱仪,从 2000 年开始向地面传送图像。到目前为止,已发射的具有代表性的星载成像光谱仪如表 2 所示。

2000 年, NASA 发射的 EO-1 卫星上搭载的高光谱成像仪 (Hyperion), 地面分辨率为 30 m, 已在矿物定量填图方面取得了很好的应用效果。2002 年美

国的海军测绘观测 (NEMO) 卫星携带的海岸海洋成像光谱仪 (COIS) 具有自适应性信号识别能力, 满足军用和民用的不同需求。另外, 2007 年 6 月交付美 Kirtland 空军基地的高光谱成像传感器将通过 TacSat3 卫星载入太空。

目前,许多国家都在积极研制自己的高光谱传感器,已明确有发射计划的有德国环境监测与分析计划的 EnMAP、南非的多传感器小卫星成像仪 MSM 和加拿大高光谱环境与资源观测者 HERQ。

表 2 国外主要的星载成像光谱仪

传感器	中文名称	国别/运营商	启用时间/年	波段数	波长
MODIS	中分辨率成像光谱仪	美国喷气推进实验室	1999	36	0.459~14.38
FTVHSI	Fourier可见光成像光谱仪	Kestrel Corp. FIT	2000	145/256	0.45~2.35
HRST	高再用性空间运输计划	美国/JPL	2000	210	0.40~2.50
FTHSI	傅里叶高光谱成像仪	美国空军研究室	2000	256	0.35~1.05
Hyperion	卫星成像光谱仪	NASA Goddard空间飞行中心	2000	220	0.40~2.50
CHRIS	紧密式、推扫式成像光谱仪	欧空局	2001	62	0.415~1.05
COIS	空间技术开发公司海军实验室	空间技术发展公司/海军研究实验室	2002	210	0.40~2.50
GLI	高级地球观测卫星	日本/NASDA	2002	36	0.38~1.20
ARIES-I	澳大利亚资源信息环境卫星	澳大利亚空间有限公司	2005	64	0.40~1.05 2.00~2.50
PRISM	—	欧空局 ESA/EOS	2005	200	0.45~2.50

2 国外的高光谱影像分析技术的研究现状

在成像光谱仪快速发展的同时,地物光谱数据库、高光谱影像分析技术研究也得到了迅速发展。

地物光谱数据库技术方面,以美国最为先进,有代表性的主要有 JPL标准波谱数据库、USGS波谱数据库、ASTER波谱数据库和 GCP-264 波谱数据库^[9]。此外,美国空军部门和环保局针对大气污染和空气成分的诊断建立了 AEDC/EPA光谱数据库,并针对美国海军研究室研制的 HYDICE成像光谱仪建立了森林高光谱数据库等。部分其他国家也展开了光谱数据库技术研究和建设工作,如英国在 20 世纪 90 年代初针对海水颜色研究建立了海水光谱数据库。

美国国家航空航天局(NASA)、欧洲航天局(ESA)、日本国家空间发展局(NASDA)和大学及研究所都有专门的高光谱影像应用分析的研究机构^[7]。

国外商业遥感图像处理系统,相继增加成像光谱数据处理模块,其中具有代表性的有 RSI公司的 ENVI、PCI Geomatics公司的 PCI MicroImages公司 TINMIP 等。

3 国内高光谱遥感技术发展现状

我国紧密跟踪国际高光谱遥感技术的发展,并结合国内不断增长的应用需求,于 20 世纪 80 年代中后期着手发展自己的高光谱成像系统。主要的成像光谱仪有中科院上海技术物理研究所研制的推扫式成像光谱仪(Phi)系列、实用型模块化成像光谱仪(OMIS)系列、中科院长春光机所研制的高分辨率成像光谱仪(CHRIS)和西安光机所研制的稳态大视场偏振干涉成像光谱仪(SLPIS)。

中科院上海技术物理研究所研制的中分辨率

成像光谱仪(CMODIS)于 2002 年随“神舟”三号发射升空,并成功获取航天高光谱影像,其获取影像从可见光到近红外共 30 波段,中红外到远红外的 4 波段,空间分辨率为 500 m。

2007 年 10 月年发射的“嫦娥 1 号”卫星已携带中科院西安光机所研制的干涉成像光谱仪升空,用于获取月球表面二维多光谱序列图像及可分辨地元光谱图,通过与其他仪器配合使用对月球表面有用元素及物质类型的含量与分布进行分析,获得的数据用于编制各元素的月面分布图。

从 2007 年到 2010 年,我国将组建环境与灾害监测预报小卫星星座,将携带超光谱成像仪,采用 0.45~0.95 μm 波段,平均光谱分辨率为 5 nm,地面分辨率为 100 m。

我国在积极研制具有自主知识产权的成像光谱仪的同时,在地物光谱数据技术、高光谱影像分析技术等方面的研究中也取得了部分的成果。

20 世纪 90 年代初期,中科院安徽光机所、遥感所等单位对大量的典型地物进行了波谱采集,建立了我国第一个综合性“地物波谱特性数据库”。1998 年,中国国土资源航空物探与遥感中心建立了“典型岩石矿物波谱数据库”,其中包含了我国主要的典型岩石和矿物 500 余种。2000 年,中国科学院遥感所基于 GIS 和网络技术研制了典型地物波谱数据库及其管理系统,记录了 10 000 多条地物波谱,并能动态生成相应的波谱曲线和遥感器模拟波段,实现了波谱数据库与“3S”技术的链接。

三、高光谱遥感应用领域

1. 军事领域应用

先进的科技成果往往最先应用于军事领域。

高光谱影像的军事应用主要集中在以下领域^[4 6]。

1 目标侦察。高光谱卫星图像可大大拓宽对目标种类识别范围并提高识别的准确率。

2 近海环境监测。应用于海军和潜艇部队需要浅水区探测、海底结构类型、探测水下危险事件、海水清晰度等。

3 伪装与反伪装。高光谱遥感能够完成对多种伪装目标或工程的可靠揭露,同时还可用来提高部队的伪装技术水平。

4 打击效果评估。用目标受损后其自身和环境的细微光谱特征变化来实现或辅助毁伤识别。

2 民用领域应用

在民用方面,高光谱遥感在对地观测和环境调查中广泛应用,主要体现在以下几个方面^[8 9]:

1 测绘地形图,制作专题图。例如精细农业中的农作物、森林、草场等植被分布图,地质探测中的矿物、土壤、冰川^[10]等专题分布图等。

2 海部要素监测。例如海洋资源普查、水色水质变化、叶绿素和浮游生物含量分析、海岸带和海洋生态变化及海洋污染监测等。

3 资源环境调查与灾害评估。例如土地利用动态监测^[11]、矿物分布调查^[12]、水体富营养化检测、大气污染物监测、植被覆盖度和生物量调查、地质灾害评估等。

4 大气遥感。利用高光谱数据,在准确探测大气成分的基础上,能提高天气预报、灾害预警等的准确性与可靠性。

参考文献:

- [1] 万余庆,谭克龙,周日平.高光谱遥感应用研究[M].北京:科学出版社,2006 30-49
- [2] 杨国鹏.基于核方法的高光谱影像分类与特征提取[D].郑州:信息工程大学,2007
- [3] 路威.面向目标探测的高光谱影像特征提取与分类技术研究[D].郑州:信息工程大学,2005
- [4] 余旭初,冯伍法,林丽霞.高光谱——遥感测绘的新机遇[J].测绘科学技术学报,2006 23(2): 101-105
- [5] 童庆禧,张兵,郑兰芬.高光谱遥感——原理、技术与应用[M].北京:高等教育出版社,2006 129-289
- [6] KRAMER Earth Observation History on Technology Introduction [EB/OL]. <http://www.ecporea.org/documents/kramer%20history.pdf> 2008-03-12
- [7] 杨哲海.高光谱影像分类若干关键技术的研究[D].郑州:信息工程大学,2006
- [8] 浦瑞良,宫鹏.高光谱遥感及其应用[M].北京:高等教育出版社,2000 47-78
- [9] 张良培,张立福.高光谱遥感[M].武汉:武汉大学出版社,2005 58-101
- [10] 李震,施建成.高光谱遥感积雪制图算法及验证[J].测绘学报,2006 (35): 67-73
- [11] 王静.土地资源遥感监测与评价方法[M].北京:科学出版社,2006 109-141
- [12] 张宗贵,王润生,郭大海,等.成像光谱岩矿识别方法技术研究和影响因素分析[M].北京:地质出版社,2006 108-136

欢迎订阅《测绘学报》

《测绘学报》创刊于1957年,是由中国科协主管,中国测绘学会主办的反映我国测绘科学技术发展水平的国家级综合性学术刊物,影响因子和被引频次居中文核心期刊测绘类前列,是美国《工程索引》(EI)核心期刊,并入选中国百种杰出学术期刊和中国科协精品科技期刊工程项目,是我国最具影响力的测绘期刊之一。

《测绘学报》发表中、英两种文字的论文;着重报道我国测绘科技最新的重要研究成果及其应用,内容涉及大地测量、工程测量、遥感、航空摄影测量、地图学、地理信息系统、矿山测量、海洋测绘、地籍测绘、地图印刷、测绘仪器、信息传输等测绘学科及其相关相邻学科。多次荣获中国科协的优秀学术期刊奖,被多个国际检索系统所收录。

《测绘学报》设有测绘快报、学术论文、博士论文摘要、博士后工作动态等栏目。

《测绘学报》(季刊),定价:15.00元,邮发代号:2-224

编辑部地址:北京复外三里河路50号,邮编:100045 电话:68531192(金英) 010-68531317(兼传真)