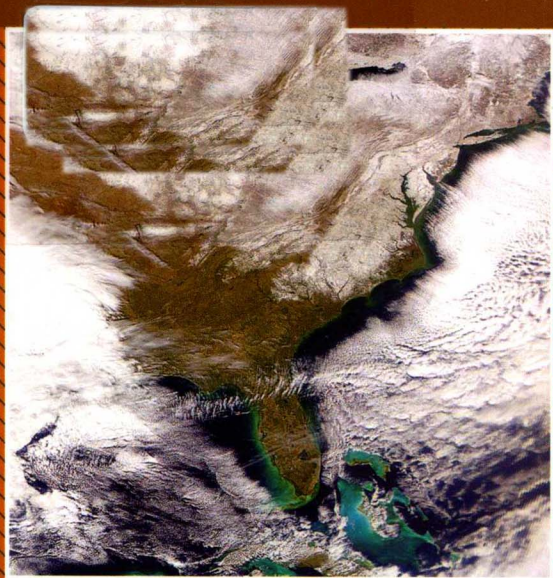


普通高等教育“十三五”规划教材



遥感数字图像处理与分析

——ENVI 5.x 实验教程

(第2版)

杨树文 董玉森 詹云军 蔡玉林 等编著



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

“五”规划教材

遥感数字图像处理与分析

——ENVI 5.x 实验教程

(第2版)

杨树文 董玉森 詹云军 蔡玉林 等编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书在前一版的基础上, 基于 ENVI 5.4 对全书进行了修订, 增加了一些新内容, 以突出实用性。本版仍分为基础篇和增强篇。基础篇内容包括导论、ENVI 窗口组成、图像预处理、图像增强、图像分类、图像变化检测、高分辨率遥感图像分割、遥感制图与三维可视化; 增强篇内容包括高光谱分析技术、雷达图像处理、地形特征提取、多特征信息提取与分析。全书重点介绍了遥感数字图像处理中常用的基本功能和部分增强功能, 针对遥感专题提取建模做了较为详细的实例说明, 注重基本能力与专题应用能力的共同提高。

本书可作为遥感科学与技术、地理信息科学、测绘工程、城乡规划、地理学等专业本科生遥感课程的实验教材, 也可供地图学与地理信息系统、摄影测量与遥感等专业的研究生及相关技术人员参考。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有, 侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

遥感数字图像处理与分析: ENVI 5.x 实验教程/杨树文等编著. —2 版. —北京: 电子工业出版社, 2019.2

ISBN 978-7-121-35725-1

I. ①遥… II. ①杨… 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(2018)第 275072 号

策划编辑: 谭海平

责任编辑: 谭海平 特约编辑: 王 崧

印 刷: 三河市鑫金马印装有限公司

装 订: 三河市鑫金马印装有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编: 100036

开 本: 787×980 1/16 印张: 15.25 字数: 366 千字

版 次: 2015 年 6 月第 1 版

2019 年 2 月第 2 版

印 次: 2019 年 2 月第 1 次印刷

定 价: 49.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式: (010) 88254552, tan02@phei.com.cn。

编委会

- | | |
|-----|------------------|
| 杨树文 | 兰州交通大学测绘与地理信息学院 |
| 董玉森 | 中国地质大学(武汉)计算机学院 |
| 詹云军 | 武汉理工大学资源与环境工程学院 |
| 蔡玉林 | 山东科技大学测绘科学与工程学院 |
| 罗小波 | 重庆邮电大学计算机科学与技术学院 |
| 韩 惠 | 兰州交通大学测绘与地理信息学院 |
| 李名勇 | 华北水利水电大学资源与环境学院 |
| 何 毅 | 兰州交通大学测绘与地理信息学院 |
| 高松峰 | 河南城建学院测绘工程学院 |
| 李雪梅 | 兰州交通大学测绘与地理信息学院 |

前 言

ENVI (The Environment for Visualizing Images) 是目前遥感领域应用最为广泛的遥感影像处理专业软件之一。ENVI 功能齐全, 包括常规处理、几何校正、辐射定标、多光谱分析、高光谱分析、雷达分析、地形地貌分析、矢量应用、神经网络分析、区域分析、GPS 连接、正射影像图生成、三维图像生成、可供二次开发调用的函数库、制图、数据输入/输出等。ENVI 5.4 继承了前几版的界面风格, 对功能结构进行了调整, 对操作界面进行了优化, 并新增了一些图像处理操作, 从而更为强大和完善。

本书第 1 版于 2015 年 6 月出版, 在 3 年多的使用过程中, 受到了广大用户的欢迎和好评, 同时用户也对教材中存在的问题和缺陷进行了指正, 笔者代表编委会表示衷心的感谢! 为此, 在前期使用的基础上, 通过广泛收集建议和意见, 编委员会对部分内容进行了修改和调整。修改和调整的内容主要包括: (1) 全书基于 ENVI 5.4 重新进行了修订; (2) 新增了图像变化检测的内容; (3) 增加了部分图像增强处理的内容; (4) 增加了气溶胶反演与分析、地表温度反演与分析等专题内容; (5) 对第 1 版中存在的错误和纰漏进行了修订。

新版分为基础篇和增强篇, 共 12 章。基础篇包括第 1 章至第 8 章, 第 1 章介绍遥感数字图像处理与分析的基本概念、研究内容及 ENVI 5.x 的功能与特色; 第 2 章介绍 ENVI 软件的基本设置和基础知识; 第 3 章介绍 ENVI 图像预处理的主要操作, 包括图像辐射定标、大气校正、几何校正、图像裁剪、图像镶嵌、彩色合成和图像融合, 增加了矢量数据处理等内容; 第 4 章介绍图像增强处理, 包括图像变换、滤波增强和纹理分析等, 新增了直方图均衡化和直方图规定化等内容; 第 5 章介绍图像分类, 包括非监督分类、监督分类 (最大似然法分类、最小距分类、神经网络分类和支持向量机分类)、决策树分类、分类后处理及精度评价方法等; 第 6 章新增了图像变化检测的内容, 对图像直接比较法和分类后比较法进行了详细介绍; 第 7 和第 8 章仍然介绍图像分割和遥感制图与三维可视化操作。增强篇包括第 9 章至第 12 章, 第 9 章介绍高光谱分析技术, 包括波谱重采样、图像波谱分割等; 第 10 章介绍雷达图像处理技术, 包括雷达图像基本处理、地理编码和极化处理等; 第 11 章介绍地形特征提取, 包括地形建模、地形特征提取、DEM 自动提取等; 第 12 章介绍多特征信息专题建模提取与分析, 详细分析水体、植被和高分辨率影像中阴影的建模方法与提取的具体实验步骤, 新增了气溶胶反演与分析及地表温度反演与分析等内容。

书中所有实验数据都放在华信教育资源网 (www.hxedu.com.cn) 上, 请读者自网上按书名或书号找到该图书后, 直接在页面上下载。

本书由兰州交通大学杨树文教授组织修订, 经编委会反复论证, 形成本书的基本框架和内容。

其中,第1章、第12章由杨树文编写,第2章由高松峰编写,第3章由李名勇编写,第4章由何毅编写,第5章由罗小波编写,第6章由蔡玉林编写,第7章和第8章由李雪梅编写,第9章由詹云军编写,第10章由董玉森编写,第11章由韩惠编写。全书由杨树文主持编写和统稿、校对。此外,兰州交通大学的臧丽日、高丽雅、申顺发、宋邵、刘燕、薛理、马吉晶、闫如柳、贾鑫和牛丽峰等研究生对各章节的文稿和实验进行了反复检查与测试,在此一并致以诚挚的谢意。

本书可作为遥感科学与技术、地理信息科学、测绘工程、工程地质遥感等专业本科生、研究生的 ENVI 上机实践参考用书,也可供相关专业的科研人员参阅。

本书在编写、修订过程中虽然对涉及的实验反复验证,但由于编者水平所限,错误与不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编著者

2018年11月

目 录

第 1 章 导论	1
1.1 遥感数字图像处理与分析	1
1.1.1 基本概念	1
1.1.2 遥感数字图像处理的主要内容	1
1.1.3 遥感图像理解与分析	2
1.1.4 遥感数字图像处理技术与发展	3
1.2 ENVI 5.x 概述	3
1.2.1 ENVI 软件特点	3
1.2.2 ENVI 5.x 新增功能	4
第 2 章 ENVI 窗口组成	6
2.1 主菜单	6
2.1.1 文件	6
2.1.2 调整图层顺序	13
2.1.3 显示	13
2.1.4 视图	16
2.1.5 帮助	17
2.2 工具栏	17
2.3 图层管理	17
2.4 基础工具	17
2.4.1 图层叠加	17
2.4.2 图像大小调整	19
2.4.3 感兴趣区定义	20
2.4.4 掩膜	22
2.4.5 直方图匹配	23
2.4.6 波段运算	23
第 3 章 图像预处理	26
3.1 自定义坐标系	26

3.1.1	地图投影的基本参数	27
3.1.2	ENVI 中的自定义坐标系	27
3.2	图像校正	30
3.2.1	辐射定标	30
3.2.2	大气校正	33
3.2.3	几何校正	38
3.3	图像融合	52
3.3.1	RGB 图像的融合	53
3.3.2	多光谱图像的融合	54
3.4	图像镶嵌	55
3.4.1	基于像元的图像镶嵌	55
3.4.2	无缝镶嵌	57
3.5	图像裁剪	58
3.5.1	规则分幅裁剪	58
3.5.2	不规则分幅裁剪	60
3.6	图像合成	61
3.6.1	伪彩色合成	61
3.6.2	彩色合成	61
3.7	矢量数据处理	63
3.7.1	新建矢量数据	63
3.7.2	编辑矢量数据	64
3.7.3	数据格式转换	65
第 4 章	图像增强	67
4.1	图像变换	67
4.1.1	拉伸	67
4.1.2	色彩空间变换与拉伸	68
4.1.3	色彩拉伸	70
4.1.4	交互式直方图拉伸	73
4.1.5	直方图均衡化	74
4.1.6	直方图规定化	75
4.1.7	主成分分析	76
4.1.8	缨帽变换	77
4.2	滤波增强	78
4.2.1	卷积增强	78

4.2.2	形态学滤波	80
4.2.3	自适应滤波	81
4.2.4	傅里叶变换	83
4.3	纹理分析	87
4.3.1	基于概率统计的滤波	87
4.3.2	基于二阶概率统计的滤波	87
第 5 章	图像分类	89
5.1	遥感图像分类简介	89
5.2	非监督分类	90
5.2.1	ISODATA 分类	90
5.2.2	K-Means 分类	91
5.2.3	类别定义与子类合并	92
5.3	监督分类	95
5.3.1	选取训练样本	95
5.3.2	执行监督分类	97
5.4	决策树分类	103
5.4.1	定义分类规则	103
5.4.2	构建决策树	105
5.4.3	执行决策树	106
5.5	分类后处理	107
5.5.1	聚类统计	107
5.5.2	过滤分析	108
5.5.3	Majority/Minority 分析	109
5.5.4	分类统计	109
5.5.5	分类结果转矢量	110
5.6	精度评价	111
5.6.1	分类结果叠加	111
5.6.2	混淆矩阵	113
第 6 章	图像变化检测	115
6.1	图像直接比较法	115
6.1.1	图像直接比较法的步骤	115
6.1.2	图像直接比较法流程化工具	117
6.2	分类后比较法	120
6.2.1	分类后比较法的步骤	120

6.2.2	分类后比较法流程化工具	122
第 7 章	高分辨率遥感图像分割	125
7.1	基于规则的房屋信息提取	125
7.2	基于样本的农田信息提取	129
7.3	基于规则的道路信息提取	133
第 8 章	遥感制图与三维可视化	138
8.1	遥感制图	138
8.1.1	快速制图	138
8.1.2	自定义制图元素	140
8.2	三维可视化	142
8.2.1	生成三维效果	142
8.2.2	三维场景窗口	143
第 9 章	高光谱分析技术	145
9.1	标准波谱库	145
9.2	创建波谱库	149
9.3	交互浏览波谱库	152
9.4	波谱重采样	154
9.5	图像波谱分割	155
9.6	波谱立方体	156
第 10 章	雷达图像处理	158
10.1	雷达图像的基本处理	158
10.1.1	数据读取	159
10.1.2	图像增强	159
10.1.3	图像滤波	160
10.2	雷达图像的地理编码	161
10.3	SIR-C 极化雷达数据处理	162
10.3.1	数据多视处理	163
10.3.2	标准极化合成	163
10.3.3	非标准极化合成	165
10.3.4	SIR-C 地理编码	165
第 11 章	地形特征提取	167
11.1	地形建模	168
11.1.1	地形菜单	168
11.1.2	地形建模	169

11.1.3	三维地形可视化	170
11.2	地形特征提取	172
11.3	立体像对 DEM 自动提取	173
11.3.1	DEM 自动提取操作步骤	174
11.3.2	编辑 DEM	180
11.3.3	立体 3D 量测工具	181
11.3.4	核线图像 3D 光标工具	182
11.4	等值线插值生成 DEM	183
11.4.1	矢量等高线插值 DEM	183
11.4.2	高程点文件插值 DEM	186
第 12 章	多特征信息提取与分析	188
12.1	水体提取建模与分析	188
12.1.1	TM 影像水体特征及水体提取模型	188
12.1.2	基于 TM 影像的水体提取实验	190
12.1.3	水体提取后处理	192
12.1.4	水体提取结果对比分析	194
12.2	植被提取建模与分析	195
12.2.1	典型的植被提取模型	195
12.2.2	基于 TM 影像的植被提取实验	196
12.2.3	植被覆盖度的估算	198
12.3	高分辨率影像阴影提取建模与分析	210
12.3.1	QuickBird 影像阴影特征及检测模型	210
12.3.2	基于 QuickBird 的阴影检测实验	211
12.3.3	阴影提取后处理	213
12.4	气溶胶反演	215
12.4.1	反射率与发射率文件处理	215
12.4.2	角度数据处理	219
12.4.3	气溶胶反演	222
12.4.4	反演结果处理	223
12.5	地表温度反演	224
12.5.1	城市热岛效应的反演计算	224
12.5.2	基于大气校正的地表温度反演计算流程	225
参考文献	231

第1章 导 论

本章主要内容:

- 遥感数字图像处理与分析
- ENVI 5.x 概述

1.1 遥感数字图像处理与分析

1.1.1 基本概念

遥感是指应用现代技术和先进的工具,不与目标物体相接触,而从远距离接收目标物体的电磁波谱信息,并对所搜集的信息进行加工、传输、处理、存储,最后对其进行分析与解译的一门新兴的综合性科学技术^[1]。

遥感数字图像处理是遥感技术的核心内容之一。遥感数字图像是以数字形式记录的二维遥感信息,即其内容是通过遥感手段获得的,通常是地物不同波段的电磁波谱信息,其中的像素值称为亮度值(或称为灰度值、DN值)。

遥感数字图像处理是指利用计算机对遥感数字图像进行一系列操作,从而获得某种预期结果的技术^[2]。

1.1.2 遥感数字图像处理的主要内容

遥感影像数字图像处理的内容主要有:

- (1) 图像恢复。即校正成像、记录、传输或回放过程中引入的数据错误、噪声与畸变,包括辐射校正、几何校正等。
- (2) 数据压缩。采用栅格数据编码、分形等技术减少冗余数据,以提升传输、存储和处理数据的效率。
- (3) 影像增强。针对性地突出影像的某些特征,同时抑制或去除某些不需要的信息,以提高影像中某些地物的可识别性。常用的方法包括空间域增强、频率域增强、彩色增强、信息融合、K-L增强、K-T增强及比值运算等。
- (4) 图像分割。把图像分成若干特定的、具有独特性质的区域,并提取感兴趣目标的技术和过

程。图像分割是深入进行图像识别、分析和理解的基础。常见的方法包括基于阈值的分割方法、基于区域的分割方法、基于边缘的分割方法和基于特定理论的分割方法等。

- (5) 变化检测。根据不同时间的多次观测来确定某个地物的状态变化或确定某现象的变化过程。根据遥感图像分析和变化信息获取的不同层次，将变化检测方法分为基于像素级的变化检测、基于特征级的变化检测和基于目标级的变化检测三类。
- (6) 图像分类。图像经过某些预处理（复原、增强等）后，对图像进行分割和特征提取，从而实现地物类别的分类。常见的方法有非监督分类、监督分类、模糊分类、人工神经网络分类和决策树分类等。

1.1.3 遥感图像理解与分析

图像理解就是对图像的语义理解，它是以图像为对象，以知识为核心，利用计算机系统研究图像中有什么目标、目标之间的相互关系、图像是什么场景及如何应用场景的一门学科^[3]。图像理解所讨论的问题是为了完成某一任务，需要从图像中获取哪些信息，以及如何利用这些信息获得必要的解释^[4]。

王润生^[5]、章毓晋^[6]和孙显^[7]等均对图像处理、图像分析及图像理解的层次模型进行了论述，三者的抽象程度和数据量成反比，如图 1.1 所示。

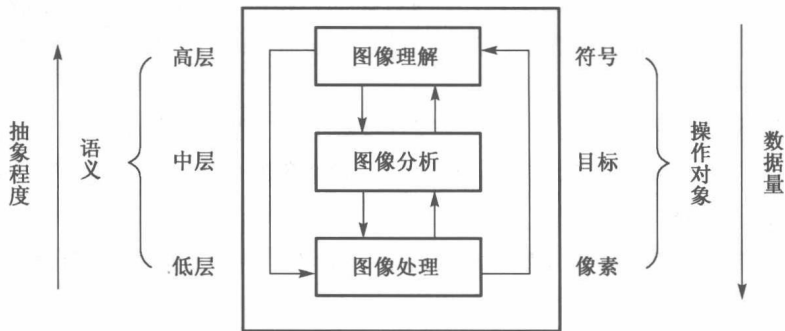


图 1.1 图像处理、分析和理解的层次模型（孙显，2011）

其中，图像处理是低层操作，数据量大，抽象程度低，主要针对图像像素进行处理，强调图像的变换及其之间的相互转换；图像分析是中层操作，数据量减小，抽象度提高，主要针对图像中感兴趣的目标信息，通过检测来实现图像分割和特征提取，并用简洁的数据形式来描述图像；图像理解是高层操作，数据量小，抽象程度高，主要针对由描述抽象出来的符号进行运算，进而研究图像中各目标的性质及其之间的相互联系，用以理解图像的内容。

遥感图像理解是图像理解的范畴，是图像理解理论的一个重要分支。其研究内容主要涉及三个方面，即对场景中的感兴趣地物目标进行检测识别，对整个场景进行描述和解译，对图像及目标空间语义进行分析和计算。

遥感图像理解的研究方法包括遥感图像特征信息的表达与提取及遥感分析模型的构建。信息的

表达与提取研究如何选取典型的影像特征和目标描述因子,遥感分析模型研究基于统计分析等专题分析下的符合实际需求的目标识别、分类模型。

1.1.4 遥感数字图像处理技术与发展

依靠专家进行人工目视解译和分析的方法虽然简单方便,但存在工作效率低、人为影响等因素。遥感数字图像处理技术的出现,从根本上改变了传统遥感图像的处理与识别方式,为遥感技术系统的完善,实现对地物高效、快速识别及多源信息的数字化融合处理创造了良好的条件(汤国安, 2004)。

目前,遥感数字图像处理技术主要是基于像素级别的光谱、纹理和上下文环境等特征设计的处理算法。这些算法针对中低分辨率影像一定程度上能解决目标信息的识别和提取,具有较高的精度,但针对高分辨率影像往往精度不够,难以提取图像中的细节信息。因此,近年来基于对象(基元)的图像分析技术逐渐被大家所关注和研究。该方法以含有更多语义信息的多个相邻像素组成的对象为处理单元,根据目标信息分类或提取的要求,检测目标地物的多种图像特征(如光谱、纹理、形状、大小、阴影和空间位置等)(孙显, 2011),从而达到对遥感图像进行分类或目标信息提取的目的。

总之,遥感图像处理技术在向高速、高分辨率、立体化和智能化的方向发展。

1.2 ENVI 5.x 概述

ENVI 是一个完整的遥感图像处理平台^[8],包含齐全的遥感影像处理功能:常规处理、几何校正、辐射定标、多光谱分析、高光谱分析、雷达分析、地形地貌分析、矢量应用、神经网络分析、区域分析、GPS 连接、正射影像图生成、三维图像生成、可供二次开发调用的函数库、制图、数据输入/输出等功能。

ENVI 5.0 采用了全新的软件界面,界面有菜单项、工具栏、图层管理、工具箱、状态栏几个组成部分,所有操作都在一个窗口下。

ENVI 5.4 延续了 ENVI 5.0 和 5.2 的界面风格,同时保留了 ENVI Classic 的三窗口操作界面,新增或改进了很多功能,让使用者操作更便捷,个性化更强。

1.2.1 ENVI 软件特点

ENVI 具有以下特点:

- (1) 简单易用。具有灵活、友好的界面,简单易学,便于操作和使用。
- (2) 性能可靠。将主流的图像处理过程集成到流程化(Workflow)图像处理工具中,提高了图像处理的效率;具有先进、可靠的影像分析工具,尤其具有突出的专业光谱分析能力。
- (3) 易于拓展。底层 IDL 语言可以帮助用户轻松地添加、扩展 ENVI 的功能,甚至开发/定制自己的专业遥感平台。
- (4) 与 ArcGIS 的“无缝融合”。为遥感与 GIS 一体化集成提供了最佳的解决方案。

1.2.2 ENVI 5.x 新增功能

ENVI 5.1、ENVI 5.2 在 ENVI 5.0 基础上的新增功能^[9]如下。

1. 支持更多的传感器和文件格式

- (1) 支持新传感器数据，包括 IRSResourceSat-2、NigeriaSat-1/2、GeoEye-1 数据的.til 文件，SSOT (FASat-Charlie)、KOMPSAT-3、RASAT&Göktürk-2、RapidEyeLevel-3B、NPPVIIRS 等传感器数据。
- (2) 新增了对 GIF、ECRG、SICD 和 HDF5 等数据格式的支持，提供通用的 HDF5 数据的浏览工具，可以从.h5 的不同数据集中新建一个栅格数据。
- (3) 64 位的 ENVI 5.4 直接支持 JPIP 和 IAS 流。
- (4) 全面支持 Landsat 8 数据，如 Landsat 8 Surface Reflectance 数据和_MTL.txt 元数据文件的读取、太阳高度角的自动校正及 Landsat 8 OLI 的大气校正等功能。

2. 改进了光谱曲线显示工具

采用全新的光谱曲线显示工具，可浏览波谱库数据并绘制新的波谱曲线图，内置植被指数图例。支持属性的修改，支持多个显示窗口的拖放，可显示 X、Y、Z 和任意方向的剖面图。

3. 增加了无缝镶嵌工具

新增了流程化的图像镶嵌工具，在一个流程化的界面中集成了所有功能。新增功能如下。

- (1) 控制图层的叠放顺序。
- (2) 设置忽略值，显示或隐藏图层或轮廓线，重新计算有效的轮廓线，选择重采样方法和输出范围，可指定输出波段和背景值。
- (3) 可进行颜色校正、羽化/调和。
- (4) 提供高级的自动生成接边线功能，也可手动编辑接边线。
- (5) 提供镶嵌结果的预览。

4. 强化了 ROI 工具

强化后的感兴趣区 (ROI) 工具包含所有经典 ROI 工具的功能，可定义各种形状和类型的感兴趣区，亦可根据矢量某一属性的条件建立 ROI。同时，感兴趣区文件带有坐标，可用于任何与之有地理重叠的栅格数据，支持坐标自动重投影。

5. 强化了个性化特征

强化了个性化特征，如快捷键的增加、工程化的管理、缩放速度的控制、光标所在像素值及坐标的显示、在图层管理器中对数据重命名等。同时，支持多视窗之间的数据层的拖放，以及从数据管理器到多视窗的数据拖放，并增强了矢量数据的显示性能。

6. 新增了自带数据

- (1) 自带最新的波谱库数据，新增超过 6500 个新的波谱，更新了 ASTER 波谱库和 USGS 波谱库。这些数据的存放位置是“...\ProgramFiles\Exelis\ENVI54\data\”，它们的坐标系都是 GCS_WGS_1984。

(2) 提供全球自然地理栅格、矢量数据集,可直接使用。包括 GMTED 2010 全球 DEM (30 角秒空间分辨率)、全球自然地形渲染图、全球小比例尺 Shapefile 矢量数据。

7. 提高了数据处理效率

采用高速缓存技术极大地提高了处理效率。如改进的正射校正工具,使处理效率提高了 25 倍,自带 GMTED2010DEM 数据用于正射校正,可以自定义输出像元的大小,GLT 校正加入了蝴蝶结效应的校正,对 MODIS 做几何定位处理时可校正双眼皮效应。

8. 改进了高光谱物质识别工具

改进后的高光谱物质识别工具新增了 ACE 光谱匹配算法,可基于贝叶斯统计计算概率得分来解释识别的结果。

9. 拓展了 API 功能

拓展后的 API 功能包括感兴趣区 (ROI)、事件模型 (鼠标事件)、坐标转换库、数据采集、定义&查询 GCPs、RPC 正射校正、辐射定标、无缝镶嵌及蝴蝶结效应校正的选项等,同时新增了批处理程序。

ENVI 5.4 在 ENVI 5.1、ENVI 5.2 的基础上,增加了一些新的功能^[10],具体如下。

1. 传感器和数据支持

支持新传感器数据,包括 ADS80 Level-2 产品、Landsat 8 Surface Reflectance、PlanetScope 数据、Sentinel-2 Level-2A、Amazon Web Services 分发的文件、哨兵-3 海洋和陆地彩色仪 (OLCI) 及海陆地表温度辐射计 (SLSTR) 数据、UrtheCast Theia 等传感器数据。

2. 显示工具

设置 ENVI 格式影像的默认拉伸时,可指定最小/最大值。若未指定,则使用图像直方图中的 2% 和 98% 为最小值/最大值。此功能原本只应用于线性拉伸,现在同样适用于平方根、高斯、均衡化和对数等拉伸方法。

3. 图像处理

(1) 支持 ArcGIS® 10.4 和 10.5。

(2) ADS80 影像可与 ENVI 摄影测量扩展模块一起使用。

(3) Generate Point Clouds and DSM by Dense Image Matching 工具新增两个参数:

- Terrain Type: 选择输入影像大部分为平坦或多山地形。
- Refine Point Clouds: 若设置为“是”,输出点云将具有平滑的高度值,但不包含任何强度或颜色信息。

(4) 掩膜更新。Apply Mask 工具从 ENVI 工具箱中移除,可用 File Selection 对话框中的 Mask 按钮选择待掩膜影像。Build Mask 工具重命名为 Build Raster Mask。

4. 二次开发

(1) ENVI API 编程指南新增了关于如何使用 ENVI API 创建“a task of tasks”的示例。

(2) ENVI 函数接口新增了 API_VERSION 属性。

(3) 新增了对对象、ENVITasks 和参数类。

第2章 ENVI 窗口组成

本章主要内容：

- ENVI 主菜单下的基本操作
- ENVI 主菜单下的工具栏
- ENVI 主菜单下的图层管理窗口
- ENVI 主菜单下的基础工具

2.1 主菜单

2.1.1 文件

1. 系统设置

为提高 ENVI 的运算效率，需对软件进行系统设置。具体操作步骤如下：第一步，在“开始”菜单下选择 ENVI 5.4 → Tools → ENVI Classic 5.4，启动 ENVI Classic 主菜单，如图 2.1 所示。第二步，选择 ENVI Classic 主菜单下的 File → Preferences，在 Default Directories 选项卡下设置路径信息，如图 2.2 所示，设置完成后重启软件。

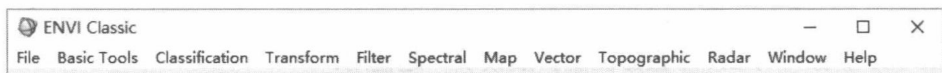


图 2.1 ENVI Classic 主菜单

ENVI Classic 是 ENVI 5.0 之前的图像显示窗口，主要由三部分组成：主图像显示窗口 (Image)、滚动窗口 (Scroll) 和放大窗口 (Zoom)，如图 2.3 所示。

主图像显示窗口按图像实际分辨率显示图像的一部分，显示范围为滚动窗口中的红色方框（默认颜色）覆盖的区域。

滚动窗口中的图像以重采样的分辨率显示整个图像的内容。

放大窗口是一个很小的图像显示窗口，它以用户自定义的放大系数来显示图像的一部分，可以无级放大到像素大小。显示范围为 Image 窗口中的红色方框（默认颜色）覆盖的区域。

第三步，在“开始”菜单下选择 ENVI 5.4 → 64-bit → ENVI 5.4，启动 ENVI 5.4。选择主菜