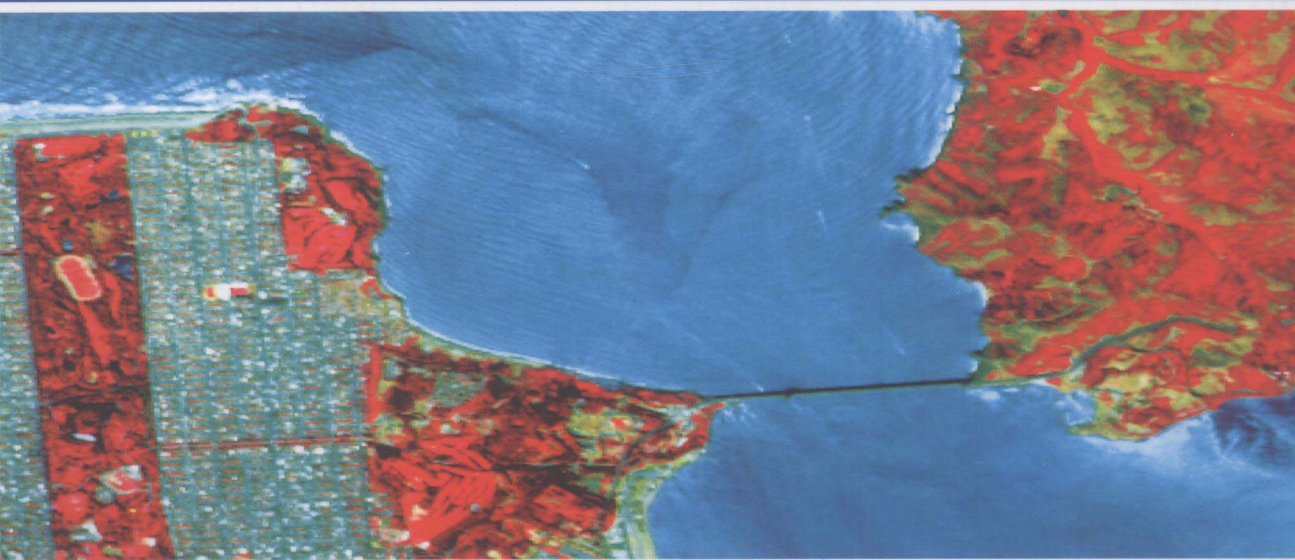


GEO-SPATIAL INFORMATION SCIENCE

● 高等学校测绘工程系列教材

# 遥感图像处理实验教程

闫利 主编



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

高等学校测绘工程系列教材

# 遥感图像处理实验教程

主编：闫利

编委：（按姓氏音序排列）

邓非 李妍 闫利 张毅 詹总谦



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

遥感图像处理实验教程/闫利主编. —武汉:武汉大学出版社,2010.1  
高等学校测绘工程系列教材  
ISBN 978-7-307-07175-9

I. 遥… II. 闫… III. 遥感图像—图像处理—高等学校—教材  
IV. TP751

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 104075 号

责任编辑:林 莉 责任校对:黄添生 版式设计:詹锦玲

---

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:cbs22@whu.edu.cn 网址:www.wdp.com.cn)

印刷:武汉中远印务有限公司

开本:787×1092 1/16 印张:13.5 字数:326千字 插页:6

版次:2010年1月第1版 2010年1月第1次印刷

ISBN 978-7-307-07175-9/TP·337 定价:25.00元

---

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

# 前 言

遥感是当今科技发展中最具知识创新性和技术带动力的领域之一,是一门利用航天、航空、近地、地面平台获取空间影像信息测定目标物的形状、大小、空间位置、性质及其相互关系的学科。现代空间技术、导航定位技术、计算机技术和网络技术的发展,使人们能够快速、及时和连续不断地获得有关地球及其外部空间环境的大量几何与物理信息,极大地促进了与地球空间信息获取与应用相关学科的交叉和融合,推动了地球空间信息科学的诞生与发展。资源、环境、灾害、人口是经济建设与社会发展面临的四大主要问题,地理空间信息是解决这四大问题的基础,遥感技术是对地观测数据快速获取与处理的重要手段,能够提供不同时空尺度、多层次、多领域、全方位的数据,为资源、环境、灾害、交通、城市发展等诸多与可持续发展密切相关的领域提供全新的技术支持和全方位的信息服务。

全国设有遥感相关专业的院校共有 140 多所,涉及的学科领域主要有测绘、地质、农业、林业、交通、土木等。统计数据表明,到 2005 年,我国已经有 1 000 多家 3S 单位、10 多万名从业人员,直接或间接地从事卫星遥感技术的软硬件研制、应用和开发工作。遥感技术已成为我国地理空间信息产业的一个重要组成部分,发挥的作用越来越明显,并成为一些行业的支撑技术。因此,加强遥感专业技能的培养具有重要的现实意义。

《遥感图像处理》是测绘工程专业核心课程之一,针对测绘工程专业以及相关专业遥感课程教学大纲的要求,面向测绘行业以及相关行业领域对遥感专业人才的专业技能需求,本书扼要地介绍了遥感技术的发展和应用现状,设计了 9 个实验,可用于测绘工程本科专业或相关专业的遥感实验课程。

在本书编写过程中,聂倩、赵展、曹君、谢洪等同志做了大量的工作,在此表示感谢!由于时间仓促,不妥之处敬请批评指正。

编 者

2009 年 6 月

# 目 录

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 第 1 章 绪论                   | 1  |
| 1.1 遥感技术发展现状               | 1  |
| 1.1.1 遥感平台与传感器新进展          | 1  |
| 1.1.2 遥感科学与技术进展及趋势         | 2  |
| 1.2 遥感应用现状                 | 3  |
| 1.2.1 遥感技术在基础测绘中的应用        | 3  |
| 1.2.2 遥感技术在资源调查与监测中的应用     | 4  |
| 1.2.3 遥感技术在生态环境监测中的应用      | 6  |
| 1.2.4 遥感技术在灾害监测与管理中的应用     | 6  |
| 1.2.5 遥感技术在农业中的应用          | 6  |
| 1.2.6 遥感技术在数字城市建设中的应用      | 7  |
| 1.3 实验安排                   | 7  |
| 第 2 章 遥感图像处理系统             | 8  |
| 2.1 遥感图像数据处理流程             | 8  |
| 2.2 遥感图像数据处理系统组成           | 9  |
| 2.2.1 遥感图像数据处理的硬件系统        | 9  |
| 2.2.2 遥感图像数据处理的软件系统        | 11 |
| 2.3 国内外遥感图像处理软件            | 12 |
| 2.3.1 ERDAS IMAGINE        | 12 |
| 2.3.2 ENVI                 | 13 |
| 2.3.3 PCI                  | 14 |
| 2.3.4 eCognition           | 15 |
| 2.3.5 ER Mapper            | 16 |
| 2.3.6 像素工厂                 | 17 |
| 2.3.7 GeoImager            | 17 |
| 2.3.8 TITAN Image          | 18 |
| 2.4 ERDAS 遥感图像处理软件系统介绍     | 19 |
| 2.4.1 菜单命令及其功能             | 19 |
| 2.4.2 工具图标及其功能             | 20 |
| 2.4.3 ERDAS IMAGINE 主要功能介绍 | 21 |
| 第 3 章 遥感图像认知               | 27 |

|        |                |    |
|--------|----------------|----|
| 3.1    | 实习内容和要求        | 27 |
| 3.2    | 遥感图像类型         | 27 |
| 3.3    | 国外遥感卫星系列       | 28 |
| 3.3.1  | Landsat 卫星     | 28 |
| 3.3.2  | IKONOS 卫星      | 28 |
| 3.3.3  | QuickBird 卫星   | 29 |
| 3.3.4  | Orbview 卫星     | 30 |
| 3.3.5  | WorldView 卫星   | 30 |
| 3.3.6  | GeoEye 卫星      | 31 |
| 3.3.7  | SPOT 系列卫星      | 31 |
| 3.3.8  | IRS 卫星         | 32 |
| 3.3.9  | ALOS 卫星        | 33 |
| 3.3.10 | EROS 卫星        | 33 |
| 3.3.11 | Resurs-DK1 卫星  | 34 |
| 3.3.12 | KOMPSAT 卫星     | 34 |
| 3.3.13 | ENVISAT 卫星     | 34 |
| 3.3.14 | Radarsat 卫星    | 34 |
| 3.3.15 | COSMO 卫星       | 35 |
| 3.3.16 | TerraSAR 卫星    | 35 |
| 3.4    | 国内遥感卫星系列       | 36 |
| 3.4.1  | 资源一号(CBERS)卫星  | 36 |
| 3.4.2  | 资源二号卫星         | 38 |
| 3.4.3  | 资源三号卫星         | 38 |
| 3.4.4  | 环境与灾害监测预报小卫星星座 | 38 |
| 3.4.5  | TS-1 卫星        | 40 |
| 3.4.6  | 台湾福卫二号卫星       | 40 |
| 3.4.7  | 北京一号卫星         | 40 |
| 3.4.8  | 清华一号微小卫星       | 41 |
| 3.5    | 遥感影像特征         | 42 |
| 3.5.1  | 中低分辨率遥感图像      | 42 |
| 3.5.2  | 高分辨率遥感图像       | 42 |
| 3.6    | 遥感图像质量评价       | 42 |
| 3.6.1  | 目视评价           | 43 |
| 3.6.2  | 定量评价           | 43 |
| 3.7    | 遥感图像认知实验       | 45 |
| 3.7.1  | 遥感图像文件信息操作     | 45 |
| 3.7.2  | 遥感图像空间分辨率认知    | 47 |
| 3.7.3  | 遥感影像纹理结构信息认知   | 49 |
| 3.7.4  | 遥感影像色调信息认知     | 51 |
| 3.7.5  | 遥感影像特征空间分析     | 55 |

|                            |           |
|----------------------------|-----------|
| 3.7.6 多源遥感影像综合分析 .....     | 56        |
| 3.8 习题 .....               | 58        |
| <b>第4章 遥感图像输入/输出 .....</b> | <b>59</b> |
| 4.1 实习内容及要求 .....          | 59        |
| 4.2 遥感图像元数据 .....          | 59        |
| 4.3 遥感图像格式 .....           | 61        |
| 4.4 遥感图像格式转换 .....         | 62        |
| 4.5 遥感图像显示 .....           | 63        |
| 4.6 波段组合 .....             | 65        |
| 4.7 实验操作 .....             | 65        |
| 4.7.1 数据输入输出 .....         | 65        |
| 4.7.2 波段组合 .....           | 66        |
| 4.7.3 遥感图像显示 .....         | 68        |
| 4.8 习题 .....               | 70        |
| <b>第5章 遥感图像增强 .....</b>    | <b>71</b> |
| 5.1 实习内容及要求 .....          | 71        |
| 5.2 直方图统计及分析 .....         | 71        |
| 5.3 反差调整 .....             | 73        |
| 5.4 直方图均衡 .....            | 76        |
| 5.5 正交变换 .....             | 77        |
| 5.5.1 傅里叶变换 .....          | 77        |
| 5.5.2 主成分变换 .....          | 78        |
| 5.6 低通滤波 .....             | 79        |
| 5.7 高通滤波 .....             | 80        |
| 5.8 同态滤波 .....             | 81        |
| 5.9 边缘提取 .....             | 82        |
| 5.10 实验操作 .....            | 84        |
| 5.10.1 图像信息显示 .....        | 84        |
| 5.10.2 图像反差调整 .....        | 84        |
| 5.10.3 低通/高通滤波 .....       | 85        |
| 5.10.4 同态滤波 .....          | 88        |
| 5.10.5 主成分变换 .....         | 89        |
| 5.10.6 卷积增强 .....          | 90        |
| 5.11 习题 .....              | 91        |
| <b>第6章 遥感图像融合 .....</b>    | <b>93</b> |
| 6.1 实习内容及要求 .....          | 93        |
| 6.2 IHS 融合 .....           | 93        |

|              |                       |            |
|--------------|-----------------------|------------|
| 6.3          | 小波变换融合 .....          | 94         |
| 6.4          | PCA 变换融合 .....        | 95         |
| 6.5          | 乘积变换融合 .....          | 96         |
| 6.6          | Brovey 变换融合 .....     | 97         |
| 6.7          | 遥感图像融合效果评价 .....      | 97         |
| 6.8          | 实验操作 .....            | 99         |
| 6.8.1        | 改进的 IHS 融合 .....      | 99         |
| 6.8.2        | 小波变换融合 .....          | 101        |
| 6.8.3        | 其他几种融合方法 .....        | 102        |
| 6.9          | 习题 .....              | 103        |
| <b>第 7 章</b> | <b>遥感影像几何纠正 .....</b> | <b>104</b> |
| 7.1          | 实习内容及要求 .....         | 104        |
| 7.2          | 控制点选取 .....           | 104        |
| 7.3          | 多项式纠正 .....           | 106        |
| 7.4          | 数字微分纠正 .....          | 108        |
| 7.5          | 多源遥感影像配准 .....        | 109        |
| 7.6          | 实验操作 .....            | 109        |
| 7.6.1        | 多源影像多项式配准 .....       | 109        |
| 7.6.2        | 数字微分纠正 .....          | 113        |
| 7.7          | 习题 .....              | 114        |
| <b>第 8 章</b> | <b>遥感影像镶嵌 .....</b>   | <b>115</b> |
| 8.1          | 实习内容及要求 .....         | 115        |
| 8.2          | 全色遥感影像镶嵌 .....        | 115        |
| 8.3          | 多波段遥感影像镶嵌 .....       | 115        |
| 8.4          | 影像匀光 .....            | 116        |
| 8.5          | 实验操作 .....            | 117        |
| 8.6          | 习题 .....              | 120        |
| <b>第 9 章</b> | <b>遥感图像解译 .....</b>   | <b>121</b> |
| 9.1          | 实习内容及要求 .....         | 121        |
| 9.2          | 遥感解译标志 .....          | 121        |
| 9.3          | 目视解译方法 .....          | 124        |
| 9.3.1        | 直接判读法 .....           | 124        |
| 9.3.2        | 对比分析法 .....           | 125        |
| 9.3.3        | 地理相关分析法 .....         | 127        |
| 9.4          | 目视解译过程 .....          | 128        |
| 9.5          | 土地利用分类 .....          | 129        |
| 9.6          | 土地利用分类目视解译 .....      | 134        |

|                            |            |
|----------------------------|------------|
| 9.7 习题 .....               | 136        |
| <b>第 10 章 遥感图像分类 .....</b> | <b>138</b> |
| 10.1 实习内容及要求 .....         | 138        |
| 10.2 非监督分类法 .....          | 138        |
| 10.2.1 模式样本设定 .....        | 139        |
| 10.2.2 ISODATA 法 .....     | 139        |
| 10.3 监督分类法 .....           | 140        |
| 10.3.1 训练样区选择 .....        | 141        |
| 10.3.2 最大似然分类法 .....       | 141        |
| 10.3.3 最小距离分类法 .....       | 142        |
| 10.3.4 马氏距离分类法 .....       | 143        |
| 10.4 分类精度评估 .....          | 143        |
| 10.5 实验操作 .....            | 144        |
| 10.5.1 遥感图像非监督分类 .....     | 144        |
| 10.5.2 遥感图像监督分类 .....      | 148        |
| 10.5.3 分类后处理 .....         | 163        |
| 10.6 习题 .....              | 167        |
| <b>第 11 章 遥感专题图 .....</b>  | <b>168</b> |
| 11.1 实习内容及要求 .....         | 168        |
| 11.2 遥感影像地图 .....          | 168        |
| 11.3 植被指数图 .....           | 178        |
| 11.4 土地利用图 .....           | 184        |
| 11.5 三维景观图 .....           | 191        |
| 11.6 习题 .....              | 200        |
| <b>参考文献 .....</b>          | <b>202</b> |

# 第1章 绪 论

## 1.1 遥感技术发展现状

遥感是获取地球空间信息的重要手段之一，目前正朝着多传感器、多角度、高空间分辨率、高时间分辨率、高光谱、微波遥感等方向发展。2005—2020年，《国家中长期科技发展规划纲要》指出：发展基于卫星、飞机和平流层飞艇的高分辨率（dm级）先进对地观测系统，发射一系列的高分辨率遥感对地观测卫星，建成覆盖可见光、红外、多光谱、超光谱、微波、激光等观测谱段的高中低轨道结合的具有全天时、全天候、全球观测能力的大气、陆地、海洋先进观测体系。

### 1.1.1 遥感平台与传感器新进展

国际上卫星遥感技术的迅猛发展，各国纷纷发射了多颗各种分辨率的遥感卫星，能够提供海量的卫星遥感数据，遥感对地观测技术已进入一个多层、立体、多角度、全方位和全天候的新时代。由各种高、中、低轨道相结合，大、中、小卫星相协同，高、中、低分辨率相弥补而组成的全球对地观测系统，能够准确有效、快速及时地提供多种空间分辨率、时间分辨率和光谱分辨率的对地观测数据。

目前光学高分辨率遥感卫星的空间分辨率已经达到亚米级，如 GeoEye、WorldView 卫星的空间分辨率已达到 0.41m，计划中 GeoEye 2 能进一步达到 0.25m。高空间分辨率，加上高精度的导航定轨和姿态测量控制技术，遥感卫星影像的定位精度有了很大提高。卫星影像的光谱波段数和量化值、等级也有进一步提高，具有更好地反映地物信息的能力。线阵 CCD 相机成为高分辨率卫星的主要传感器，通过线阵 CCD 相机的侧视成像，遥感卫星能够获取大范围同轨或异轨立体影像，为 1:1 万 ~ 1:5 万的中等比例尺地图制图提供了丰富的数据源。现代的遥感卫星具有非常灵活的机械摆动能力，重访周期一般少于几天，能够提供灾害监测等紧急事件的快速响应能力。

合成孔径雷达卫星采用主动式遥感成像方式，可以全天候工作，采用的微波穿透能力强，几乎不受天气影响，具有很强的地面信息获取能力。通过差分干涉技术，利用合成孔径雷达卫星影像可以全天候、全天时地获取大面积地面精确三维信息。合成孔径雷达卫星是 20 世纪 90 年代遥感卫星的主流，有多颗载有合成孔径雷达的卫星发射上空，如欧洲空间局的 ERS-1、ERS-2，日本的 JERS-1，加拿大的 Radarsat-1 等。最近几年这些卫星的后续卫星又陆续发射，如 Radarsat-2、ALOS、ENVISAT、TerraSar-X、COSMO 等。这些卫星的分辨率和成像方式都有不同程度的提高，轨道则与以前卫星相近，可以迅速、大量提供差分干涉数据。中国地面卫星接收站已能接收和分发这些卫星雷达数据。特别是随着欧空局的 ENVISAT 卫星的上天，国际上又掀起了一股利用 InSAR 生成 DEM、监测地表形变、

监测自然灾害和生态变化的研究热潮。我国科技部和欧洲空间局发起了 ENVISAT 遥感合作“龙”计划，这是迄今中欧之间在遥感领域最大规模的科技合作项目。

遥感卫星的另一个发展趋势是进行小卫星编队飞行和组成小卫星观测星座，它们具有高性价比、机动灵活、高时间分辨率、更新方便快捷等特点，是对当前大遥感卫星的一种有效补充，其在军事、减灾、测绘、土地、农业、林业等领域具有越来越明显的应用优越性。我国的“环境与灾害监测预报小卫星星座”就是通过多个光学卫星和 SAR 卫星、多种观测手段协同工作，实现灾害和环境监测预报对时间、空间、光谱分辨率以及全天候、全天时的观测要求。

航空遥感方面，航空数码相机日益成熟，航空数码相机具有体积小、重量轻、高分辨率、高几何精度等优点，而且对天气条件要求不再苛刻，能够在阴天云气下摄影，与模拟航空相机相比，具有独特的优势。航空数码相机的机载 POS 系统的测量精度有显著提高，可以减少利用控制点解算外方位元素的需求，甚至可以直接利用 POS 系统测定的外方位元素进行航空摄影测量影像的定向，航空数码相机与 POS 系统结合逐渐成为主要的航空摄影测量方式。我国已经自主研制出航空数码相机 SWDC，其某些参数指标已经达到或超过国外数码相机的水平。

机载激光扫描技术具有对于大范围、沿岸岛礁海区、不可进入地区、植被下层、地面与非地面数据的快速获取、直接获取三维坐标的优点，将广泛应用于 DEM 测绘、城市三维建模以及带状目标测量（如电力线）等。目前在欧洲某些发达国家，机载激光扫描技术已经成为获取全国 DEM 的主要手段，而在我国机载激光扫描技术的应用还处于起步阶段。

无人飞行器是最近出现的低空遥感平台，无人飞行器的机动性、灵活性使得它不要求专用起降场地，升空准备时间短、操作控制较容易、可使用普通数码相机作为传感器。无人飞行器低空遥感系统运行成本低、影像分辨率高、可多角度成像，特别适合在建筑物密集的城市地区和地形复杂地区及国内南部丘陵、多云地区应用。

平流层遥感系统是基于运行在大气层平流层的飞艇作为遥感平台，具有飞行环境稳定、能见度高、不受政治因素影响的优点。在未来的几十年中，平流层遥感系统将会成为主要遥感平台之一。

### 1.1.2 遥感科学与技术进展及趋势

新的传感平台的出现和传感技术的进步，使遥感技术呈现以下发展趋势：

#### 1. 高级新型分类算法研究发展迅猛

随着高分辨率遥感数据的不断涌现，分类技术出现了前所未有的进展，一方面体现在分类算法和方法上，各种具有智能化、自动化的高级新算法被提出来，面向对象的分类（针对高空间分辨率数据为主）和亚像元分类（针对高光谱分辨率数据为主）成为新的热点。这些新的算法不再要求样本正态分布，能处理高维特征属性，可以将影像中丰富的几何、光谱、纹理和关系以及其他辅助数据和知识纳入分类器设计之中，分类精度有明显提高。另外，分类的不确定性分析和精度评价也得到重视，尤其针对传统的精度评估手段不适用于高维特征空间和少量训练样本情况的瓶颈展开了大量的研究。不过，面向对象的影像自动分割与效果评价、对象的组织表达、混合像元分解、影像处理与分类算法的不确定性、新型分类精度评价方法仍将是未来高级分类研究的热点与重点。

## 2. 高光谱信息提取技术得到长足发展

海量数据压缩、存储、显示和处理分析成为该领域的研究重点。从数据处理与分析看,波谱曲线的分析技术中的光谱库建立、光谱匹配方法、波长变量分析、地物光谱重建中的大气影响是研究热点;光谱特征空间分析技术中的波段选择和特征选择仍是光谱降维的主要手段,特征分类未摆脱传统的分类技术,一些新型的基于数据挖掘的分类技术还在探索研究中;混合像元分类研究还集中在端元提取和混合像元建模两大方面。

## 3. SAR 数据处理技术快速发展

SAR 技术发展至今,出现了很多高空间分辨率、多极化、多频率、多卫星组合的全方位观测的新型传感器系统,合理高效地处理 SAR 数据和提取信息是目前该领域的重点问题。在几何信息提取(尤其是 DEM)方面,干涉测量中的大气影响消除、基线估算、影像配准和相位解缠仍然是国际上的研究热点,通过永久散射体技术,将 GPS、GIS 和影像信息用于辅助处理,以及应用一些能简化计算的经验模型,可以有效地提高从 SAR 数据中提取几何信息的精度和效率。在物理参数提取方面,聚类方法已经从简单聚类发展到基于概率分类,并进一步发展到基于知识的识别过程,处理对象也从像元到同质像斑变化,在充分利用多频率多极化特征的基础上,结合可见光、红外、干涉以及引入各种专业的经验或理论模型成为提高地物分类和识别精度的主要途径,但是效率成为一个有待解决的问题。目前,SAR 数据参数提取的精度和时效性成为影响其广泛业务化应用的障碍。

## 4. 多源遥感数据融合技术

在多源数据融合方面,不同尺度遥感影像间的自动配准仍然主要基于点和线特征,在点匹配方面目前主要是寻找最优化搜索策略,而线特征配准是当前的研究热点,得到广泛的研究。在融合方法方面,除了传统算法得以改进外,各种新的融合方法(小波、多尺度变换、多尺度分析、智能技术)如雨后春笋般出现,它们能够在一定程度上保持丰富的光谱信息并突出空间特征和提高计算效率。但是融合技术并未形成相应的理论框架和体系,缺乏统一的融合模型和客观评价手段,这些仍然是未来有待研究的重要研究方向。

## 5. 遥感可反演参数的类型和精度有所增多和提高

在参数反演方面,将多种改进的反射率模型和大气辐射传输模型进行耦合,通过引进一些先验知识,改进参数反演策略,可反演参数的类型(涉及陆地、海洋、大气、生物和社会经济等领域)和反演的精度有所增多和提高。

# 1.2 遥感应用现状

随着国民经济的发展,遥感技术应用领域越来越广,涉及人口、资源、环境、社会、减灾和文化等领域的方方面面,与其他学科的联系愈来愈紧密。遥感技术应用的深度也达到更高的层次。过去 30 余年来卫星遥感应用的开展,在国内形成了覆盖全国的多学科的遥感监测应用网络体系,开展了大量有关农业、土地、灾害、林业、生态环境、公共卫生、工程地质环境等方面的遥感调查、监测与评估分析等,建立了一些分散的、分领域的遥感监测系统,为国家提供了大量的、多方面的科学信息支持。

## 1.2.1 遥感技术在基础测绘中的应用

国家测绘局在“九五”、“十五”期间,通过组织科研人员进行科技攻关,解决了从

模拟测绘向数据测绘转变的关键技术,这些科研成果在数字摄影测量、遥感图像处理与应用、数据库建库以及数字测绘产品体系等方面得到了成功的应用。前期取得的技术成果和技术基础主要有以下几个大的方面:

(1) 实现了数字摄影测量系统的产品化。武汉大学开发的 VirtuoZo 全数字摄影测量系统和中国测绘科学研究院开发的 JX-4 数字摄影测量系统,使我国的数字摄影测量系统走在了世界的前列,也成功得到了产业化运用,是我国从模拟测绘向数字测绘转变的关键,这两套系统已经广泛应用到了各个行业的测绘部门和承担测绘任务的公司。

(2) 实现了遥感数据的规模化生产。“十五”期间,国家测绘局开始建设全国范围的 1:25 万、1:5 万国家基础地理信息数据库。在测绘卫星应用领域,国家测绘局从 1999 年开始大面积利用法国 SPOT 卫星数据制作 1:5 万正射影像图及修测相应的地形图,利用美国 Landsat 卫星的 TM 数据更新 1:25 万数据库,为缩短地图的更新周期提供了有效的方法。

(3) 逐步建立了数据化测绘产品系列。国家测绘局在从模拟测绘向数字测绘体系的转变过程中,逐步形成了以“4D”产品(DLG、DOM、DRG、DEM)为基础数字测绘系列产品。近几年在“4D”产品的基础上,根据用户的需要,对数字产品的类型不断充实,不断开拓创新。目前逐步形成了满足各类特定用户需要的各种专题数字数据产品,如土地利用/土地覆盖数据、道路交通数据、移动通信专题数据、电子导航专题数据、城市框架影像数据、三维仿真数据等,使测绘产品能够满足社会多样化需求。

(4) 初步完成了标准体系的建设。标准体系是指导数据生产的主要依据。在加强数据生产的同时,国家测绘局也加快了标准体系的研究和建设,以适应当前数字测绘体系的需要。目前,各类数据产品的标准都已出台,已基本成系列,有的标准还在实践过程中得到了修订和完善。

(5) 积累了数据库建库的技术经验,建成了全国 1:100 万、1:25 万、1:5 万数据库。遥感影像数据量大,数据增长的速度快,一般都是真正意义上的海量数据库,因此需要建立高效快捷的数据库管理系统来满足数据管理、数据检索查询以及数据分发服务的需求。国家测绘局在“十五”期间建立全国 1:100 万、1:25 万、1:5 万等数据库的过程中,在数据的组织管理、数据库体系结构的建立、网络资源的优化配置、实时在线可视检索查询的实现、数据的高效分发等方面积累了丰富的经验。

### 1.2.2 遥感技术在资源调查与监测中的应用

从 20 世纪 80 年代初期开始,我国已经利用资源卫星数据进行了多次全国范围的土地资源调查、土地利用监测等工作。1980—1983 年,我国首次利用美国 Landsat 卫星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状况不清楚的空白。进入 20 世纪 90 年代以来,国民经济的发展和人口的增长给国家资源环境的开发利用与保护提出了新的要求,我国先后完成多项利用遥感数据进行资源调查与检查的项目。

1993—1996 年期间,全国农业资源区划办公室组织有关技术单位,利用美国 Landsat 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,为合理利用土地、保护农业耕地提供了辅助决策依据。在科技部的重点项目“遥感、地理信息系统、全球定位系统技术综合应用研究”中,利用遥感和 GIS 技术,首次

建立了全国 1:10 万比例尺土地利用数据库。在新一轮的国土资源大调查中,从 1999 年开始,国土资源部在全国相继开展了人口 50 万以上城市的土地利用动态遥感监测。采用 SPOT、Landsat 等卫星数据,成功监测了全国 60 多个大中城市在近两三年间土地利用的变化情况。我国正在进行的新一轮的国土资源大调查,全面推进利用高分辨率的卫星资料开展土地利用动态遥感监测的工作,2004 年已经采用 QuickBird、IKONOS 和 SPOT-5 等高分辨率卫星数据,对国家级开发区进行了监测。该项工程对高分辨率数据的需求巨大,用于购置优于 10m 的高分辨率数据的预算将达 19 亿元。

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,监测了近十年(1986—1996 年)北方四省区(黑龙江、内蒙古、甘肃和新疆)的土地开发利用状况,并结合有关资料进行了综合评价。其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。我国还利用中低分辨率卫星影像数据为主要信息源,对影响生态环境质量的相关要素进行定性、定量分析,客观地对我国西部生态环境质量进行综合评价与描述。

1996 年第一次全国土地调查完成以来,经济社会快速发展,城乡面貌发生了很大变化,原有的土地信息已难以满足新形势下节约、集约用地的需要。国土资源部计划在 2006—2010 年开展全国范围的第二次土地调查。第二次土地调查要求在短时间内查清当前我国的土地利用情况,建设全国的各级土地调查数据库和互联互通的土地调查数据库管理系统。传统的技术成本高,耗费时间长,土地利用数据很难达到现实性的要求。因此,第二次土地调查将主要采用以遥感技术为代表的“3S”技术作为主要调查手段。遥感影像具有真实性强、信息量大、视野广阔、面积大、概括性强、易于了解概貌的特点,可以直接应用于土地利用变化研究。而且遥感技术现势性强,可在短时间内提供重复数据,利用两个时点的遥感图像,能够直观地发现土地利用的变化状况,从而便捷地获取土地变化的地类、位置和面积等信息。利用遥感技术,可以对土地利用现状进行大范围的核查和更新,能够快速及时地知道土地利用状况变化等信息,能够对年度土地利用变更调查数据进行更新、管理、分析。在《第二次土地资源调查总体方案》中,明确规定多平台、多波段、多时相的航空、航天遥感影像为主要信息源。在二次土地调查正式开始之前,国务院第二次全国土地调查领导小组办公室已组织调查组,开展“第二次全国土地调查可用遥感数据源”的调查与评估工作。目前在实际的调查工作中所用的遥感影像主要有 SPOT-5 影像、IKONOS 影像、QuickBird 影像等。

遥感技术应用于水资源调查始于 20 世纪 80 年代。在地表水遥感调查方面,早期主要是采用可见光/近红外遥感对地表水体(河流、湖泊、水库等)进行监测。近 10 年来又大量应用 SAR 图像,主动微波遥感对地面有一定的穿透能力,可以发现地下古河网的踪迹,寻找地下潜水层,在地下水遥感估算方面取得不少成果。此外,融雪是我国西部地区水资源的重要组成部分,目前遥感是冰川、融雪水资源调查最为有效的手段。而在我国的流域水资源利用规划以及重大配水工程的设计与实施中,也将大量使用高分辨率遥感数据。

利用合成孔径雷达卫星(SAR)遥感技术检测海洋油藏烃类渗漏形成的油膜已被世界各国广泛采用,而在我国,这方面的技术还是空白,发展前景巨大。

### 1.2.3 遥感技术在生态环境监测中的应用

生态环境监测与评估是对地观测数据应用的一个重要领域,我国在这方面已经做了大量的研究、示范和应用工作,主要体现在以下几个方面:

(1) 应用卫星遥感技术进行森林资源调查。从“六五”开始,森林资源的一类、二类清查和“三北防护林建设”等林业生态工程监测都开始运用卫星影像数据。目前,各种分辨率的卫星遥感影像已成为森林调查的主要数据源。

(2) 湿地资源动态变化监测。ETM+、TM 等数据已广泛用于湿地资源监测,遥感结合地面调查,建立了我国湿地资源空间数据库。以我国东北、青藏高原、长江和黄河沿岸的主要河湖湿地为研究区,建立了若干个湿地分类和湿地生态系统植被反演的遥感模型。

(3) 海岸带和近海生态监测。我国海岸带生态安全问题日益突出,由于资源的不合理利用而导致海岸带各类资源的严重退化,急剧增长的人口和经济压力亦对海岸带生态造成巨大压力。为此,遥感已成为海岸带动态监测与评价的重要手段。

(4) 水土流失和荒漠化遥感监测与评价。运用遥感技术结合地面调查的方法,我国已成功进行了三次全国性的荒漠化与土地沙化监测,获得了准确的荒漠化动态数据,为荒漠化和土地沙化防治科学决策提供了依据。

(5) 基于遥感的重大工程生态效应评价。遥感技术已成功运用于“三北”防护林工程的监测与评价。在近几年实施的“京津风沙源治理工程”、“退耕还林(草)工程”、“天然林保护工程”和“自然保护区建设工程”等重大生态工程的规划和实施过程中,对地观测数据作为基础数据源发挥了至关重要的作用。

### 1.2.4 遥感技术在灾害监测与管理中的应用

“九五”、“十五”期间,我国已建立了重大自然灾害遥感监测评估运行系统。该系统由卫星遥感、航空遥感、图像处理与分析及灾害监测评估四个子系统组成,已经形成了对台风、暴雨、洪涝、旱灾、森林与草原火灾、雪灾、冰凌、赤潮、地震、沙尘暴以及典型区的虫害、滑坡、泥石流等灾害的监测能力,特别是快速图像处理和评估系统的建立,已经具有对突发性灾害的快速应急反应能力,使该系统能在几个小时内获取灾情数据,一天内做出灾情的快速评估,一周内完成详细评估报告。该系统已先后投入运行,对上述灾害进行及时准确的监测,并将结果通过已经建立的卫星通讯及网络系统提供给国务院办公厅、国家防汛抗旱总指挥部、国家森林防火总指挥部、国家有关部委及地方政府,为各级政府防灾、抗灾、减灾、救灾服务。

### 1.2.5 遥感技术在农业中的应用

在农业应用方面,我国在农作物遥感估产方面取得了长足的进步,从冬小麦单一作物估产发展到小麦、水稻和玉米等多种农作物遥感估产,从小区域到横跨 11 省市的遥感估产,积累了大量的技术、方法、经验和人才。我国已建立的“中国农情遥感速报系统”,能够实现全国范围的农作物长势监测,并逐步开展覆盖全国的小麦、玉米、稻谷、大豆估产和粮食总产量估算,为国家有关部委的决策提供了科学的依据。目前“中国农情遥感速报系统”的监测范围逐步推向全球尺度,实现了全球主要小麦和大豆出口国的粮食估产,先后开展了北美、南美、澳洲和泰国等地区的作物长势动态监测和粮食总产预测,为

国家的宏观决策提供了重要的信息支撑。在全国许多省区,与农业部遥感估产任务相结合,也先后建立了省级遥感估产业务运行系统,如山西、安徽、吉林、河南、江苏、四川、北京等省市。

另外,在我国的农业重大工程中,遥感影像得到广泛应用。如“优质粮食工程”中需要对冬小麦、玉米、水稻、大豆、棉花等五种主要农作物的面积、长势及产量进行连年监测,如果按目前 SPOT 数据的覆盖面积,每年对优于 10m 的高分辨率数据有 10 000 ~ 20 000 景的需求。“沃土工程”中要求对土地质量的监测和评价,以及国外重要粮食产区的作物种类识别和作物品质评价等,对空间分辨率的要求不高,但对数据的光谱分辨率要求高,光谱分辨率应达 5 ~ 10nm,将对高光谱遥感数据形成强烈的需求。

### 1.2.6 遥感技术在数字城市建设中的应用

我国的城市遥感开始于 20 世纪 80 年代,先后在北京、天津、广州、上海等地开展了城市航空遥感综合调查,推动了城市的生态建设。天津基于彩红外航片,编制了天津市植被图,并结合其他手段,研究大气污染的生物效应。广州应用彩红外航片绘制了广州市植被图。北京则用真彩色航片绘制了北京规划市区 750km<sup>2</sup> 的城市树木绿地分布图,并在此基础上,研究了城市植被的环境效益。2005 年,北京通州地区利用 QuickBird 数据开展了城市生态环境监测与人类居住环境质量评价研究,定量分析评价了城市绿地在改善城市大气质量、去除大气有害物质(CO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>、NO 等)、滞尘制氧、二氧化碳吸收、水源涵养、减少瞬时径流量、减轻暴雨积水、水土保持、改善温室效应等方面的功效,为决策部门制定通州新区的城市规划提供了科学依据。

## 1.3 实验安排

针对测绘工程以及相关专业遥感课程教学需求,本书安排了 9 个实验,即遥感图像认知、波段组合与图像显示、图像增强、遥感图像融合、遥感图像几何校正、图像镶嵌、遥感图像解译、遥感图像分类、遥感专题图制作,每个实验安排 4 ~ 6 课时。

## 第2章 遥感图像处理系统

### 2.1 遥感图像数据处理流程

遥感图像数据的处理流程如图 2.1 所示，包括预处理、图像增强、正射影像图制作、图像分类、专题地图制作等主要步骤。

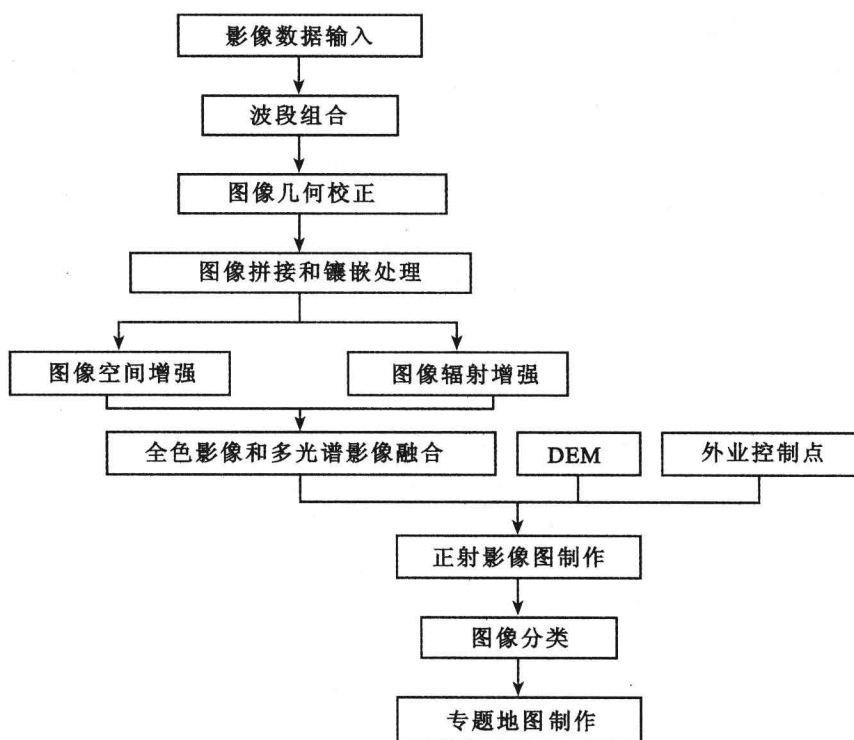


图 2.1 遥感图像数据处理流程

#### 1. 预处理

遥感图像数据的预处理通常包括：影像数据输入、波段组合、图像几何校正、图像拼接和镶嵌处理等。

#### 2. 图像增强

遥感图像增强的实质是增强感兴趣目标和周围背景图像间的反差。图像增强分为空间增强和辐射增强两大类，其中图像空间增强技术是利用像元自身及其周围像元的灰度值进行运算，达到增强整幅图像的目的。ERDAS 中常用的空间增强命令有：卷积增强运算、