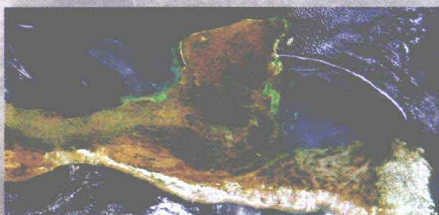
 地理信息技术实训系列教程

遥感数字图像处理 实验教程

韦玉春 编著



科学出版社

地理信息技术实训系列教程

遥感数字图像处理实验教程

韦玉春 编著

地理科学国家实验教学示范中心实验教学丛书建设项目资助

科学出版社

北京

前 言

遥感是对地观测的重要手段，遥感图像是对地观测的主要结果。随着新型传感器的问世和使用，遥感数字图像迅速增加，需要更多的人员从事遥感图像处理，以从图像中挖掘各种信息。

在多年教学的基础上，我们编写了这本实验教程，供本科生在实验中使用。本书通过数据的实验练习，有助于学生更好地应用图像处理方法。在教学过程中，根据本科生的知识结构和遥感数字图像处理的基本要求，我们设立了相关的实验。

本书共 8 章，对应 8 个实验，建议实验课时为 18~24 学时。实验内容设置的基本原则是：验证+思考。每个实验过程中和实验后均安排了一些思考题。对于这些问题的解答，有助于学生更好地掌握图像处理方法和应用。

按照章节前后顺序，主要的实验内容包括以下 8 个部分。

- (1) 实验准备：主要进行显示器的色彩校正实验，并准备实验数据。
- (2) 图像处理基本操作：包括图像的显示、图像文件合并、头文件编辑、图像剪裁等。
- (3) 图像合成和显示增强：包括图像的彩色合成和拉伸、图像的均衡化和规定化。
- (4) 遥感图像的几何精纠正：利用给出的图像图件进行 TM 图像的几何精纠正，自定义用户坐标系和投影。
- (5) 图像变换：包括傅里叶变换、主成分变换、缨帽变换、代数运算和彩色变换。
- (6) 图像滤波：包括图像平滑、锐化的基本方法练习。
- (7) 图像分割：利用直方图、图像的光谱特征进行图像分割并进行了图像数学形态学方法练习。
- (8) 图像分类：包括 IsoData 非监督分类和最大似然监督分类方法练习、分类结果的后处理。

随书光盘中包括了实验所需要的一些典型数据和相关材料，在时间允许的情况下，建议使用它们进行实验练习，不要仅使用内容中提到的数据。

本书中的相关实验已经在近 5 年的地图学与地理信息系统专业的本科教学实验中使用。编写完初稿后，硕士研究生周宇对书中的实验进行了重复性练习，并重新按照 1:1 保存了实验图片。南京师范大学地图学与地理信息系统专业本科

生使用本书的内容进行了实验练习和检查。

本书配有光盘，书中提到的彩色界面和图像请参阅光盘中的相应内容。

受知识面和材料的限制，本书尚存在许多不足之处。我们期待您的指导和批评，以进一步完善相关内容，有关意见或建议可通过电子邮件（邮箱地址：wycnynu@sina.com）发给我们，邮件主题为 RS 实验教程。

韦玉春

2011 年 6 月于南京师范大学仙林

实验内容及课时安排

根据内容和工作量，建议每个实验单元的实验时间为 2~4 课时。全部实验需 18~24 课时。

实验编号	名称	图像处理内容	ENVI 相关的功能菜单	需要课时/h
1	实验准备	显示器的颜色校正	软件安装 查阅帮助系统	2
2	图像处理基本操作	图像显示 保存显示的图像 数据合并 编辑头文件 图像剪裁 改变图像大小	主菜单 File 中的主要功能 Basic Tools-Resize Data/Convert Data Image 窗口的 Tools-Link 系统设置 图像窗口	2~3
3	图像合成和显示增强	图像合成 图像拉伸：线性、2%拉伸 图像均衡化 图像规定化	Image 窗口中“Enhance”菜单下的各项子菜单 Tools-Color Mapping 和 Cursor Location/Values... Window-Close All Display Windows	2~3
4	遥感图像的几何精纠正	图像-地图配准图像重采样 定义坐标系和投影 (本实验的结果将在实验七中使用)	主菜单 Map-Register-Select GCPs; Image to Map Basic Tools-Resize Data MAP-Customize Map Projections	2~3
5	图像变换	FFT 变换 主成分变换 缨帽变换 代数运算 彩色变换	主菜单 Filter-FFT Filtering Transform-Principle Components Transform-Tassled Cap Transform-Band Ratios Basic tools-Band Math Transform-Image Sharping-HSV Transform-Color Transforms 相关工具 Basic Tools-Statistics	3~4

续表

编号	名称	图像处理内容	ENVI 相关的功能菜单	需要课时/h
6	图像滤波	图像平滑: 低通滤波, 中值滤波, 高斯低通滤波 图像锐化: 罗伯特梯度, Sobel 梯度, 拉普拉斯算子, 定向滤波	Filter-Convolutions and Morphology 中的 Convolutions (卷积) Image 窗口中的 Tools-2D Scatter Plots	3~4
7	图像分割	图像直方图 图像交互拉伸 代数运算 绘制矢量线 光谱剖面 空间剖面 拉普拉斯算子 高斯低通滤波 图像数学形态学 图像矢量化	Image 窗口中 “Enhance” 菜单下的 Interactive Stretching... Basic Tools-Band Math Image 窗口中 “Tools” 菜单下的 Profiles 中各项子菜单 Filter-Convolutions and Morphology 中的 Convolutions (卷积) 和 Morphology (图像形态学) Vector-Rater to Vector 保存矢量文件为 Shape 文件	2~3
8	图像分类	绘制 ROI IsoData 非监督分类 最大似然法监督分类 分类结果后处理	图像窗口菜单-Tools-Region of Interest-ROI Tool... 主菜单: Classification-Unsupervised-IsoData 主菜单: Classification-Supervised-maximum Likelihood 主菜单: Classification-Post Classification	2~3

目 录

前言

实验内容及课时安排

实验一 实验准备	1
一、目的和要求	1
二、实验内容	1
三、ENVI 图像处理系统介绍	1
四、ENVI 安装	3
五、ENVI 的菜单构成	7
六、常用遥感图像处理系统	10
七、显示器色彩校正	11
八、准备实验数据	14
九、问题思考	14
实验二 图像处理基本操作	15
一、目的和要求	15
二、实验内容	15
三、图像处理	15
四、问题思考	34
五、程序练习	35
实验三 图像合成和显示增强	36
一、目的和要求	36
二、实验内容	36
三、图像处理	36
四、问题思考	46
五、程序练习	46
实验四 遥感图像的几何精纠正	47
一、目的和要求	47
二、实验内容	47
三、图像处理	47

四、问题思考	61
实验五 图像变换	62
一、目的和要求	62
二、实验内容	62
三、图像处理	62
四、问题思考	85
五、程序练习	85
实验六 图像滤波	86
一、目的和要求	86
二、实验内容	86
三、图像处理	86
四、问题思考	100
五、程序练习	100
实验七 图像分割	101
一、目的和要求	101
二、实验内容	101
三、图像处理	101
四、问题思考	116
五、程序练习	116
实验八 图像分类	117
一、目的和要求	117
二、实验内容	117
三、图像处理	118
四、问题思考	130
五、程序练习	131
附录 1 实验报告要求	132
附录 2 实验报告模板	133
附录 3 遥感数字图像处理实验的相关软件	135
附录 4 光盘中的文件说明	137

实验一 实验准备

一、目的和要求

1. 目的

安装配置图像处理需要的软件和硬件。

2. 要求

比较完整地了解 ENVI 系统的基本功能，各功能之间的主要关系。

能够通过在线帮助文档进行自主学习。

了解主要的遥感图像处理系统的特点。

能够自己对显示器进行基本的颜色校正。

3. 软件和数据

1) 软件

ENVI 的最新版本。请咨询相关的厂商。

显示器颜色校正工具。光盘目录：实验准备 \ 校正工具。

2) 数据

光盘目录：C1 实验准备 \ 数据。

二、实验内容

(1) 安装 ENVI 图像处理软件。

(2) 查阅主要的遥感图像处理系统主页。

(3) 校正显示器颜色。

(4) 拷贝实验数据。

三、ENVI 图像处理系统介绍

软件名称：ENVI (The Environment for Visualizing Images) 4.6 或更高的版本。

生产公司：美国 ITT Visual Information Solutions。

网站主页：<http://www.ittvis.com/index.asp>。

2011 年，ENVI 的版本为 4.8，包括 32 位、64 位系统的版本。同时，增加了一个 EnviEX 模块，用于进行集成的图像处理和操作。

ENVI 是一套功能齐全的遥感图像处理系统，是处理、分析并显示多光谱数据、高光谱数据和雷达数据的高级工具，为经常使用卫星和航空遥感数据的人员提供了友好的界面和数据可视化分析的工具。

ENVI 的独特之处在于图像处理是基于像素和波段的。图像文件打开后，所包括的波段都显示在一个列表中 (Available Bands List)，并且可以被所有的系统工具处理。如果图像的大小相同，那么，可以利用各种工具进行组合处理。各个波段可以是原始遥感图像的，也可以是图像处理的结果，可以具有不同的数据类型。多个图像被打开后，如果图像大小相同，用户可以选择不同图像中的波段进行联合处理。ENVI 的用户接口是基于图形用户界面 (GUI) 的，各种处理功能均可通过菜单调用。参数的选择一般通过窗口对话框完成。

ENVI 由 IDL (Interactive Data Language) 编写，许多特性与 IDL 语言紧密相关。IDL 是一个用于交互式数据分析和数据可视化的计算环境，它将数学分析、图形显示技术与功能强大的面向数组的结构化语言结合在一起。利用 IDL，可以迅速地扩充 ENVI 的处理能力，学习曲线和处理效率要比其他系统更高。

1. 影像显示、处理和分析

ENVI 的遥感影像处理功能：常规处理、几何校正、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、区域分析、GPS 联接、正射影像图生成、三维图像生成、丰富的可供二次开发调用的函数库、制图、数据输入/输出等。ENVI 对于要处理的图像波段数没有限制，可以处理几乎所有的卫星图像格式，如 Landsat、IKONOS、SPOT、RADARSAT、NOAA、EROS 和 TERRA，并能接受未来所有传感器的信息。

2. 光学遥感图像处理

ENVI 具备较完整的遥感影像处理工具，能够进行文件合并剪裁处理、图像显示增强、掩膜、图像几何纠正、图像计算统计、图像分类及后处理、图像变换和滤波、图像镶嵌、融合等。ENVI 支持各种投影类型和自定义投影。同时，ENVI 包括了完整的高光谱数据处理工具，可有效地进行高光谱图像的处理、分析分类和土地利用动态监测。

3. 栅格和矢量数据显示和处理

ENVI 包含栅格影像处理功能，如校正、定标、波段运算、显示增强、滤波、变换、边缘检测、分类及制图输出，并可以加注汉字。ENVI 具有遥感影像配准和正射校正的功能，可以给影像添加地图投影，并与各种 GIS 数据套合。ENVI 的矢量工具可以进行屏幕数字化、栅格和矢量叠合，建立新的矢量层、编

辑点、线、多边形数据，进行缓冲区分析，创建、编辑属性表并进行矢量层的属性查询。ENVI 4.7 后，软件与 ArcGIS 的集成度进一步加强，有效地提高了工作效率。

4. 雷达分析工具

ENVI 的雷达分析工具用来处理雷达 SAR 数据，提取 CEOS 信息并浏览 RADARSAT 和 ERS-1 数据。可用天线阵列校正、斜距校正、自适应滤波等功能提高数据的利用率。纹理分析功能可以分段分析 SAR 数据。ENVI 还可以处理极化雷达数据，用户可以从 SIR-C 和 AIRSAR 压缩数据中选择极化和工作频率，用户还可以浏览和比较感兴趣区的极化信号，创建振幅图像和相位图像。

5. 地形分析工具

ENVI 具有三维地形可视分析的功能，能按用户指定路径飞行，产生动画序列并输出 MPEG 文件，便于用户演示成果。

四、ENVI 安装

以 32 位操作系统下的 ENVI4.7 安装为例。

(1) 将 ENVI 软件光盘放到光驱中，在根目录下双击 `envi4.7winx86_32.exe`。启动安装程序后，经过初始化即可进入安装主界面，如图 1.1 所示。

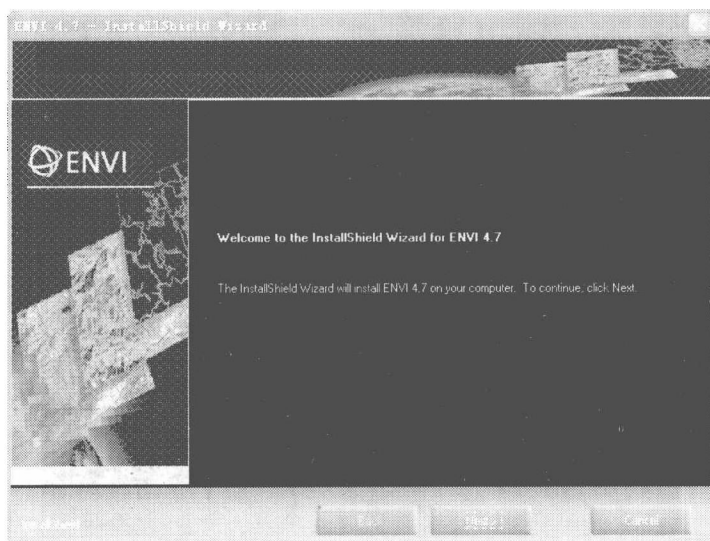


图 1.1 ENVI 安装主界面

(2) 单击 Next 按钮，进入下一步的安装界面，显示软件许可协议对话框。阅读后接受本协议，单击 Yes 按钮继续进行安装，如果不接受本协议，单击 No 退出安装。

(3) 单击 Yes 后，在出现的对话框中，浏览选择系统将要安装的目录。系统默认安装在“C:\Program Files\ITT”中。

(4) 单击 Next 后，出现选择特征对话框。建议选中所有的内容，如图 1.2 所示。

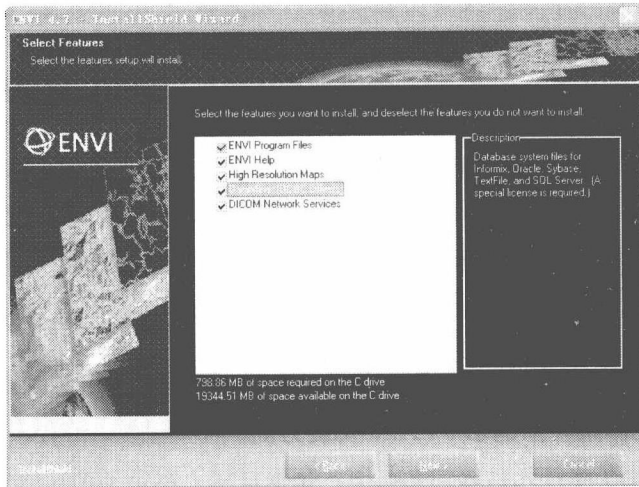


图 1.2 ENVI 安装项目列表

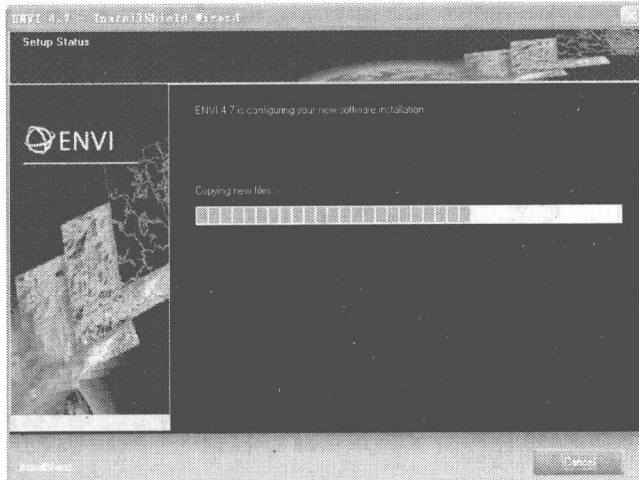


图 1.3 ENVI 安装进度

(5) 单击 Next 后，出现文件类型关联对话框。接受系统的默认设定。

(6) 单击 Next 后，出现确认信息。包括：安装目录，选择安装的内容和文件类型关联信息。

(7) 单击 Next 后，开始进行正式的安装。将程序、文件复制到硬盘上，一个进度条用来显示当前的进度（图 1.3）。

(8) 安装完成后，会出现对话框，询问是否运行协议许可应用（图 1.4）。

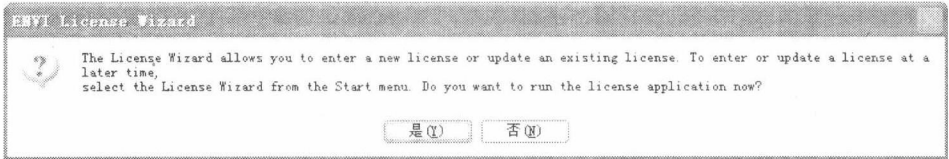


图 1.4 确认是否运行协议应用

(9) 单击是 (Y)，出现协议引导窗口，选择协议许可类型，然后，按照其中的提示信息，获取安装协议。

(10) 最后，出现如图 1.5 所示的窗口。



图 1.5 安装完成的界面

单击 Finish 按钮即完成了整个安装工作。

安装的文件目录和内容如图 1.6 所示。

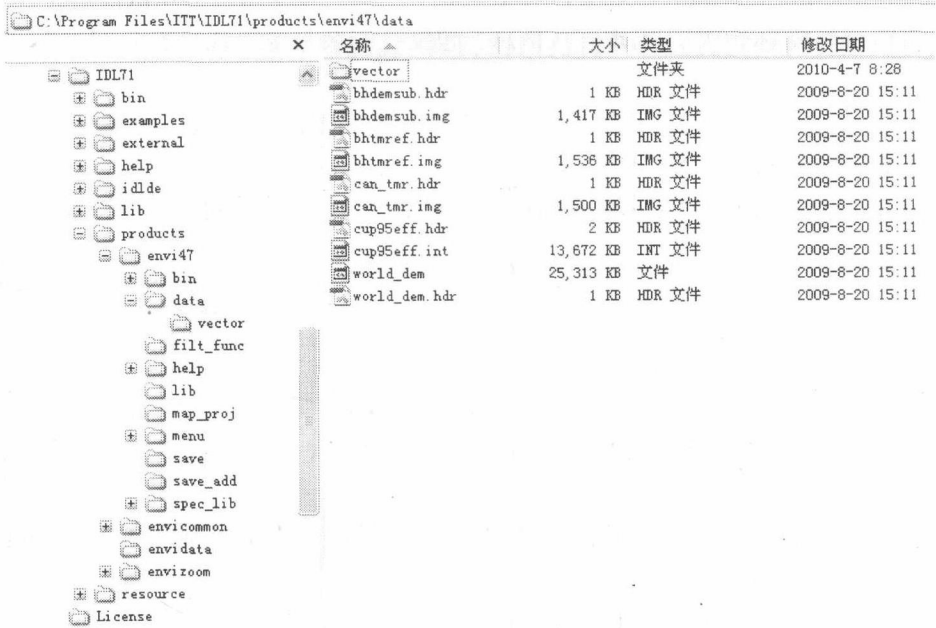


图 1.6 ENVI 系统的文件目录

在桌面点击“开始”→“所有程序”，选择“ENVI 4.7”程序组，点击“ENVI+IDL”，即可启动该软件（图 1.7）。

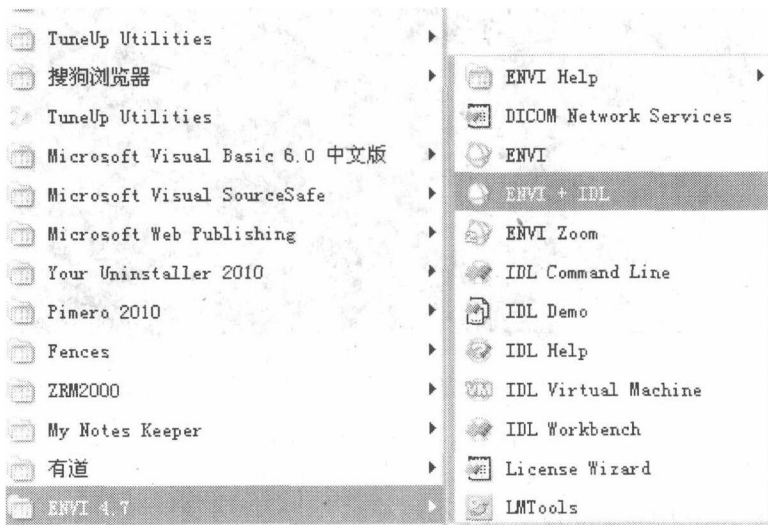


图 1.7 ENVI 程序组构成

五、ENVI 的菜单构成

正常启动后，ENVI 的菜单构成如图 1.8 所示。

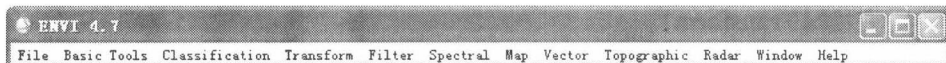


图 1.8 ENVI 的菜单构成

1. 文件 (File)

File 菜单管理文件读写和系统设置，进行相关的文件和项目的管理。通过该菜单，可把不同类型的遥感图像文件读进 ENVI，进行文件转换和处理。

该菜单中图像文件被分为以下四类。

- (1) 常用的多光谱图像：按照卫星和传感器来命名，如 Landsat，SPOT 等。
- (2) 特殊格式的图像：如雷达图像，激光图像等。
- (3) 其他专业遥感图像处理软件产生的图像，包括：PCI，ERDAS Image 和 ER Mapper 等。
- (4) 通用格式的图像：如 bmp，tif 等。

打开的图像可以导出为 IDL 变量，便于在 IDL 中进行程序化处理。IDL 中的变量也可以作为图像导入，在 ENVI 中进行处理。

通过文件保存操作，打开的图像可以转换为其他格式的图像文件。

2. 基本工具 (Basic Tools)

Basic Tools 菜单提供多种 ENVI 功能的访问。不管分析的图像数据是哪种类型，Basic Tools 的功能都是很有用的。这些功能包括：图像重采样、掩膜处理，图像统计分析，空间统计分析，测量，变化探测。建立图像的兴趣区 (Regions of Interest) 用于监督分类，通过波段代数 (Band Math) 对图像进行代数运算。通过数据拉伸 (Stretch Data) 进行对比度拉伸。

一些重要的图像功能包括在本菜单下的预处理 (Preprocessing) 子菜单中，如图像辐射校正，包括大气校正、坏条带处理等。

3. 分类 (Classification)

Classification 菜单包括监督分类和非监督分类、决策树分类，波谱端元收集和分类后处理。其中，监督分类方法包括了平行管道方法、最小距离方法、马氏距离方法、最大似然法、光谱角方法、二值编码方法、神经网络分类和支撑向量

机分类等。非监督分类包括了迭代自组织方法和 k 均值方法。分类后处理中，包括了类别统计、混淆矩阵、多数/少数分析、类的集群、类的筛选分析、类的合并、类的叠加、缓冲区、图像分割以及分类结果矢量化等。

4. 变换 (Transform)

Transform 菜单是将栅格数据转换到另外一种数据空间的图像处理方法，通常通过简单或复杂的函数来实现。大多数变换目的是提高信息的表达能力。变换后的图像比原始图像在某些方面更易于解译。

其主要方法有：图像锐化；彩色变换、主成分变换、缨帽变换；图像的拉伸，如去相关拉伸、饱和度拉伸等。

5. 滤波 (Filter)

Filter 菜单包括卷积、图像形态学、纹理、自适应滤波和频率域的傅里叶滤波，强调滤波核与图像之间的操作。

卷积和形态学滤波在空间域进行。卷积是最常用的图像滤波方法，包括了图像平滑和锐化的主要算法，如中值滤波、拉普拉斯变换等。形态学滤波以图像形态学为基础对图像进行处理，如膨胀和腐蚀运算。纹理从图像中提取纹理信息，包括同生测度 (occurrence) 和共生测度 (co-occurrence)。自适应滤波器主要用来处理雷达图像，其特点是在抑制噪声的同时保留了图像的边界信息和细节。傅里叶滤波在频率域对图像进行滤波，主要用来提取或去除图像中的周期成分。

6. 波谱 (Spectral)

ENVI 为多光谱和高光谱图像以及其他波谱数据的分析提供了专用工具。这些工具包括：波谱库的构建、重采样和浏览；波谱分割；波谱运算；波谱端元的判断；波谱数据的 N 维可视化；波谱分类；线性波谱分离；匹配滤波；包络线去除以及波谱特征拟合等。

7. 地图 (Map)

Map 菜单包括：图像的配准（几何精纠正）、正射投影（正射校正）、几何校正和图像镶嵌、地图坐标和投影转换、用户自定义投影、转换 ASCII 坐标、连接外接的 GPS 等。

8. 矢量 (Vector)

Vector 菜单包括：打开矢量文件、管理矢量文件、将栅格图像（包括分类

图像) 转化为 ENVI 矢量文件, 不规则点数据的栅格化, 将 ENVI 矢量文件 (EVF)、注记文件 (ANN) 以及感兴趣区 (ROI) 转化为 DXF 格式的文件, 数字化等。

9. 地形 (Topographic)

Topographic 菜单用来对数字高程数据进行分析。例如, 计算坡度、坡向和不同的曲率值; 生成一幅图像显示河道、山脊、山峰、沟谷、平原。使用创建山区阴影图像 (Create Hill Shade Image) 功能可以将一幅彩色遥感图像和一幅阴影图像 (由 DEM 产生) 结合起来生成一幅山区阴影图像。相关的操作包括替换数字高程数据中的坏值、不规则数据的栅格化、转换等高线为 DEM、地形数据 (覆盖了矢量或彩色图像) 的 3-D 浏览等。

10. 雷达 (Radar)

ENVI 为分析探测雷达图像以及 SAR 系统 (如 JPL 的极化偏振 AIRSAR 与 SIR-C 系统等) 提供了标准化的工具。这些工具可以对 ERS-1、JERS-1、RADARSAT、SIR-C、X-SAR 和 AIRSAR 数据以及其他方式探测到的 SAR 数据进行处理。此外, ENVI 也可以处理 CEOS 格式的雷达数据 (包括来自其他雷达系统的 CEOS 格式数据)。

多数 ENVI 处理功能本身就包含了雷达数据的处理能力, 如所有的显示功能、拉伸、颜色处理、分类、配准、滤波、几何校正等。另外, ENVI 还提供了分析极化雷达数据的工具。

11. 窗口 (Window)

Window 菜单管理 ENVI 显示和绘图窗口, 包括打开新窗口、窗口最大化、窗口间链接显示、关闭窗口、使用该工具访问可用波段列表和可用矢量列表。Window 菜单的功能还包括: 浏览显示窗口的信息、浏览显示图像中光标位置和像元值、从显示窗口中收集点、打开窗口查找工具、显示鼠标的按钮信息等。

12. 帮助 (Help)

ENVI 提供了很好的帮助系统, 可以很方便地按照关键词查找帮助内容。可以对感兴趣的内容设置书签, 以便于将来阅读。

点击主菜单 “Help” → “Start ENVI help”, 阅读帮助文件。从 “index” 中, 输入 “display images”, 查看帮助信息。