

高等学校教材

# 遥感数字图像处理 ——实践与操作

朱文泉 林文鹏 编著



高等教育出版社

# 遥感数字图像处理

## ——实践与操作

Yaogan Shuzi Tuxiang Chuli

——Shijian yu Caozuo

朱文泉 林文鹏 编著



高等教育出版社·北京

## 内容提要

针对遥感数字图像处理中的具体问题,本书综合遥感原理和数字图像处理的理论知识,借助遥感软件进行系统的实践训练,使读者掌握遥感数字图像处理的基本原理及操作过程,为利用遥感数据解决相关科学研究与业务应用问题奠定基础。

本书配合笔者已出版的《遥感数字图像处理——原理与方法》教材,以目前广泛使用的商业化遥感软件 ENVI 为例,按照遥感数字处理流程对内容进行组织,全面、详细地阐述了遥感数字图像处理中的图像文件基本操作、空间域与变换域图像处理、图像预处理质量改进、特征提取与选择、遥感图像分类与信息提取等具体操作方法。

本书可作为高等学校地学、生态、环境、资源、空间信息等领域的本科生或研究生的教材或参考书,也可作为各专业领域从事相关科学研究与业务应用人员的参考书。

## 图书在版编目(CIP)数据

遥感数字图像处理:实践与操作/朱文泉,林文鹏

编著.——北京:高等教育出版社,2016.9

ISBN 978-7-04-046234-0

I. ①遥… II. ①朱… ②林… III. ①遥感图象—数字图象处理—高等学校—教材 IV. ①TP751.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 198665 号

策划编辑 徐丽萍 熊玲 责任编辑 熊玲 封面设计 张志 版式设计 王艳红  
插图绘制 杜晓丹 责任校对 杨凤玲 责任印制 朱学忠

---

出版发行	高等教育出版社	咨询电话	400-810-0598
社址	北京市西城区德外大街4号	网址	<a href="http://www.hep.edu.cn">http://www.hep.edu.cn</a>
邮政编码	100120		<a href="http://www.hep.com.cn">http://www.hep.com.cn</a>
印刷	高教社(天津)印务有限公司	网上订购	<a href="http://www.hepmall.com.cn">http://www.hepmall.com.cn</a>
			<a href="http://www.hepmall.com">http://www.hepmall.com</a>
开本	787mm×960mm 1/16	版次	2016年9月第1版
印张	28.25	印次	2016年9月第1次印刷
字数	510千字	定价	48.00元
购书热线	010-58581118		

---

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物料号 46234-00

# 与本书配套的数字课程资源使用说明

与本书配套的数字课程资源发布在高等教育出版社数字课程网站,请登录网站后开始课程学习。

## 一、网站登录

1. 访问 <http://abook.hep.com.cn/1250481>, 点击“注册”。在注册页面输入用户名、密码及常用的邮箱进行注册。已注册的用户直接输入用户名和密码登录即可进入“我的课程”界面。

2. 课程绑定: 登录后点击右上角“绑定课程”图标, 正确输入教材封底标签上的 20 位密码, 点击“确定”完成课程绑定。

3. 在“我的课程”列表中选择已绑定的数字课程, 点击“进入课程”即可开始课程学习。



The screenshot shows the user interface of the digital course website. At the top, there is a navigation bar with the title "遥感数字图像处理——实践与操作" (Remote Sensing Digital Image Processing - Practice and Operation) and the author "主编 朱义泉". Below the title, there are four tabs: "内容介绍" (Content Introduction), "纸质教材" (Paper Textbook), "版权信息" (Copyright Information), and "联系方式" (Contact Information). The "内容介绍" tab is selected, displaying a brief description of the course. To the right, there is a QR code labeled "Android客户端" (Android Client) and a navigation bar with buttons for "注册" (Register), "登录" (Login), and "充值" (Recharge).

欢迎tea1250481(tea1250481)登录本课程 进入首页

注册

内容介绍 纸质教材 版权信息 联系方式

遥感数字图像处理——实践与操作数字课程与纸质教材一体化设计, 紧密配合。数字课程涵盖教学大纲、教学要求、电子教案、彩色图表、视频材料、扩展阅读及IDL程序等板块。该数字课程以纸质教材为基础, 突出了教学要点, 拓展了教材内容, 不仅为学生学习提供思维与探索的空间, 同时也为该课程教师提供详细的教学方案。

注册 登录 充值

账号自登录之日起一年内有效, 过期作废。

使用本账号如有任何问题, 请发邮件至: [zhangshan@hep.com.cn](mailto:zhangshan@hep.com.cn)

## 二、资源使用

与本书配套的数字课程资源按照章、节知识树的形式构成,每节配有教学大纲、教学要求、电子教案、彩色图表、扩展阅读、视频材料、IDL 程序等资源,内容标题为:

- 教学大纲:对课程脉络及知识点关联性的梳理。
- 教学要求:每章教学要求及知识重难点整理。
- 电子教案:教师上课使用的与课程和教材紧密配套的教学 PPT,可供教师下载使用,也可供学生课前预习或课后复习使用。
- 彩色图表:部分图表的彩色版本,更利于内容的展现。
- 扩展阅读:与教材中知识点内容紧密结合的扩展阅读材料,内容包括完整的案例操作流程及教材知识点的补充文档等。
- 视频材料:在必要的实践环节提供操作过程视频材料。
- IDL 程序:笔者编写的实用 IDL 程序,不仅能够辅助学生操作,也为遥感数字图像处理带来便利。

# 前 言

遥感为人类认识宇宙世界提供了一种新途径和手段,遥感图像作为一种重要的信息源已被广泛应用于地学、生态、环境、资源、空间信息等领域。相关学科的学生、教师、科研工作者及业务应用人员对遥感数字图像处理的需求日益强烈,他们均希望了解遥感数字图像处理的相关理论和方法,并能在实际工作中应用遥感图像来提取自己所需要的信息,因此急需一系列知识系统,容易理解,既利于教学又便于自学的教材。

自2005年以来,笔者在北京师范大学先后讲授了本科生课程“遥感原理”和“数字图像处理”,研究生课程“资源与环境遥感模型实验”和“遥感图像处理与实践”4门课程,选课学生覆盖了地图学与地理信息系统、地图制图学与地理信息工程、土地资源管理、自然资源、生态学、全球环境变化、环境科学、资源科学与工程、资源与环境科学等专业。在授课、与学生交流及指导研究生利用遥感图像解决实际的研究问题时,发现他们重理论而轻实践。学生记住了各种数学公式,但不知公式在图像处理中的物理含义。他们一旦需要利用遥感图像来解决实际问题,就显得束手无策。这种情况究其本质原因是学生所学的理论知识与实践脱节,且缺乏系统的实践训练。为此,笔者在教学与指导研究生过程中一直致力于将遥感原理、遥感数字图像处理、遥感软件操作3方面的知识有机串联起来。在准备教案时发现,现有遥感原理方面的教材虽然也涉及一些遥感数字图像处理方面的知识,但主要注重对遥感过程和机理的阐释;而现有数字图像处理方面的教材则主要侧重于广泛意义上的数字图像处理,且大多数是从计算机信息领域、电子通信领域等角度来阐释数字图像处理的相关原理与方法,对如大数据量、多波段、辐射与几何畸变等遥感数字图像本身的特性则缺乏系统的考虑。正是在这样的背景下,又得到北京师范大学和高等教育出版社的大力支持,笔者开始编写《遥感数字图像处理——原理与方法》《遥感数字图像处理——实践与操作》《遥感数字图像处理——专题应用》系列教材。本系列教材旨在为遥感原理与遥感实践架起3座桥梁,即建立在遥感原理与遥感数字图像处理之间的桥梁,遥感数字图像处理与遥感软件实践操作之间的桥梁,遥感专业人员与其他非遥感专业的遥感数据应用人员之间的桥梁。

本书是系列教材的第二本,是配合《遥感数字图像处理——原理与方法》的实践与操作,因此本书的内容布局是按照遥感数字图像处理的流程来组织,而不

是按照某一遥感软件的功能进行组织。在教材内容的总体设计上,本书立足于与已出版的《遥感数字图像处理——原理与方法》教材配套,使理论与实践有机衔接、深度接合,同时配备了丰富的配套电子资源和大量的多源遥感试验数据集,并针对一些新算法和批处理需求补充了一些笔者自行开发的 ENVI/IDL 遥感图像处理功能模块,以满足不同需求层次的读者使用。在各章节内容的编排上,本书通常是先给出案例背景与需求,然后总体介绍本章所涉及的知识点及它们在遥感数字图像处理中的地位与任务、常用的实现方法与基本思路,最后再以 ENVI 遥感软件为例进行实践操作,以此来强化读者对各知识点的理解与灵活运用。

本书既可以与《遥感数字图像处理——原理与方法》配套使用,也可以单独使用。对于遥感数字图像处理领域的初学者来说,笔者建议将本书与《遥感数字图像处理——原理与方法》配套使用。本书各章节相对独立,读者可以有选择地阅读并进行实践操作,但对于初学者来说,如果不熟悉 ENVI/IDL 软件,笔者强烈建议先对本书第 2 章的 ENVI/IDL 软件操作基础进行认真阅读并开展实践操作。需特别强调的是,本书介绍的遥感数字图像处理常用实现方法与解决思路属于共性的知识点,它们独立于任何遥感软件,因此本书第 2 章的 ENVI/IDL 软件操作基础旨在以 ENVI/IDL 软件为例来训练读者对本书后续介绍的遥感数字图像处理实践内容进行动手操作,而不是系统地介绍 ENVI/IDL 软件;虽然本书并未对 ENVI/IDL 软件进行系统介绍,但读者如果对本书所有的实践内容进行了认真阅读与动手操作,相信可以完全熟练掌握 ENVI/IDL 软件的使用。

本书是编写团队根据多年教学和科研成果及相关文献资料编写而成。北京师范大学朱文泉负责本书大纲及编写思路的拟定、各知识点的确定、各章节内容的编写及修订,上海师范大学林文鹏参与了本书第 2、12、13 章的编写。北京师范大学博士研究生张东海、郑周涛、姜楠及硕士研究生詹培、唐珂参与了本书基础资料收集、案例数据处理、文稿整理和插图绘制等工作。

感谢历届学习由笔者主讲的遥感图像处理相关课程的北京师范大学本科生和研究生,他们对本书的完善做出了重要贡献,书中的某些示例或许就是来自于他们的作业,也正是他们对知识的渴求,才让笔者有动力编写此书。最后,感谢南京大学杜培军教授对本书稿所作的详细审阅及提出的建设性修改意见。

本书具有广泛的适用性,可作为高等学校地学、生态、环境、资源、空间信息等领域的本科生或研究生的教材或参考书,也可作为各专业领域从事相关科学研究与业务应用人员的参考书。本书虽经过了多轮次的反复修改,但笔者深知其中还有许多待完善之处,不足之处恳请读者批评指正。

朱文泉

2016 年 1 月 6 日

# 目 录

<b>第 1 章 绪论</b> .....	1
1.1 遥感数字图像处理流程 .....	2
1.2 遥感数字图像处理基础 .....	3
1.2.1 常用商业遥感软件及其主要功能 .....	3
1.2.2 遥感图像数据读写 .....	6
1.2.3 遥感图像处理的基本方法 .....	6
1.3 遥感数字图像质量改善 .....	7
1.4 遥感数字图像信息提取 .....	7
<b>第 2 章 ENVI 软件操作基础</b> .....	9
2.1 启动 ENVI .....	11
2.2 ENVI 5.2.1 操作界面介绍 .....	11
2.3 打开及浏览数据 .....	19
2.3.1 打开数据 .....	19
2.3.2 浏览数据 .....	25
2.4 查看数据属性特征 .....	32
2.5 创建及编辑感兴趣区 .....	43
2.6 创建及编辑矢量文件 .....	50
2.7 创建及编辑注记文件 .....	53
2.7.1 创建及保存注记图层 .....	53
2.7.2 添加注记 .....	54
2.7.3 删除注记 .....	55
2.7.4 编辑注记属性 .....	55
2.8 波段运算工具介绍 .....	56
2.8.1 波段运算工具基本操作介绍 .....	56
2.8.2 波段运算的基本条件 .....	58
2.8.3 波段运算的 IDL 基础 .....	59
2.9 视窗和图层的保存与恢复 .....	63
2.10 数据保存与拷屏输出 .....	63
2.10.1 数据保存 .....	64
2.10.2 拷屏输出 .....	64



2.11 获取帮助 .....	65
2.12 关闭 ENVI .....	66
<b>第 3 章 遥感图像数据读写 .....</b>	<b>67</b>
3.1 读取开放式存储的图像文件数据 .....	68
3.2 读取封装式存储的图像文件数据 .....	70
3.3 读取 ASCII 码格式存储的图像文件数据 .....	77
3.4 读取 HDF 格式的图像文件数据 .....	78
<b>第 4 章 空间域处理方法 .....</b>	<b>80</b>
4.1 数值运算 .....	82
4.1.1 单波段运算 .....	82
4.1.2 多波段运算 .....	87
4.2 集合运算 .....	88
4.2.1 空间操作 .....	89
4.2.2 波段操作 .....	103
4.3 逻辑运算 .....	105
4.4 数学形态学操作 .....	107
<b>第 5 章 变换域处理方法 .....</b>	<b>109</b>
5.1 主成分变换 .....	110
5.2 最小噪声分离变换 .....	115
5.3 缨帽变换 .....	121
5.4 独立成分变换 .....	125
5.5 傅里叶变换 .....	129
5.6 小波变换 .....	135
5.7 颜色空间变换 .....	135
<b>第 6 章 辐射校正 .....</b>	<b>142</b>
6.1 绝对辐射定标 .....	144
6.1.1 打开数据文件 .....	144
6.1.2 绝对辐射定标 .....	144
6.2 大气校正 .....	153
6.2.1 内部平均相对反射率法大气校正 .....	154
6.2.2 平场域法大气校正 .....	157
6.2.3 对数残差法大气校正 .....	159
6.2.4 经验线性法大气校正 .....	160
6.2.5 FLAASH 大气校正 .....	167
6.3 地形校正 .....	177
6.4 太阳高度角校正 .....	177
<b>第 7 章 几何校正 .....</b>	<b>179</b>

7.1 图像到图像的几何校正 .....	181
7.1.1 流程化操作 .....	181
7.1.2 手工分步操作 .....	196
7.2 图像到地图的几何校正 .....	208
7.3 具有地理位置信息的几何校正 .....	214
7.3.1 IGM 几何校正 .....	214
7.3.2 GLT 几何校正 .....	218
7.4 正射校正 .....	221
<b>第 8 章 图像去噪声</b> .....	<b>232</b>
8.1 空间域去噪声 .....	233
8.1.1 均值滤波 .....	233
8.1.2 中值滤波 .....	237
8.1.3 数学形态学去噪声 .....	237
8.2 变换域去噪声 .....	241
8.2.1 傅里叶变换去噪声 .....	241
8.2.2 小波变换去噪声 .....	252
8.2.3 其他变换去噪声 .....	252
<b>第 9 章 图像增强</b> .....	<b>257</b>
9.1 空间域图像增强 .....	258
9.1.1 点运算图像增强 .....	258
9.1.2 邻域运算图像增强 .....	261
9.1.3 灰度形态学梯度运算 .....	266
9.2 变换域图像增强 .....	269
9.2.1 傅里叶变换图像增强 .....	269
9.2.2 小波变换图像增强 .....	276
9.2.3 颜色空间变换图像增强 .....	277
9.2.4 主成分变换图像增强 .....	281
9.3 伪彩色处理 .....	288
9.3.1 伪彩色图像显示 .....	288
9.3.2 色彩分割 .....	290
9.4 图像融合 .....	293
9.4.1 图像预处理 .....	293
9.4.2 空间域代数运算 .....	296
9.4.3 变换域替代法 .....	304
<b>第 10 章 感兴趣目标及对象提取</b> .....	<b>313</b>
10.1 图像分割 .....	314
10.2 对象提取 .....	318

<b>第 11 章 特征提取与选择</b> .....	330
11.1 空间纹理特征提取 .....	331
11.1.1 基于像元的纹理特征提取 .....	332
11.1.2 基于对象的空间纹理特征提取 .....	335
11.2 特征选择 .....	341
11.2.1 距离度量 .....	341
11.2.2 相似性度量 .....	345
11.2.3 综合度量 .....	346
<b>第 12 章 图像分类</b> .....	348
12.1 监督分类 .....	350
12.1.1 分类类别确定及解译标志建立 .....	350
12.1.2 训练样本选取和评价 .....	352
12.1.3 监督分类 .....	356
12.1.4 分类后处理 .....	362
12.1.5 局部手工修改 .....	364
12.1.6 精度评价 .....	367
12.2 决策树分类 .....	374
12.2.1 分类规则定义 .....	374
12.2.2 决策树创建 .....	375
12.2.3 决策树分类 .....	378
12.3 非监督分类 .....	380
12.3.1 ISODATA 聚类 .....	380
12.3.2 类别属性定义 .....	381
12.3.3 子类合并 .....	383
12.3.4 类别颜色和名称修改 .....	384
12.4 面向对象分类 .....	386
12.4.1 监督分类 .....	386
12.4.2 基于规则分类 .....	394
<b>第 13 章 实践操作综合案例</b> .....	401
13.1 数据分析 .....	403
13.1.1 数据读取 .....	403
13.1.2 数据目视分析 .....	404
13.2 数据预处理 .....	408
13.2.1 初步裁剪 .....	408
13.2.2 辐射校正 .....	408
13.2.3 几何校正 .....	411
13.2.4 研究区裁剪 .....	414

13.3 建设用地提取 .....	416
13.3.1 2004 年建设用地提取 .....	416
13.3.2 2014 年建设用地提取 .....	424
13.4 建设用地变化监测 .....	430
<b>参考文献</b> .....	<b>437</b>

# 第1章 绪 论

遥感数字图像含有丰富的信息,对其进行处理则涵盖了多方面的内容(图 1.1)。从应用的角度来看,遥感数字图像处理主要服务于两个方面:一是信息提取,二是遥感制图。从数据的输入和输出过程来看,遥感数字图像处理可以被直观地认为是图像到图像或图像到信息这两个过程。所谓图像到图像就是输入一幅遥感数字图像,经过加工处理后(如辐射校正、几何校正、去噪声、图像增强等)输出为一幅数字图像;图像到信息即输入一幅数字图像,而输出结果是一些经过加工处理后得到的信息(如图像分类且按行政区统计得到各类别的面积)。从上述遥感数字图像处理过程的内容来看,遥感数字图像处理的知识实际上可以被划分为三大部分,即质量改善、特征提取与选择、信息提取。质量改善包括对遥感数字图像的辐射质量、几何质量和视觉效果改善,如辐射校正、几何校正、图像去噪声、图像增强等;特征提取与选择的目的是服务于后续的

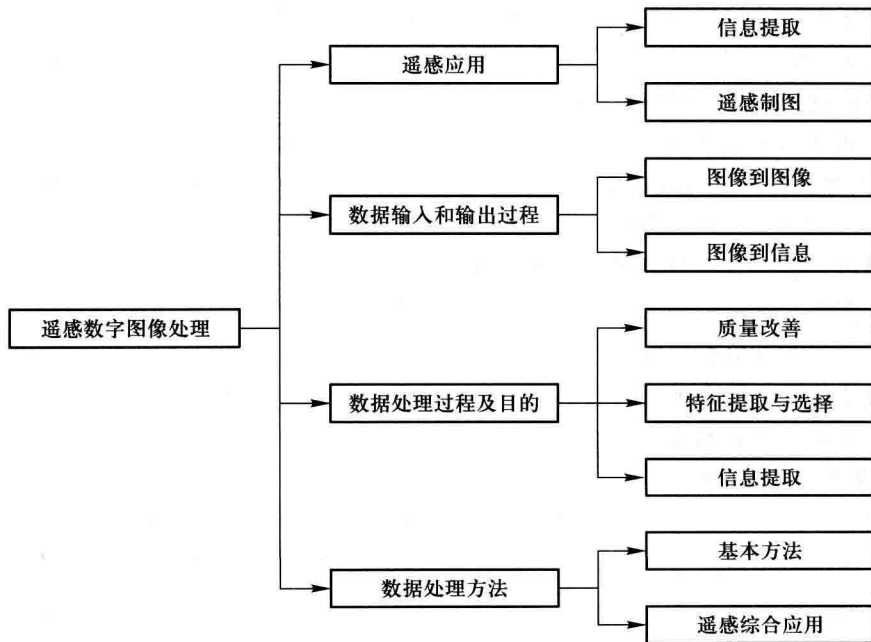


图 1.1 遥感数字图像处理所涵盖的内容

信息提取,它一方面涉及如何从遥感光谱数据中提取出一些派生的地物属性特征(如空间纹理),另一方面涉及如何从光谱及其他派生属性中选择出一些有利于目标信息提取的属性特征;信息提取即从遥感数字图像中提取出某些特定的地物信息,如对遥感数字图像进行分类得到各地物的空间分布和面积信息。从数据处理方法的角度来看,遥感数字图像处理实际上是利用数字图像处理的一些通用的基本方法来服务于遥感应用,如数字图像处理中常用的傅里叶变换方法既可以用于遥感数字图像的去噪声处理,也可以用于遥感数字图像的增强处理,因此可以说遥感数字图像处理实际上是数字图像处理方法在遥感数字图像上的综合应用。

## 1.1 遥感数字图像处理流程

在数字图像处理基本方法的支撑下,遥感数字图像处理的基本流程如图 1.2 所示。通常情况下,用户拿到的遥感数据都是经过系统级辐射校正和几何校正的遥感数据产品,因此后续还需根据应用要求对遥感数据作进一步的预处理才能开展最后的遥感图像制图或信息提取等应用。此处需要强调遥感图像预处理的顺序问题,对于已经做过系统级几何校正的遥感图像来说,由于它已经具备了大致的地理位置信息,为了尽可能地保持图像的光谱信息,通常是先做辐射校正,然后做几何精校正;又由于图像获取过程及后续的辐射校正和几何校正等处理过程可能给图像带来噪声(如分母为 0 的求比值运算会产生无意义的数值),因此需根据实际情况选择是否进一步开展图像的去噪声处理,通常情况下,图像去噪声处理放在图像增强处理之前,因为一方面噪声会影响图像的增强处理(如噪声会影响图像线性拉伸增强时最小值或最大值的确定),另一方面未去噪声之前就开展图像增强处理会同时增强噪声及图像信息。

图 1.2 展示的是遥感数字图像处理的基本流程,但请读者注意,并不是每一项遥感制图或信息提取任务都必须严格按照此流程的环节进行操作,是否需要开展这些环节取决于遥感数字图像本身的质量及应用需求。例如,需要对某城市郊区开展土地覆盖变化监测,所监测的土地覆盖类型仅为不透水层、植被、水域、裸露地 4 类,刚好卫星遥感图像又是夏季某晴空下获取的,数据的辐射质量相对较好。通过查看原始遥感图像,发现这 4 类土地覆盖类型在原始遥感图像上所反映的光谱信息具有非常明显的差异,也就是说,直接利用原始遥感图像的光谱信息就能完全区分这 4 类土地覆盖类型,因此,没必要进行辐射校正、图像去噪声、图像增强、特征提取等处理,所需要做的仅是对原始遥感图像先开展几何精校正,然后直接选择某些光谱波段进行遥感分类。

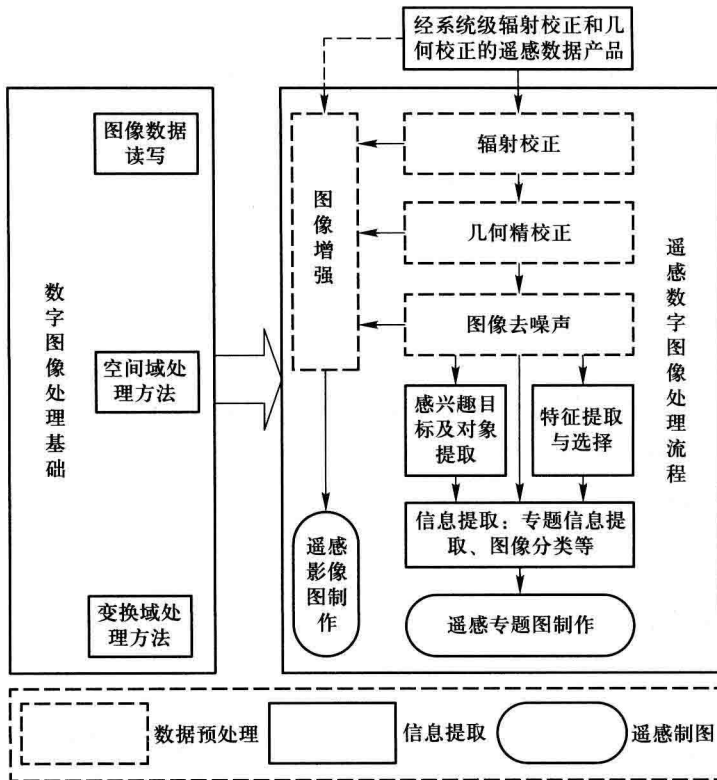


图 1.2 遥感数字图像处理流程

## 1.2 遥感数字图像处理基础

遥感数字图像是一类特殊的数字图像,相比于数码照片等常见的数字图像,它具有覆盖范围广、分辨率低、成像过程受大气干扰、波段数多、数据量大等特点。因此遥感数字图像处理既涉及一些遥感原理方面的专业知识,又包含了数字图像处理的基本内容。

### 1.2.1 常用商业遥感软件及其主要功能

遥感数字图像处理离不开工具软件,常见的遥感图像处理商业软件有 ENVI、ERDAS IMAGINE、PCI Geomatica 等。ENVI(environment for visualizing images)是美国 EXELIS Visual Information Solutions 公司(该公司已于 2015 年 5 月

29日被美国 Harris 公司并购)的旗舰产品,它是由遥感领域的科学家采用交互式数据语言 IDL(interactive data language)开发的一个完整的遥感图像处理平台。1977年,美国 RSI(Research System Incorporated)公司发布了 IDL 软件的早期版本;1994年,RSI 公司基于 IDL 开发了一个先进的高光谱图像分析软件包,即 ENVI 早期版本;2007年6月,发布 ArcGIS 地理信息系统平台的 Environmental Systems Research Institute Incorporated(ESRI)公司和 ITT Visual Information Solutions 公司宣布两者的商务合作计划,更多的新功能和算法加入新版本中,ENVI 软件得到了迅猛发展。ERDAS IMAGINE 是美国 ERDAS 公司开发的一套遥感图像处理系统。ERDAS 公司作为一个遥感软件公司创建于 1978 年,2002 年得到美国 Leica 公司的资金支持并随之与 ESRI 公司开展战略合作,使 ERDAS IMAGINE 软件与 ArcGIS 软件完美集成,从而极大地拓展了 ERDAS IMAGINE 软件的应用领域和行业影响力。PCI Geomatica 是由加拿大 PCI 公司开发的一套遥感图像处理软件系统,它是 PCI 公司将其旗下原有的 4 个产品 PCI EASI/PACE、PCI SPANS/PAMAPS、ACE、ORTHOENGINE 集成到一个具有同一界面、同一使用规则、同一代码库、同一开发环境的新产品系列,从而产生了一个使用简单、灵巧的遥感图像处理平台。

上述 3 款商业遥感软件各具特色:

#### 1. 从功能上来看

3 款软件都支持众多的遥感数据格式读取与转换,都具备图像显示、图像增强、辐射校正、几何校正、图像裁剪与拼接、图像空间域与变换域处理及运算等基本功能;但各软件在某些功能方面又各具特色,如 ENVI 在图像分析、信息提取方面功能强大,PCI Geomatica 在正射校正、图像自动配准、图像制图方面具有明显优势,ERDAS IMAGINE 在数据融合、摄影测量方面具有优势。

#### 2. 从软件结构及界面的友好程度来看

PCI Geomatica 和 ERDAS IMAGINE 是基于统一软件界面下的功能模块化产品集成,因此它们的软件界面更为友好,对于使用遥感软件的初级用户来说更容易上手;而 ENVI 早期的经典界面(ENVI 自 5.0 版本之后在保留原有经典界面的情况下推出了一个新的软件界面)则更倾向于数据处理流程的集成,因此软件功能上存在一定的重复和交叉,但这种基于数据处理流程的集成特别适合于熟悉遥感图像处理流程的中、高级用户,ENVI 自 5.0 版本之后推出的新界面采用了类似于 ArcMap 的统一用户界面,各功能模块及流程化操作则被分门别类存放在工具箱中。

#### 3. 从软件的可扩展性和灵活性来看

ENVI 底层的 IDL 语言可以帮助用户轻松地添加、扩展 ENVI 的功能,甚至



可以开发定制自己的专业遥感平台。

PCI Geomatica 也拥有底层开发工具,它是由 150 个 C 和 FORTRAN 源程序和函数库构成,具备完备的语法结构,用户可用其编写应用系统、访问数据库和外设、显示图像、进行图像处理,同时该软件还提供了 PCI 用户界面编辑功能,使用户可以将新开发的功能和程序加入到 PCI 软件的用户界面上。

ERDAS IMAGINE 软件在可扩展性方面提供了 3 种解决方案:一是提供了一个面向目标的图形模型语言 Spatial Modeler(空间建模分析),使用户可以设计高级的空间模型功能,用户只需用其提供的工具在窗口中给出模型的流程图,同时指定流程图的意义、所用参数、矩阵等,即可完成模型的设计;二是提供了 ERDAS macro language(EML),使用户可以剪裁和定制软件用户界面;三是提供了 C 程序接口、ERDAS 函数库,并支持动态链接库(DLL)的体系结构。相比较而言,由于 IDL 语言具有强大的数据分析和图像化应用功能,且使用者可以迅速、方便地运用此软件将数据转换为图像,从而促进分析和理解,因此基于 IDL 开发的 ENVI 具有更高的灵活性和可扩展性,特别适合科研人员。

#### 4. 从应用领域来看

ERDAS IMAGINE 和 PCI Geomatica 多用于业务化的工程项目,而 ENVI 则多用于研究及教育领域

#### 5. 从用户群体来看

ERDAS IMAGINE 特别适合刚上手学习遥感图像处理的新手或偶尔需要开展遥感图像处理的非遥感专业人员,其用户面较广;PCI Geomatica 的中国用户群体目前主要集中在地质、矿产、国土等领域的科研及业务人员,其用户群体相对较少;ENVI 在高校及科研院所的使用较为普及,尤其是自 2007 年 6 月 ITT Visual Information Solutions 公司与 ESRI 公司开展商业合作之后,ENVI 与 ArcGIS 无论是在用户界面还是在数据交换、功能互操作方面都实现了比较好的集成,致使 ENVI 的用户群体迅猛增长。

除了上述遥感类的专业软件,还有一些非遥感类的软件也常被用于遥感图像处理,如数值矩阵运算软件 MATLAB、图像处理软件 Photoshop 等。MATLAB 拥有丰富的函数库,也经常能在网上找到一些新算法的源程序,对于遥感图像处理算法研究与测试非常实用,但对大数据量的遥感图像处理效率较低。Photoshop 在图像局部区域选择、图像匀色等方面非常高效,遥感背景图的制作过程经常是先用 Photoshop 对原始遥感图像进行图像增强、匀色等处理,然后利用 ArcMap 制图,最后在 Photoshop 中进行图像整饰。

需要强调的是,遥感数字图像处理的原理与方法共性的,遥感软件只是实现图像处理的工具,选用何种软件来进行遥感图像处理主要取决于读者所处的