

探索 PCI Geomatica 世界之白宝书

# 高光谱数据分析理论与实践

航天量子数码科技有限公司

三维信息获取与应用教育部重点实验室 译著

资源环境与地理信息系统北京市重点实验室

# 前言

PCI Geomatica 软件是加拿大 PCI 公司开发的用于遥感图像处理、GIS 分析、摄影测量和制图输出的多功能软件系统。Geomatica 作为图像处理软件系统的先驱，以其丰富的软件模块、支持丰富的数据格式、适用于各种硬件平台、灵活的编程能力和便利的数据可操作性代表了图像处理系统的发展趋势和技术先导。

随着图像处理技术的日益成熟和发展，PCI Geomatica 软件的数据应用领域不断地拓宽，包括石油天然气勘探、矿产资源勘探、林业、农业、土地资源调查评估与管理、自然灾害动态监测、测绘、环保、城市规划、铁路交通、大规模管道工程设计、沙漠治理、工程建设、气象预报、医学光片解析、光谱分析、雷达数据分析等非常广泛的领域。

航天量子数码科技有限公司作为 PCI Geomatics 公司(<http://pci-geomatics.com>)在中国地区的代理机构，为 PCI Geomatica 软件及其相关产品的技术支持、培训、版本升级维护等提供全方位服务。航天量子数码科技有限公司于 2004 年 3 月起，在首都师范大学资源环境与旅游学院建立了联合培训基地。该基地主要负责为中国广大遥感用户提供专业正规的遥感原理与方法、可视化工程应用开发、PCI Geomatica 及相关软件的培训和技术咨询等服务。鉴于目前关于 PCI 软件的中文参考资料较少，为了方便广大国内用户系统地学习 Geomatica 软件，首都师范大学资源环境与旅游学院与航天量子数码科技有限公司共同翻译编写了本套教程。本书版权归 PCI Geomatics 公司所有。

本套教程共分四册，分别为《Geomatica 入门与进阶》、《OrthoEngine 攻略》、《高光谱数据分析理论与实践》和《空间分析实用教程》，本书是该套教程中专门讲述高光谱数据处理和应用的部分，共分 6 个单元，重点讲述如何使用 Geomatica 软件进行高光谱数据的预处理、显示与浏览、数据压缩、大气校正、地物识别和信息提取，也介绍了相关的高光谱理论知识。

本书由首都师范大学资源环境与旅游学院翻译，其中绪论、第 1 单元、第 2 单元、第 3 单元由焉莉翻译；第 4 单元、第 5 单元、第 6 单元及附录部分由赵敬翻译。全书由张洁、胡卓伟完成校对，由尹宁、赵秀怡完成通稿工作。

鉴于水平与时间有限，书中不妥乃至错误之处在所难免，恳请读者不吝批评指正。

2005 年 5 月

# 目 录

绪 论	1
课程单元设置	1
高光谱遥感和分析	1
利用 GeoInatica Fbcus 进行工作	2
<b>第 1 单元数据准备与浏览</b>	<b>6</b>
1. 1 元数据输入	6
1. 2 可视化高光谱数据	11
<b>第 2 单元数据处理</b>	<b>18</b>
2. 1 几何纠正	20
2. 2 去除噪音	25
<b>第 3 单元运算矢量化法则压缩高光谱数据</b>	<b>30</b>
3. 1 压缩高光谱数据	30
<b>第 4 单元简单的大气校正</b>	<b>34</b>
4. 1 经验线性定标	35
<b>第 5 单元地物识别技术</b>	<b>40</b>
5. 1 终端单元选择	40
5. 2 波谱分离	43
<b>第 6 单元波谱信息提取</b>	<b>47</b>
6. 1 波谱信息提取初始	47
6. 2 使用散点图和波谱曲线	49
6. 3 影像的波谱角分类	54
附录 A 影像的元数据支持	59
附录 B 波谱数据的处理方式	62

## 绪 论

### 课程单元设置

本书共有六个单元，将对高光谱数据处理的步骤进行逐一介绍，本书中使用的例子数据

在随本书一起提供给您的 Hyperspectral Sample Data 光盘中。

**本书的章节包括：**

- 第1单元 数据准备与浏览
- 第2单元 数据处理
- 第3单元 矢量化
- 第4单元 简单的大气纠正
- 第5单元 地物分析
- 第6单元 波谱信息提取

### 高光谱遥感和分析

PCI Geomatica 的高级高光谱处理包(The Advanced Hyperspectral Package)包括：

- 一系列 PACE 应用程序
- 通过 FOC' US 模块进行的一系列可视化程序操作
- 从美国地质勘察局(USGS)得到的波谱库

高光谱处理包是针对处理和分析航空与卫星高光谱影像而设计的。这些影像具有狭窄、连续的波段或波长范围，作为典型数据特点，高光谱数据贯穿了可见光、近红外、中红外等多个波长范围。高光谱数据包最多可处理包含 1024 个波段的图像。

高光谱遥感，高光谱图像数据处理和分析是识别地物特征的一种方式，它在较短的波长间隔内具有可区分的吸收和反射特性。这种反射特性正是传统的多光谱扫描仪所缺少的。

航空可见光，红外成像光谱仪(AVIRIS)和 Landsat-7 上搭载的增强型专题制图仪(ETM+)证明了在成像光谱仪和多光谱传感器之间的波长区别。成像光谱仪(AVIRIS)有 224 个几乎连续的波段，它们之间间隔不超过 10 $\mu$ m，而 ETM+有七个不连续的波段，它们之间间隔大于 150 $\mu$ m。一个地区对于物质的反射波谱可以从对高光谱图像的分析中得到。反射波谱并不受地区大气条件的影响。

反射波谱不受地区照明和传感器方向的影响，所以经常作为鉴别物质或混合物质的信号。大多数高光谱图像的处理和分析是针对影像数据去除大气影响，用以得到物质的反射率，然后通过与实验室里得到的纯物质的反射波谱进行比较来鉴别物质或混合物质。

## 利用 Geomatica Focus 进行工作

GeomaticaFocus 是 PCI 软件从 9.0 版本以后中新推出的模块。通过 GeoGateway，它能够支持多种数据格式，并能更好地运用 PCIDSK 格式的文件。

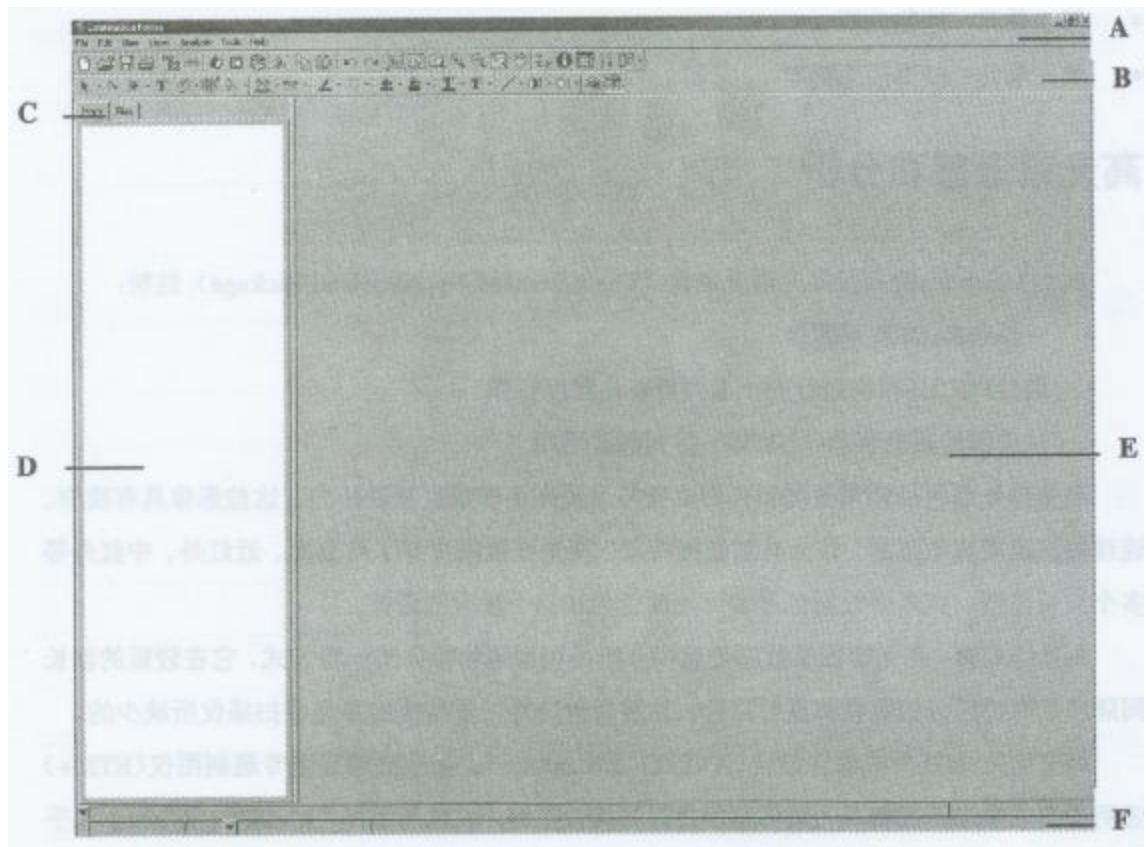
当运行桌面上的 Geomatica 快捷方式时，Geomatica 工具栏被打开，Focus 的应用程序也自动打开。Geomatica 工具栏能够开启每个 Geomatica 应用程序。

当鼠标在工具栏的各选项上停留时，在鼠标旁边将显示每个选项的名字



图 1 Geoinatica 工具栏

下图展示的是 Focus 界面的基本组成部分。



A.菜单栏 B.工具栏 C.地图和文件的树状表 D.工作区 E.视图区 F.状态栏

图 2 Focus 界面

## Focus 中的数据管理

图 3 显示的是 Focus 打开的 PCIDSK 格式的文件，在窗口右边的 Focus 视图区域，可以看到文件树与地图树列表，其中列出了通道颜色为红、绿、蓝，并显示了原图像电磁波谱的频率范围。在窗口左边可以看到在地图树和文件树中的以通道和段的形式表达的图像和辅助数据。



**图 3** 一个打开的 **PCPIDK** 文件，在 **Focus** 树目录中列出了图像的颜色通道  
当用 **Focus** 工作时，地图树列出了组成图像的通道和相关辅助信息。

**注释:** 在 Focus 地图树中出现的通道、段、层将存储在计算机内存中。

图 4 显示了一个 PCI 文件的全部内容，这些内容在 Focus 文件树中以数据类型聚合在一起。



图 4 Focus 文件树列出的辅助数据

Focus 的视图区域可以显示和隐藏在 Focus 地图树中列出的矢量层和位图段。对于 PCIDSK 格式的文件，Geomafica Focus 将图像通道和辅助数据段保存在相同的地方。

注释:文件树中的数据将存储在系统硬盘的源文件中。

在地图树中列出的有些数据类型在图像视图中是不可见的。相同的列可以包括其它辅助的数据格式，如查找表(I. UT)、假彩色表(PCT)和标注。使用者可以通过 Focus 的软件工具和对话框操作这些数据类型。

## 理解地图，区域，层和段

在地图树中列出的文件是组成 Geomatica 工程的基本元素。地图树中列出的元素有相同的特征，可以通过地图树、文件树、菜单栏和快捷键来控制这些地图树元素。

### 地图(Maps)

地图是最高层次的元素。它相当于一个工作站，能够保存文件的所有数据。在一个工程文件中可以有多个地图。同时，地图也记录了工程完成的程度。可以通过调节地图尺寸和位置，也可以加地图修饰元素到地图中。

### 区域(Areas)

区域元素控制着图像层或矢量层的文件边界，它可以包括一个地理区域的多个层和段。在一个工程文件里可以有多个需要的区域，每个区域有一个唯一的地理坐标系统。当新的文件被加到一个区域时它将被自动转化为该区域的地理坐标系统。

### 图层(Layers)

图层控制着在视图区中显示的数据。它由段组成，可以通过在地图树中重新排列来改变视图区中的图像顺序，也可以通过在地图树中拖动层来改变它们的排序。当移动一个层时，同时也移动了属于这个图层的段。

### 段(Segments)

段是组成层的所有元素。例如通道、矢量层、位图和查询表等。当这些元素作为层的一部分出现时都叫做段。

## 开始工作

在下面的课程中，将有机会应用多个 Gcomatica 模块进行操作，并使用 Focus 完成多个任务。参考本书目的就是熟悉软件，特别是高光谱数据包中的软件。

## 第 1 单元数据准备与浏览

### 第一单元共有二节课:

1. 1 输入图像的元数据
1. 2 高光谱数据的浏览

高光谱遥感已经或为了一秘行业工具?特尉是在赆质勘察辑域 n 大量敌国像数据是由成像光谱仪收集的。图像数据必须经过有效地处理和分析。为了支持这一功能,传感器上的各种元数据必须在统一的方式下被赋予图像数据。Geomatica 就具有这种功能。

PCI Geomatica 的 Focus viewer 中提供了多个工具,这些工具对于高光谱数据的浏览特别有效。

### 1.1 元数据输入

在本节课中您将学到:

- 从 XML 文件格式中读取元数据
- 检查全局和特定波段的元数据

### 图像数据支持

Geomatica 能够支持图像的元数据,元数据是为了适应高光谱图像的处理和分析需求,目前 Geomatica 对元数据的支持功能只限于存储或链接到 PCIDSK 格式的文件中的图像。

元数据只能作为一个存储在 PCISDSK 文件中的图像的参考。通常指定一个图像和它的相关元数据作为一个数据组。它不同于图像数据组的波段通道,波段通道可以在 PCIDSK 文件中存在,但是它们不是图像数据组的一部分,图像的元数据不包括波段通道。

高光谱数据包的程序为图像元数据的使用提供了丰富的工具,其中的一些还能够修改图像的元数据。

MSTAIN 算法从 XML 文档中读取文本格式图像元数据,重新格式化后的元数据存储于 GDB 文件中。XML 文件所需要的格式可以在\$PCIHOME\etc 目录下 P 的 CIImageMetadata.xsd 文件中找到。更多信息请参看的附录 A 。

注释: XML 文件必须在相同的目录下与 GDB 文件有相同的命名。XML 文件以 “. xml” 作为扩展名。



# 图像元数据图解

图像元数据图解描述了两种元数据类型：全局和特殊波段。表 1. 1 列出了全局元数据项目理论上的位置、时间和头文件，适用于整个图像范围，用于计算\_理论的相对于图像栅格的日光照明方向及大气校正计算。表 1. 2 列出了特殊波段的元数据项。

表 1. 1 全局元数据

需要的全局元数据项	选定的全局元数据项
文本数据的描述	传感器模型的名字
图像波段数	传感器类型的名字
存储在特定波段元数据中的系 列电磁波转化的数量	图像获得物理论上的位置
	图像获得物理论上的时间
	平台的名义头文件
	传感器相对于重力矢量的 倾斜度
	传感器的视觉领域
需要的特殊波段的元数据项	选定的特殊波段的元数据项
波段识别符	波段质量
存储波段的通道数	无线电转化顺序
	响应剖面

表 1. 2 特殊波段的元数据

像 Focus 工作区域中的文件树一样，运算法则管理器在树文件夹中列出了运算法则。文件夹按照运算种类进行组织。许多种类的文件夹中包括运算的亚种类。可以使用 MAYTAIN 运算器来读取图像元数据。

从 XML 文件中读取元数据：

- 在工具菜单的 Focus 菜单条上，点击 Algorithm Librarian，运算选择面板被打开；
- 在选择运算面板中，点击 Analysis 文件夹旁的+，目录树将被进一步打开

以显示文件夹的下一级目录：

3. 在 Analysis 类中点击 Hyperspectral Analysis 文件夹旁的+，目录树被再次扩展以显示运算列表；

4. 在选择运算法则面板的右边，利用列表旁的减号逐级关闭列表直到看见 METAIN 运算法则：

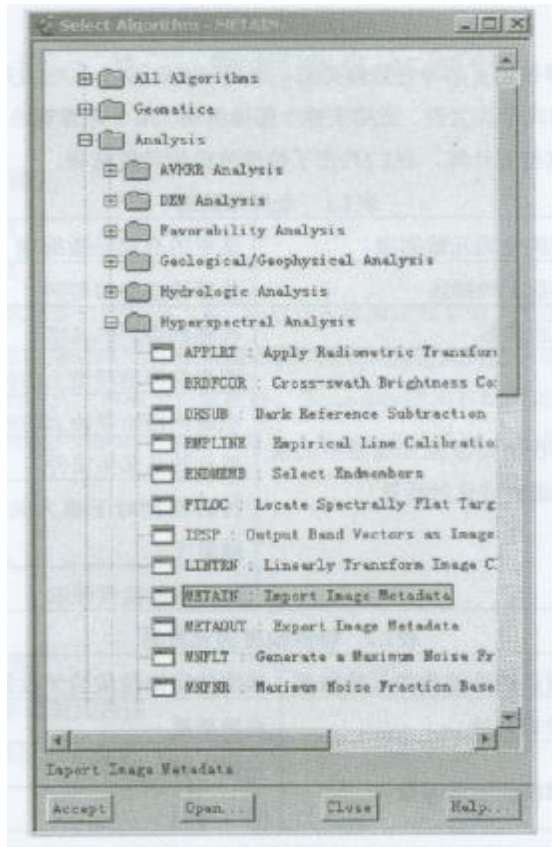


图 1. 1 选择运算法则窗口

5. 双击 METAIN 运算法则：

METAIN 模块控制面板打开，现在可以选择想读取的元数据的 PCIDSK 文件。

6. 在输入 Paramsl 标签中，单击 select 按钮：

7. 在 hyper-data 文件夹中选择 cuprad. pix：

8. 在模块控制面板的左下角点击 Run。



图 1.2 MEYTAIN 模块控制面板

在桌面上打开进程监视器。当运算法则完成运行之后，进程监视器关掉。现在可以关掉 METAIN 模块控制面板。

**提示：**METAOUT 程序将读取元数据段信息并以 XML 的文件形式输出。元数据输入后，打开文件查看全局和特别波段元数据。

在 Focus 中打开一个图像原数据：

1. 在 Focus 文件菜单中，列出文件树；
2. 在文件树中用鼠标右键点击 Add：  
一个文件选择窗口被打开。

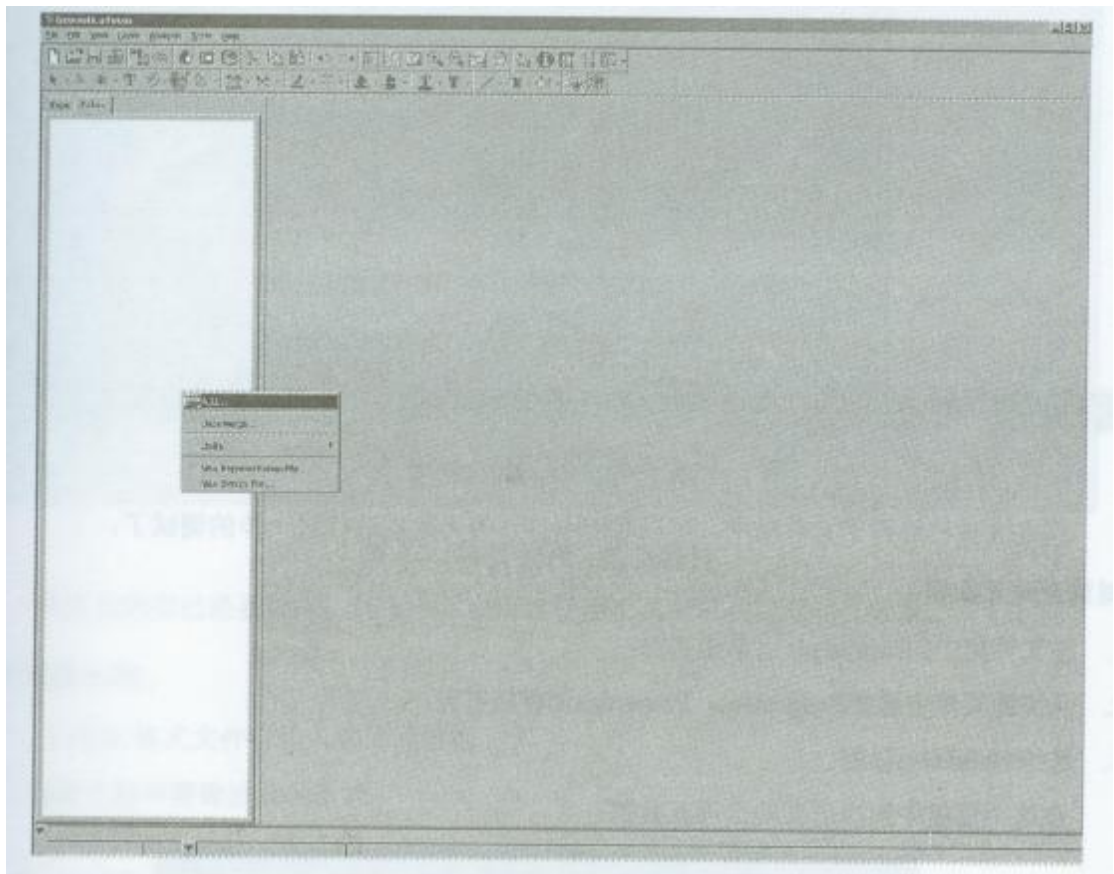


图 1.3 在文件树中添加图像

3. 在 Geomatica 程序夹中，打开 Hyper-Data 文件夹；
4. 选择 cuprad. pix 并单击 Open。

文件树中列出 cuprad. pix 文件，但现在图像数据并不显示在视图区域中。当用可视化工具来显示数据时才可以看到。

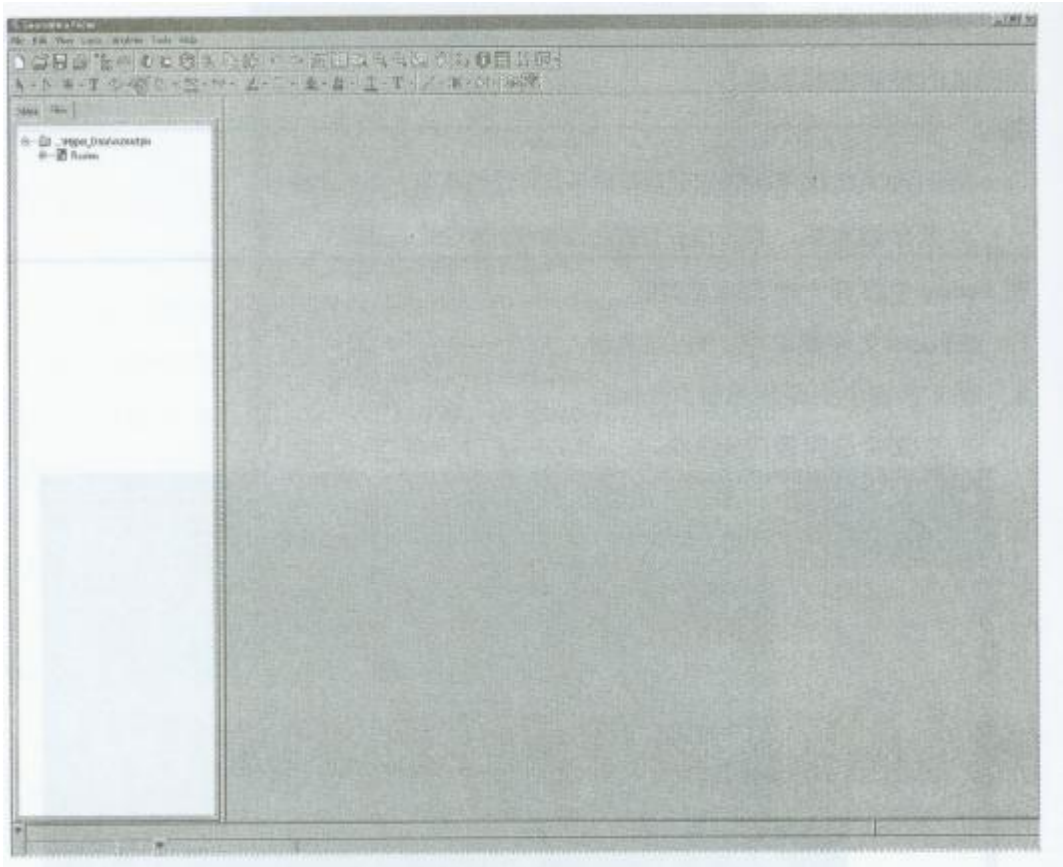


图 1. 4 文件树中 **cuprad. pix** 被载入

现在文件已经列于文件树中，可以对刚刚打开的元数据进行进一步的调试了。

浏览全局元数据：

1. 在文件树中的 **cuprad. Pix** 单击右键：
2. 从快捷菜单中选择 **Properties**，**Properties** 面板被打开：
3. 选择 **MetaData** 标签。

在这个面板中列出所有的全局元数据：

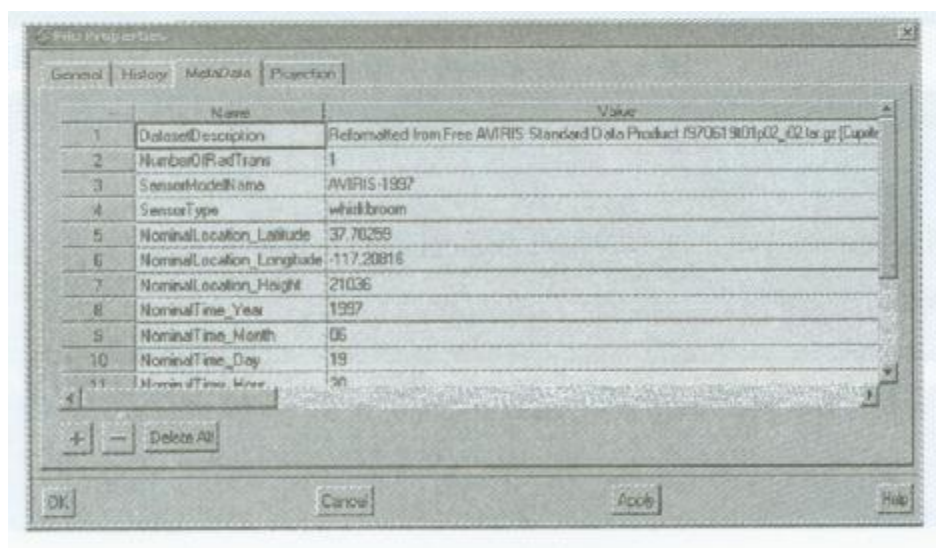
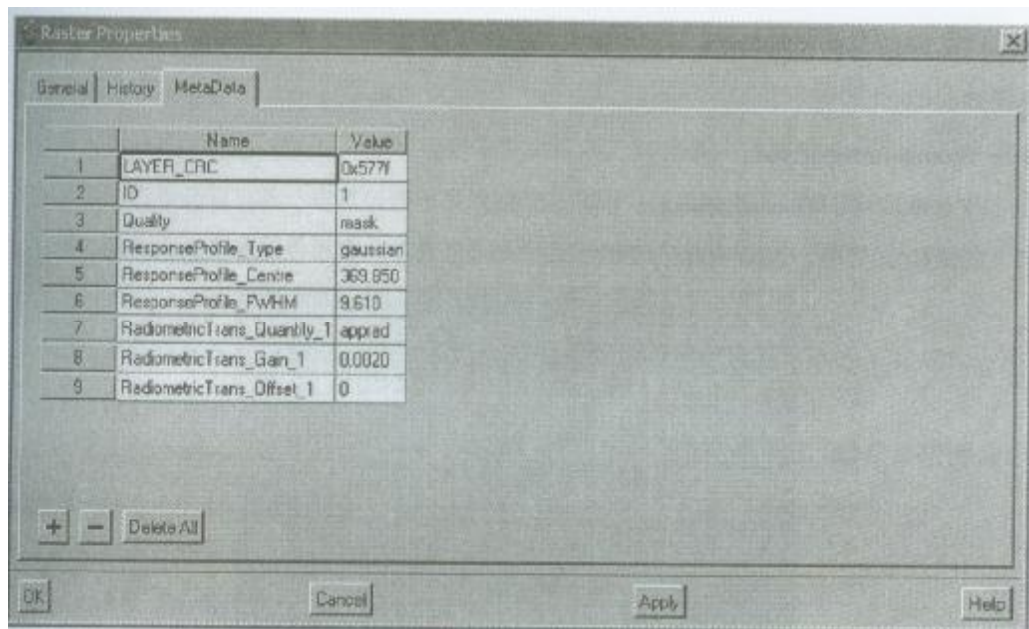


图 1.5 全局元数据特性

### 浏览特殊波段元数据：

1. 在文件树中打开 `cuprad.pix` 文件的栅格层；
2. 从列表中选择栅格层并点右键；
3. 从快捷菜单中选择 **Properties**, 栅格特性面板被打开；
4. 选择 **metadata tab**.

在面板中列出特殊波段的元数据。



现在元数据已经被加入，在下一节中可以使用工具来可视化这些元数据。

### 本节课小结：

- 从 XML 格式文件中输入图像元数据
- 检查全局和特殊波段元数据

## 1.2 可视化高光谱数据

### 本节课您将学到：

- 高光谱数据的平铺显示
- 使用三维可视空间查看影像
- 使用波段循环查看工具查看影像

可视化高光谱数据工具可以发现和识别噪音波段、几何畸变、周期噪音、非周期噪音及图像角度的音频变化。

### 平铺工具

平铺工具可以在一个矩形平铺排列的立体光谱中看到图像波段。虽然显示中的每个波段的图像只是个子样本，但它们可以揭示异常的噪音波段。噪音波段显示了传感器的异常变化，允许快速选择没纠正的三个波段并在 **Focus** 视图界面中创建 **RGB** 信息显示。也可以选择并载入一个灰度模式的单波段。在高光谱数据中查找噪音波段是一个单调乏味的工作。当在 **Focus** 中打开一个文件时



Thumbnails(矩形平铺排列)是可用的,对于任何一个文件,Thumbnail 都适用,但仅仅显示栅格层。

这节课的目的是在 Focus 界面中载入 cupradvq. pix 文件,文件可以在 hyper-data 文件夹中找到。

打开 Thumbnails 工具:

1. 在文件树中,在 cupradvq. pix 文件处点右键:
2. 在快捷菜单中,选择 Thumbnails 或在 Focus 工具下拉菜单中选 Thumbnails:

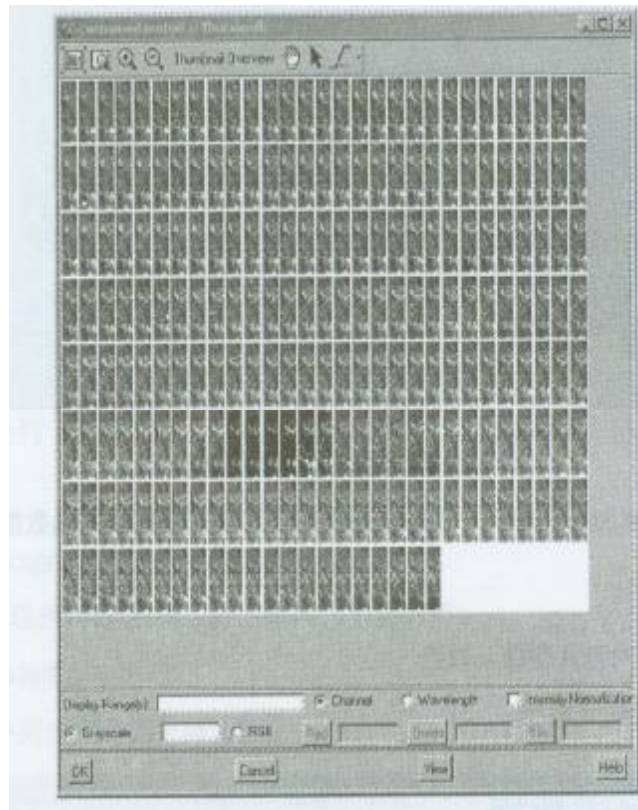


图 1.7 Thumbnail 工具

## 使用 Thumbnail 面板

**Display Range:** 可以在 Thumbnail 视图中看到指定的通道。默认的是全部通道。

**Channel:** 如果选择了通道,在面板的文件箱中将出现对应通道的图像。

**Wavelength:** 如果选择了波长,在面板的文件箱中将出现对应波长的图像。

**Intensity Normalization:** 当强度归一化运行时,对每一个 Thumbnail 查询表以柱状图的形式计算。当强度归一化结束时,文件中的光谱波段最大值和最小值应用于查询表中。

**Grayscale:** 可以选择一个波段来显示,这个波段周围以高亮度显示。同一时间只能有一个波段显示,被显示波段的通道数在灰度按钮旁显示。当选择灰度按钮变灰。

**RGB:** 可以选择三个波段来展示 RGB 形式。

**OK:** 关闭 Thumbnail 面板,在 Focus 中显示选择的 Thumbnail。如果仅仅选了一个,它将以黑白显示。如果选择了三个,它将以 RGB 的形式显示。

**View:** 这个按钮允许不关闭 Thumbnail 面板,而是在 Focus 窗口中以全图形

式查看选择的图像。

## 使用 Thumbnail 工具：

1. 从增强下拉菜单中选择 **Linear**；
2. 在 **Thumbnail View** 中指定一定范围的波段来显示，如 150—175：波段可以指定通道数，也可以指定波段波长。视图仅仅显示指定的范围。
3. 通过单击窗口上边工具栏中的黑色箭头来激活 **Select Channel**。
4. 选中 **RGB** 选项；  
红按钮高亮度显示，它旁边的指针是活动的。
5. 在主要的视图范围内单击 **Thumbnail**：  
红色的 **Thumbnail** 以高亮显示，在红按钮旁的文件箱将显示通道数，绿色按钮的指针以高亮显示。
6. 对蓝和绿通道重复以上操作；
7. 点击 **Thumbnails** 窗口下的 **View** 按钮或单击 **Ok**，窗口关闭。  
在一个 **Thumbnails viewer** 中，**RGB** 有三种 **Thumbnails** 选择。

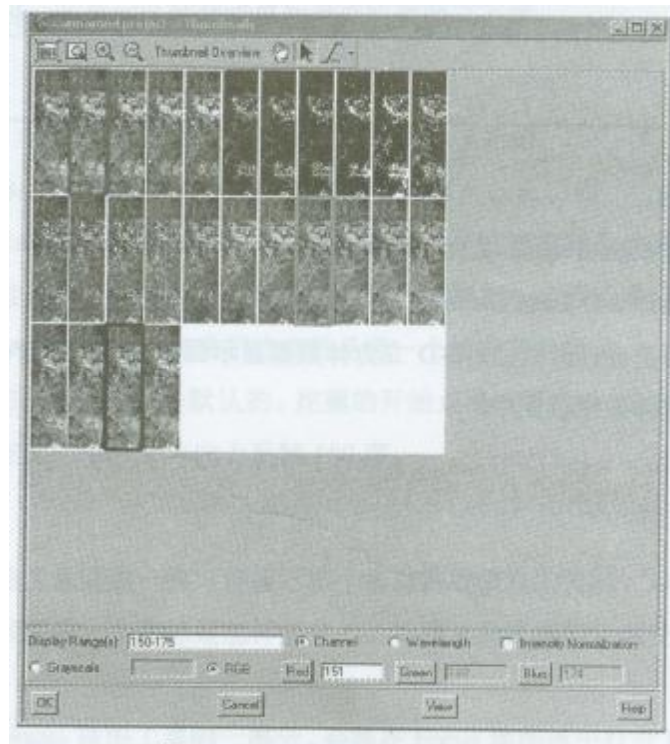


图 1. 8 RGBThumbnails 工具

## 用 3.D 立方体工具显示数据

也可以用 3. D 立方体工具显示高光谱图像，但是没有 **Thumbnails** 的取样显示。在一个 3-D 立方体数据显示中，图像波段并不都是可见的。但是特征挖掘允许在不同波段间转换，这种显示方式比常规的一次显示更方便。

3-D 立方体数据是一个绘图工具，它用三维来展示数据模型。在立方体中可以将黑白图像或 RGB 图像作为最上层。3-D 立方体数据展示面板在 Focus 视图中是独立的。在 Focus 视图中，3-D 立方体数据是活动的。它使用压缩数据来加速进程时间，使立方体交互更加灵活。高光谱文件的所有波段都被使用时，可以看到一个图像的特殊范围。

3-D 立方体数据通过图像中的波谱数量和特征，来帮助识别正在使用的图像的数据结构。使用高光谱数据，对于由于大气吸收率高而到达传感器的信号微弱(图像中的黑色层)的光谱波段是非常有用的。

该工具可以交互显示、旋转、在三维中挖掘数据，也可以在任意方向用直角剪切，或使用平行透视的方法来显示立方体。

通常高光谱数据文件比较大，大概在十亿字节左右。在一个大的文件中，如果数据没有被压缩，为了更快地透视、旋转和挖掘数据，需要建立一个子集。

3-D 立方体数据显示可以使用所有的比特数据，但最好的是 16 比特数据。这种数据可以使用压缩、解压缩和原始的高光谱文件。

**注释:**3-D 立方体数据对所有包括波长信息的文件都是有用的。如果在元数据中没有波长信息，3-D 立方体数据是无效的。即使只有一个通道有波长信息，都可以使用 3-D 立方体数据显示方式。

#### **打开 3-D 立方体数据:**

1. 在地图树中，在 cupradvq. pix 文件上单击右键:
2. 从快捷菜单中选择 3-D Data Cube。

出现进度条表明正在打开数据。3-D 立方体数据显示面板打开。在 Focus 视图中的图像正在进入 3-D 立方体数据视图中。



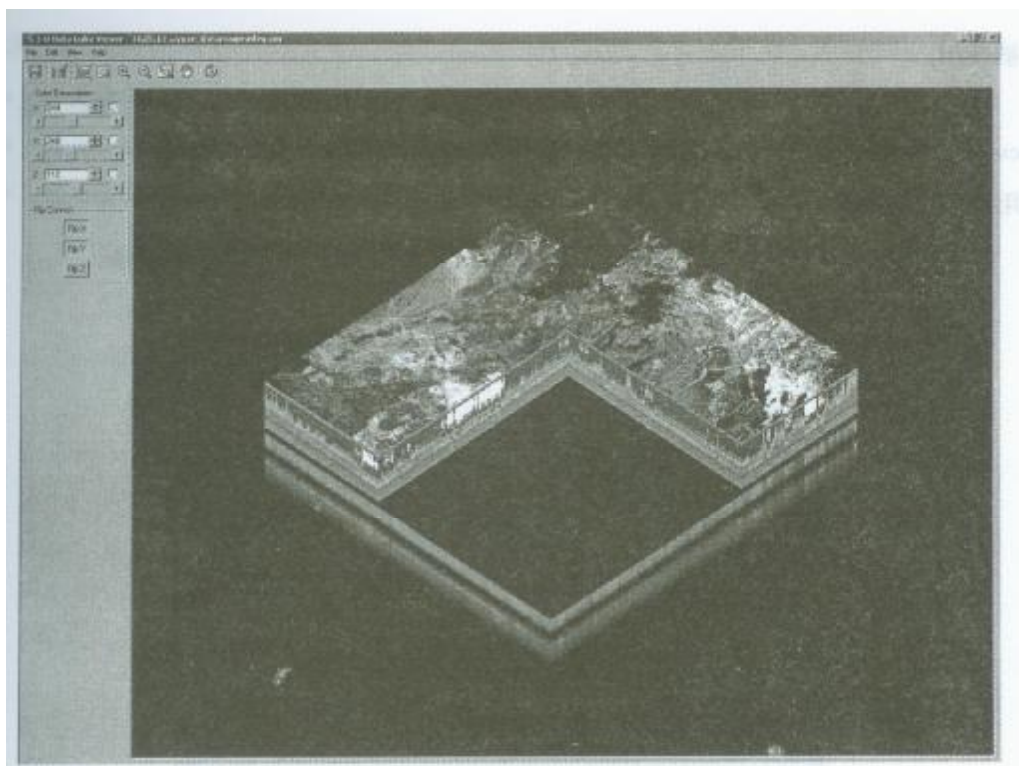


图 1.9 3-D 立方体数据视图

旋转数据立方体:

1. 在工具条上单击 **Rotate the excavated cube**;
2. 按住鼠标按钮，在显示区域移动鼠标来旋转数据立方体。

## 工具条控制

**缩放(Zoom):** 从工具条和视图菜单上可以执行该功能。

**旋转(Rotation):** 在工具条上单击旋转按钮可以执行该功能。

**挖掘控制(Excavation controls):** 可以控制立方体被挖掘部分的高度，宽度和深度。每个小格的最小值是 1；最大值是数据集的层数。每增加一个浮点数将从屏幕上移除一个像素，一行，或一个通道，这取决于改变的是哪一个滚动条的数值。

当立方体被打开时，挖掘是默认的。挖掘的开始点是右下角。x 最大、y 最大而 z 最小。可以使用反转键在 x， y， z 方向上反转 180 度。

## 使用波段循环

波段循环视图工具提供一种方便显示多个图像波段信息的方法。这个工具可以清楚地显示在特殊波段区间内一个图像是怎样变化的。特殊波段区域的快速变化可以用于判断特殊的材质类型。

颜色循环是 Focus 视图工具的一部分。必须在 Focus 地图树中打开 RGB 层来使用颜色循环视图工具。使用时只需要一个单独图层。如果一个以上的图层被打开，则当前活动层将被使用。

这个工具允许显示两个波段数据。而其他波段则在选择的颜色通道内进行循环。在 Focus 视图区域可以循环一个颜色通道，同时控制速度和通道范围。

## 使用波段循环工具：

1. 在 Focus 中打开 cupradvq. pix 文件，打开 View 菜单，单击 Visualization tool 面板将被打开。

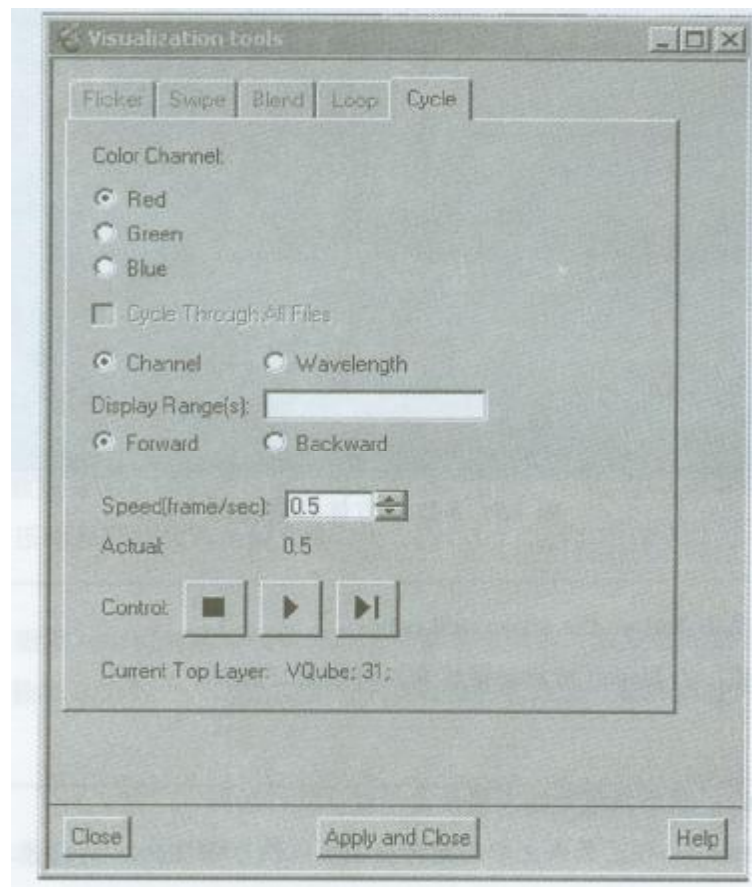


图 1.10 波段循环工具

2. 选择 Cycle 栏；
3. 在面板中，单击其中的颜色波段选项。Visualization tool 面板的数字按钮在选择的颜色通道中显示；
4. 单击 Start automatic cycle 按钮开始循环：  
通过选择的颜色通道，开始显示文件中的所有通道。
5. 要停止循环，单击 Stop 按钮；  
可以手动选择向前或向后到一个特殊的通道。

如果单击 Close 按钮，面板被关闭，RGB 层恢复到原来的 RGB 组合方式。如果单击 Apply and close 按钮，RGB 层被装载到地图树下一个新的地图中，同时被更新到一个新通道中。为了移走新地图，在地图层上点右键，选择 Remove。

## 本节课小结：

- 在图像中显示 Thumbnails
- 使用 3-D 立方体数据工具挖掘图像
- 使用波段循环工具检验图像

## 第 2 单元数据处理

第二单元共有二节课:

2. 1 几何纠正

2. 2 去除噪音

预处理的任务是为图像解译作数据准备, 包括移除大气影响, 对传感器进行校准, 几何纠正, 移除噪音等。

### 传感器校准

- **DRSI. m** 去除黑区
- **SHFTCW** 移动中心波长值

许多传感器产生包括黑区在内的波段图像(黑区的数据是由于传感器被某些外部辐射屏蔽而产生的)。黑区的像素值是由无传感区所产生的一个附加效果。为了得到更加接近传感器辐射的波段影像值, **DRSI** 用可以从波段图像上移除黑区值。在其他图像操作前应用 **DRSUB**。有些图像在传送时带有相对黑色区域, 但其实它们在传送以前已经进行过黑区的提取操作。在这种情况下, **DRSUB** 不能被使用。

如前面图像元数据支持中所描述的, 图像元数据可以包括每个波段的波谱曲线图。这些元数据可以从实验室传感器校正结果中提取出来。当传感器长时间被暴露于机械压力下, 实际的波谱反应可能会和校正值相偏离。一般的波谱反应变化(尤其是在中心波长值所处的变化), 对图像处理和分析会产生重要的影响。**SHFTCW** 提供一种方便的方法用于改变波谱曲线上中心波长处的值。需要修正的值不通过 **SHFTCW** 计算。这些要通过反复应用小转换和监测在大气吸收波段附近的图像的相对光谱来决定。

### 几何纠正

**ROLLCOR**: 推扫式扫描仪影像的滚动纠正

目前的航空成像光谱仪通常采用掸扫式或推扫式传感器。这种传感器得到的图像通常由于航行器的不平稳运行而产生严重变形。在不携带惯性稳定装置的传感器获取的影像中, 这种情况更加明显。图像的严重变形不利于目视解译, 这将严重影响图像处理和分析的质量。如果在获取图像的同时可以准确地获取传感器的位置和高度, 则它们可以被用于图像的精确校正中。然而, 这种辅助数据经常是不正确的。在缺少辅助数据的情况下, **ROLLCOR** 可以用于图像校正, 生成便于目视判读的影像数据。

**ROLLCOR** 操作中唯一进行的图像变换是将图像行移动整数个像素。因此, **ROLLCOR** 并不产生新的图像值, 这与后面要进行的局部(也就是点对点的方法)图像双线性或者立方体卷积法重采样不同。高光谱影像处理分析中的主要操作是局部变换, 因此 **ROLLCOR** 作为前期处理方法是安全的。

### 去噪

- **ST-RPCOR**: 去除周期条纹
- **BRDFCOR**: 减少列光亮变异
- **PCLT**: 进行主成分线性变换

- **MNFLT**: 进行最大噪音分离线性变换
- **PRINTLT**: 打印线性转换参数值
- **LINTRN**: 线性转换图像通道
- **MNFNR**: 最大噪音分离去除噪音

从推扫式或掸扫式传感器上传来的数据有时具有周期性的异常横纵条纹,这种条纹或亮或暗。这通常是由于一个或多个故障或者传感器上不精密的校准器造成的。这种条纹在目视解译过程中会对判断力造成影响,从而影响目视判读的结果。**STRPCOR** 用以下方法来减少噪声条纹: 在每个噪声条纹上得到一个像素值,这个值通过一个和它邻近条带像素值相关的函数计算得到。为了移除纵向的条纹,在应用 **ROLLCOR** 之前要首先应用 **STRPCOR**, 因为后者将使条纹偏离直线。为了移除横向条纹, **STRPCOR** 应该在 **ROLLCOR** 后应用, 使周围的条纹能够更准确地排列。在分离的波段中图像条纹可以使用 **MNFNR** 来减少和移除。

对于视场角较大的推扫式或掸扫式传感器, 如一些空气传播的声谱仪图像, 同种类型的图像表面和依靠扫描的图像表面的波段在性质上有很大的不同。这是因为传感器的瞬间图像方向是沿着扫描仪而变化的, 而物体表面辐射是根据它们二向性反射分布函数(BRDF)的散射方面而改变的。同时, 当图像数据的空间结果比实物元素的尺寸高时, 相类似的实物元素的不同部分将被传感器在不同的扫描位置观测到。例如, 当一个树冠在扫描中心, 它由近处到垂直空中的范围可以被观察到, 但当图像在扫描仪下部时, 却能够看到树冠的多个面。如果景点与太阳的连线与飞行方向垂直, 光通过叶子的过滤将在一边被看到, 但在最低点和背部不能看到。

原则上, 对于一个给定波段的表面类型, 在传感器的辐射中, 沿着扫描仪航线的变化对识别表面类型和条件是有用的。但在实际中, 当进行图像处理和分析时, 瞬间的图像方向并没有被考虑到。当不同飞行方向的图像条纹形成马赛克时, 减少沿着扫描仪航线的变化是很有用的。**BRDFCOR** 提供了一种方法, 它可以不需要瞬间图像方向的知识而对图像进行处理。

**PCLT**、**MNFLT**、**LINTRN** 程序被用来计算波段线性数据转换参数和它们的反转、应用, 这是移除噪音过程的一部分。**PCLT**, **MNFLT** 用于产生主要成份和最大噪音部分线性转换及它们反转的参数。在这两个操作中, 转换参数被写到 **MATLAB** 格式文件中。转换参数文件的内容使用 **PRINTLT** 来打印。

**LINTRN** 转换利用从转换参数文件中读取的参数进行转换。**LINTRN** 可以被用于前向或反向的转换。例如, 被转换的图像中的一个小的波段数量从属于移除噪音过程, 被反向转换的结果将代替原来的图像。这是从原始图像上移除噪音的一个方法。

在这个过程中, 使用 **PC** 或 **MNF** 转换的目的是将原始图像的许多波段中的噪音图像集中在转换后的图像的几个波段中。转换后的图像的噪音波段甚至可以被一个波段所代替, 其像素值是噪音波段的平均像素值。在反向操作的结果中几乎没有信息丢失。

**PC** 转换参数用矢量波段协方差矩阵计算, **MNF** 转换参数需要用噪音值协方差矩阵计算。

**MNF** 转换比 **PC** 转换更通用。

**MNFNR** 是用 **MNF** 转换来移除噪音的一种特例。**MNFNR** 能应用于某一特定情况下。当一系列图像波段中的一个比其它的波段有异常多的噪音时, 应该把这个波段转换为与别的波段相接近的波段。在这种情况下, 不需要知道任意波段的

噪音变化，就可以定义 MNF 转换。MNFNR 为了减少大量波段的噪音可以在相同的图像中多次应用。

## 2. 1 几何纠正

本节课中您将学到：

- 纠正由遥感平台产生的畸变

ROLLCOR 要减少在推扫式或掸扫式扫描图像中的畸变，这种畸变是在图像获取过程中平台沿着轨迹轴产生的。纠正操作被一个整数像素值限定。

在这小节中，将使用 cuprad1.pix 文件。它是 cuprad. pix 文件的子集，可以用较短的时间来运行。文件要在 Focus 视图中打开，或至少在文件树上打开。

打开 ROLLCOR 运算法则：

1. 从工具菜单中的 Focus 菜单条上，点 Algorithm Librarian；  
Algorithm 面板被打开。
2. 在 Algorithm 面板中，点击 Geomatica 文件夹旁边的“+”，展开下一级文件夹；
3. 在 Geomatica 中点击 Advanced Hyperspectral 旁的“+”；
4. 在 Algorithm 面板右侧下拉菜单中找到 ROLLCOR 运算法则；
5. 双击 ROLLCOR 运算法则，ROLLCOR 模块控制面板被打开。

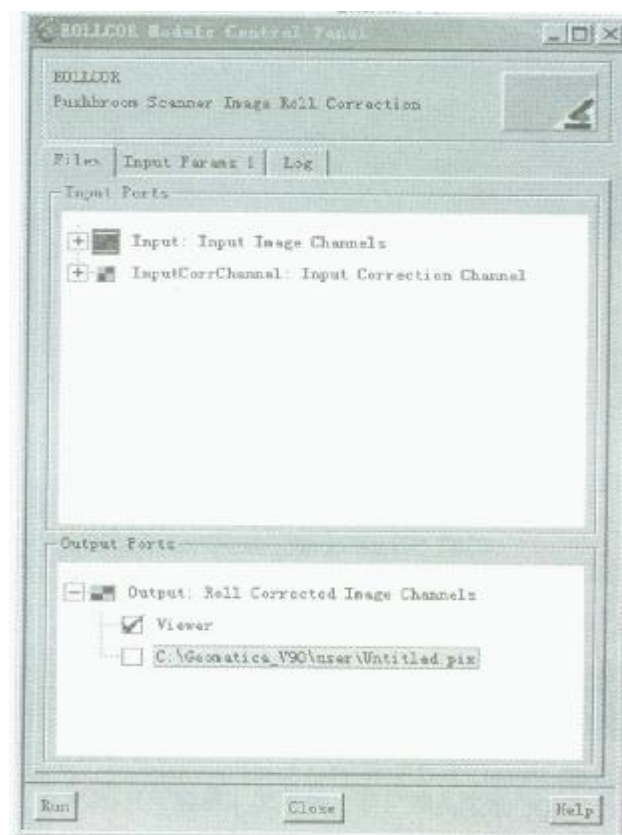


图 2. 1 ROLLCOR 模型控制面板



### 选择输入的数据通道:

1. 在模块控制面板中, 点击 Files 按钮;
2. 在 Input Image Channels(输入图像通道)左侧的输入端口窗口中, 点击 “+”: 文件树将展开用以显示 Focus 工作区域的内容。
3. 在模块控制面板的文件树中找到 cupradl. pix 文件;
4. 点击这个文件, 选择第一个数据波段, 选择的波段将变黄;
5. 从下拉菜单的文件中找到最后一个数据波段, 按住 shift 键的同时选择最后一个波段; cupradl. pix 文件中所有的数据波段将被选上。
6. 在通道左侧的选择框中勾选其中一个;  
所有的通道被选中, 表明 cupradl. pix 文件中的所有通道都被执行。

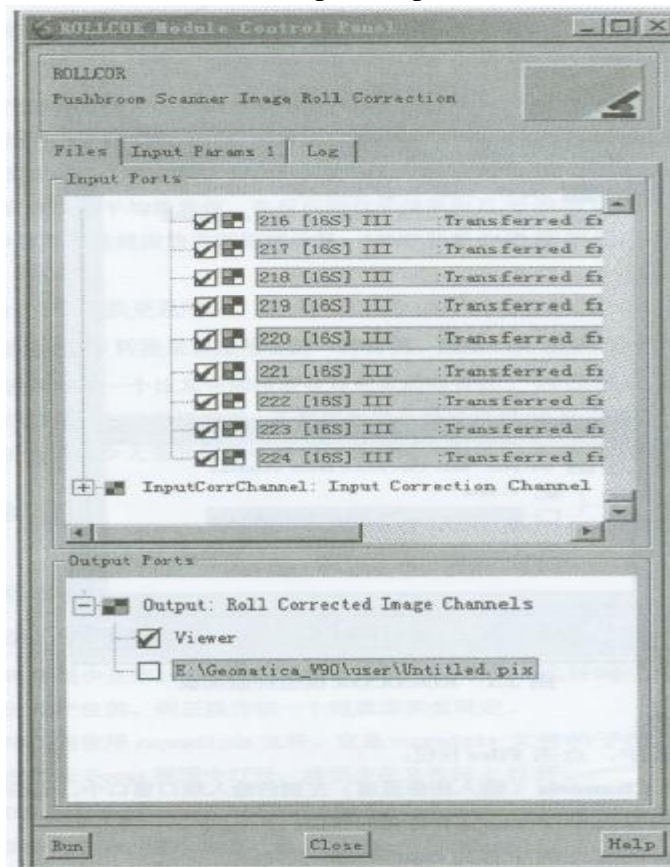


图 22,在 ROLLCOR 中输入图像通道(Channel)

现在, 必须选择输入纠正通道。输入纠正通道要通过相对扫描移动来得到一个噪音小的、比对性好的波段通道。

### 选择输入纠正通道:

1. 在 Input Correction Channel(输入纠正通道)左侧的输入端口窗口中, 点击 “+”; 文件树将展开, 用于显示 Focus 工作区中的内容。
2. 在文件树中选择 cupradl. pix 中的 channel31 作为纠正通道, 并在选择框中勾选相应属性。

现在, 已经为纠正文件选择了文件和通道, 下面将设置输出选项。模块控制面板默认选项为视图选项。运行 ROLLCOR 运算法则后将看到纠正后的图像, 所以可以与没被纠正的图像比较。选择视图选项后进一步设置文件的输出。

### 设置纠正文件的输出：

1. 在 Output(输出)端口窗口，选择 Untitled. pix 选项，勾选左侧选项：然后，为了 Untitled. pix 文件命名，这个文件包括被纠正的图像。
2. 在 Output(输出)端口窗口，点选 Untitled. pix：  
现在 Untitled. pix 将以黄色高亮度显示。
3. 再次点击 Untitled. pix，输入新文件名；
4. 在插入点输入 cupradl\_rc.pix。

如果没有指定路径，文件将被保存到 user 文件夹中。

**提示：**如果在 Untitled. pix 上点右键，可以浏览和选择一个输出文件的路径和文件名。

纠正后的图像现在被保存到新文件中。在运行 ROLLCOR 运算法则前，需要设置输入参数。

### 设置输入参数并运行 ROLLCOR 运算法则：

1. 在 ROLLCOR 模块控制面板上，单击 Input Params1；  
输入参数控制面板被打开。
2. 在 Number of Line Parts(行数量)文本框一项中输入 120；  
扫描行的数将分为 120 项。
3. Fraction of All Line Parts(所有行分段数)保留默认值 0.2：  
此项用于指定扫描行总数的分段，它将作为一个整体来纠正行移动的计算。  
默认值 0.2 意味着行数量的 20% 将被用于计算移动。
4. Valid Bands Only(仅对于有效波段)，选择 Yes；  
现在已经为运行 cuprad. pix 文件中的 ROLLCOR 运算法则并创建新的纠正文件做好准备。
5. 在模块控制面板的左下角，点击 Run。

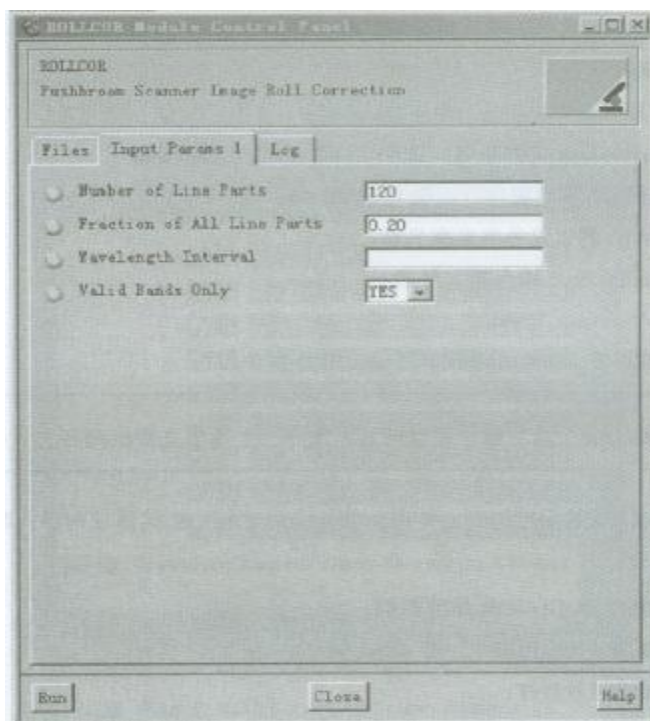


图 2.3 ROLLCOR 的输入参数



图 2.4 ROLL 纠正后的图像

在桌面上，出现运算运行的进程条，当运算运行完后，在 Focus 视图将出现新图像，在 Focus 地图树中，新文件内容也将被显示出来。

可以通过拖动 `cuprad1.pix` 文件来改变纠正前和纠正后图像的位置，从而对纠正前后的图像进行比较。如果要看两者之一，可以使用 Focus 视图工具。

现在高光谱数据已经被修改，在下一课中将学习如何去除噪音。

#### 本节课小结：

- 纠正由于遥感平台而产生畸变的高光谱数据

## 2. 2 去除噪音

#### 本节课中您将学到：

- 计算主成分线性转换
- 应用一个正向转换
- 滤波转换的通道
- 应用一个反转换

本节课通过介绍一个实例，讲授如何从高光谱数据中移除非周期性的噪音。首先，统计主成分，然后应用前线性转换。前转换数据被普通滤波器滤波。最后，在滤波过的通道中应用反转换。

这个例子显示了 `cuprad1_rc.pix` 从 108 到 112 通道消除噪音的实例。第一步产生和保存线性转换矩阵，然后，LINTRN 转换将从 `cuprad1_rc.pix` 的五个已选择通道进入主成分通道。

计算主成分线性转换：

1. 从 Algorithm librarian 中打开 PCLT；
2. 在 Input Params(输入参数)键下，点击 Select，选择 `cuprad1_rc.pix` 为输入文件；
3. 在 Database Image Channel List(数据图像通道列表)旁的文本框中，输入 108；-112，这些数字将用于计算这些选择波段的转换；



4. 在 Transformation Parameters Filename(转换参数文件名)旁边, 点击 Select;
5. 找到 Hyper\_data 文件夹。输入 cupradl\_pclt.mat;  
创建写入线性转换参数的 MATLAB 文件名。
6. 从 ReportMode(报告模式)文件旁的下拉列表中, 选择 PCLT. RPT;
7. 点 Run, 开始 PCLT 操作。

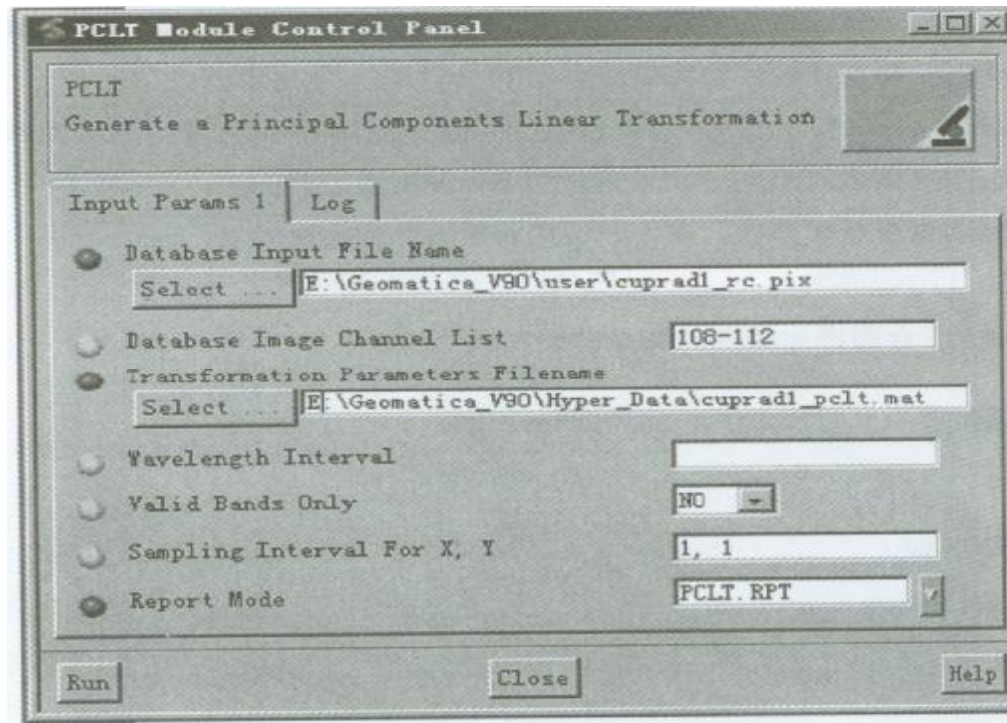


图 2.5 PCLT 模型面板

**提示** 转换参数文件的内容将用 PRINTLT 打印。

现在已经计算好主成分转换参数了, 下一步将使用 LINTRN 运算法则来应用正向转换。它将向磁盘中保存五个图像通道应用线性转换。

**对图像通道应用正向线性变换:**

1. 从运算法则库中打开 LINTRN:
2. 选择 cupradl\_rc. pix 作为 Database Input Filename(数据输入文件名);
3. 在 Database Output Filename(数据输出文件名)下输入 cupradl\_for. pix;
4. 选择 cupradl\_pclt.mat 作为 Transformation Parameters Filename(转换参数文件名):
5. 选择 FOR 作为 Transformation Direction(转换方向);
6. 点 Run 开始 LINTRN 操作。

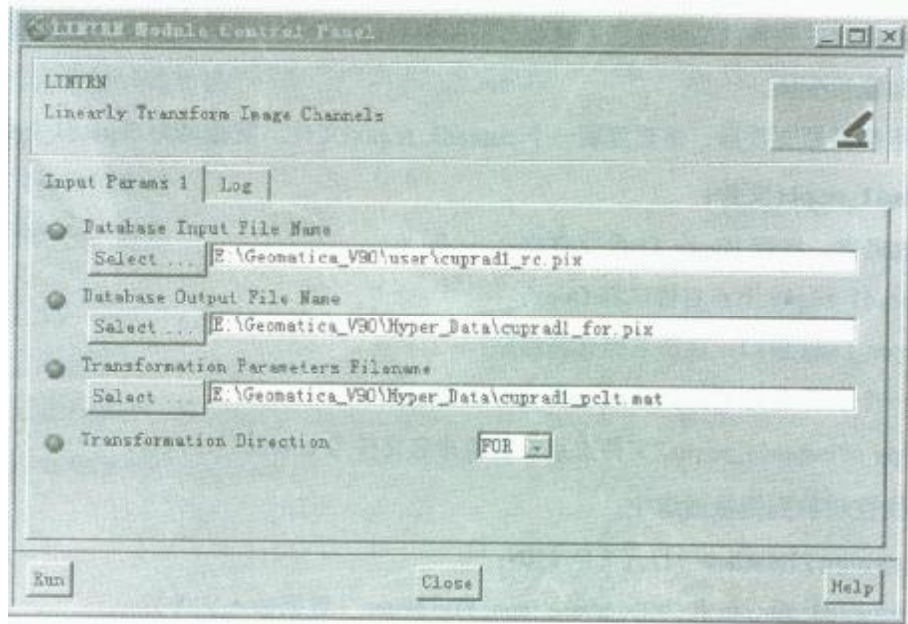


图 2. 6 向前转化的 LINTRN 模块的面板

下一步，开始在被噪音控制的前转换通道中应用  $5 \times 5$  的均值滤波。不需要滤波第一通道。

#### 应用均值滤波：

1. 在文件树中，点击右键，选择 Add；  
文件选择窗口打开。
3. 在文件选择窗口中，打开 cupradl.for\_pix 文件；  
这个文件将在文件树中列出，但是数据没有被载入到视图中。
3. 观看数据，扩展光栅列表，按住 shift 键选择图像的 2 到 5 通道：
4. 点击右键，在 View 中选择 As Grayscale。  
四个通道被载入到文件树中作为独立的灰度层。
5. 在地图树中的 cupradl. for\_pix. 文件的 2 通道处点右键：
6. 在快捷菜单中点击 Filter：  
滤波面板打开。
7. 转换 Filter Size(滤波尺寸)为  $5 \times 5$ ：
8. 在 Low Pass 下，确定 Average Filter 被选中：
9. 在滤波面板的右下角，点击 Apply to File：  
Save New Filtered Image Layer 面板被打开。
10. 选择通道 2 作为保存滤波后的图像的通道：  
选择通道 2，将用滤波后的图像覆盖原图像。
11. 关掉滤波面板。
12. 在通道 3 到 5 中重复以上操作，确定修改过的滤波后的图像层覆盖了原有的图层。

现在已经对正变换的图层进行了滤波,下面要将已保存在磁盘中五个图像通道应用主成分的反向线性变换。

为了不覆盖原有数据,需要复制一个 cupradl\_rc. pix 文件,重命名为 cupradl\_inv. pix。

#### 复制 cupradl\_rc. pix 文件:

1. 在本地磁盘,找到 Hyper\_Data 文件夹;
2. 在 cupradl. \_rc. pix 上点右键选择 Copy;
3. 在 Hyper\_Data 窗口, 点击右键选择粘贴;  
创建一个文件名为“Copy of cupradl\_rc. pix”的文件;
4. 在“Copy of cupradl\_re. pix”文件上点右键重命名文件为 cupradl\_inv. pix。

#### 应用反转线性转换到图像通道中:

1. 从 Algorithm Librarian 中打开 LINTRN;
2. 选择 cupradl\_for. pix 作为 Database Input File Name(数据输入文件);
3. Database Output File Name(数据输出文件)选择 cupradl\_inv. Pix;  
弹出窗口询问是否想覆盖 cupradl\_inv. pix.。
4. 在弹出窗口中点 Yes:  
它将覆盖原来有均值滤波的 5 个通道。
5. 选择 cupradl\_pclt.pix 作为 Transformation Parameters Filename(转换参数文件名);
6. 选择 INV 作为 Transformation Direction(转换方向);
7. 点 Run 开始 LINTRN 操作。

因为 cupradl.pix 文件以有波长信息作为数据存储,因此五个减噪通道自动覆盖 cupradl\_inv. pix. 文件中原有的 108 到 112 通道。  
使用 Thumbnail 工具比较五个原噪音通道和减噪后的通道。

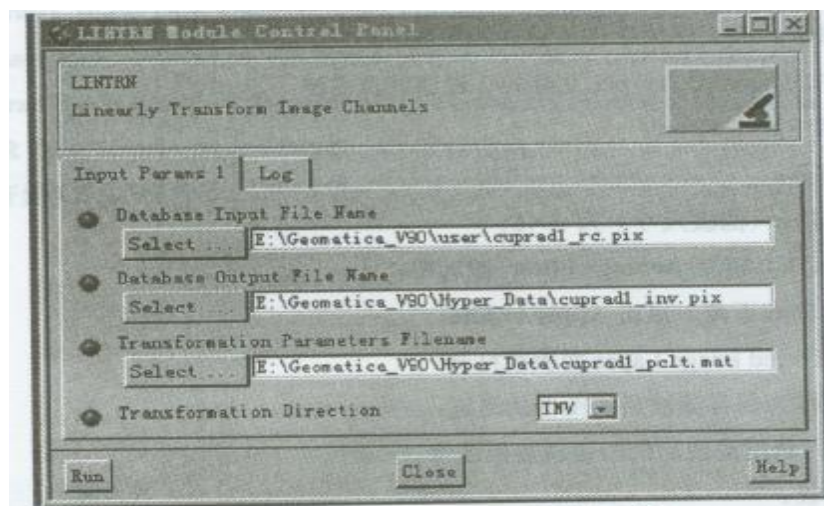


图 2. 7 LINTRN 模块的反向转换面板

#### 本节课小结:

- 计算主成分线性转换
- 应用一个以前的转换
- 滤波转换的通道
- 应用一个反转转换

## 第 3 单元 运算矢量化法则压缩高光谱数据

第三单元中共有一节课：

### 3. 1 压缩高光谱数据

高级高光谱压缩包程序可以读取由 VQHSOC 应用程序产生的矢量压缩高光谱图像。矢量化法则提供了一种有损图像压缩方法，这对于高光谱图像非常有用。在有损压缩中将丢失许多信息，因此压缩前后的图像是不同的。矢量化压缩不仅保留数据存储空间和数据转换波段宽度，而且，对于大的图像来说，矢量化压缩图像数据的输入和处理还可以减少程序的执行时间。

因此虽然矢量化压缩有损耗，但矢量化压缩后的图像仍能得到满意的分析结果。如果原始图像的最终分析结果已经得到，矢量化压缩可以用来提高中间过程的运行速度。

### 3. 1 压缩高光谱数据

本节课中您将学到：

- 使用矢量化运算法则来压缩高光谱数据

#### 高光谱图像压缩

- VQHSOC：分等级自组织矢量化压缩

VQHSOC 用分等级自组织矢量化压缩的方法来转换一个多波段图像。矢量化转换一个 N 波段图像为一系列 N 维空间“代码矢量”，它类似于一个代码本加上一个索引图。索引图有和输入图像相同的行列空间，其像素值是代码矢量标识符。当一系列代码矢量和索引图的尺寸比原始图像的尺寸小时，数据压缩完成。

这个程序是高级高光谱包的重要组成部分，因为在运行中高光谱数据需要占用大量资源。矢量化的主要优点是先进的高光谱程序在处理代码本或索引图时不需重建外部图像。

VQHSOC 压缩时是有损耗的，在许多情况下它可以用于初次试验过程中，在原始的没被压缩的数据中完成最终运行。

工作流程范例：

VQHSOC ——> FTLOC ——> I2SP ——> SP2RT

VQHSOC ——> SAM

在这个例子中，可以使用 VQHSOC 运算法则来创建一个质量更好的矢量化压缩文件。

#### 建立并运行矢量化：

1. 确认 cuprad. pix 文件在 Focus 视图中已经被打开；
2. 从 Algorithm Librarian 中打开 VQHSOC；
3. 在模块控制面板中，如果 Files 处于可操作状态，请选择 Files；
4. 在 Input(输入)图像通道左边的输入端口窗口中点选+。文件树扩展显示 Focus 工作区中的内容；
5. 在模块控制面板的文件树中找到 cuprad. pix 文件；
6. 点选数据的第一个波段。被选择的波段变黄；
7. 在文件下拉菜单中找到数据的最后一个波段，按住 shift 键并选择数据的最后一个波段；
8. 在对话框中选择一个单选按钮。

所有的通道被选中，表明整个 cuprad. pix 文件被处理。

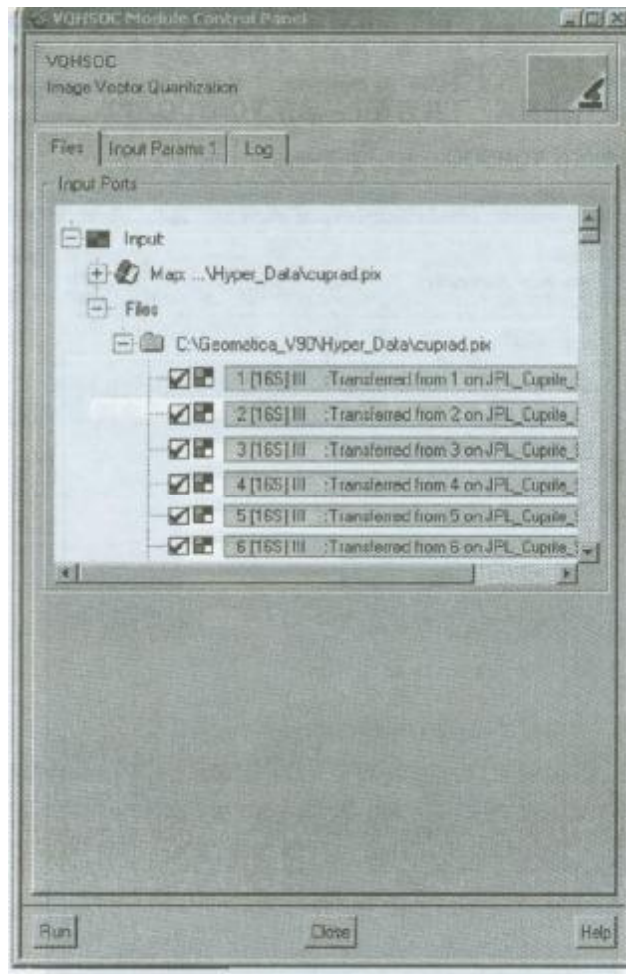


图 3. 1 VQHSOC 模块控制面板

**设置 Input Parameters(输入参数)并运行 VQHSOC 运算法则：**

1. 在 Compressed File name(压缩文件名称)处打开 cupradVQ. pix，选择用于压缩的文件；

VQHSOC 产生一个 HDF-EOS Swath 文件，它包括矢量数据和一个 HDF-EOS Swath 文件的 PCIDSK 文件。

2. 在 Number of Initial Clusters 处，输入 8  
它说明输入波段矢量群的原始数量被创建。

3. 在 PSNR Threshold 处，选择 55. 0  
它指定了噪音端点信号的极限值。

4. Subsampling Factory 输入 1.0  
它指定输入图像数据的一部分被用来计算代码矢量。它的值从 0 到 1。

5. 对 Maximum Signal Level(最大信号层)，保留默认值 65536：

它为最高值指定了一个端值，用于计算最高信号处的噪音率。它可以排除由于传感器 过失或数据纠正而产生的其它伪值。

6. 在 Report Mode(报告模式)下拉列表中，选择 VQHSOC. RPT

7. 点击 Run，开始运行 VQHSOC。



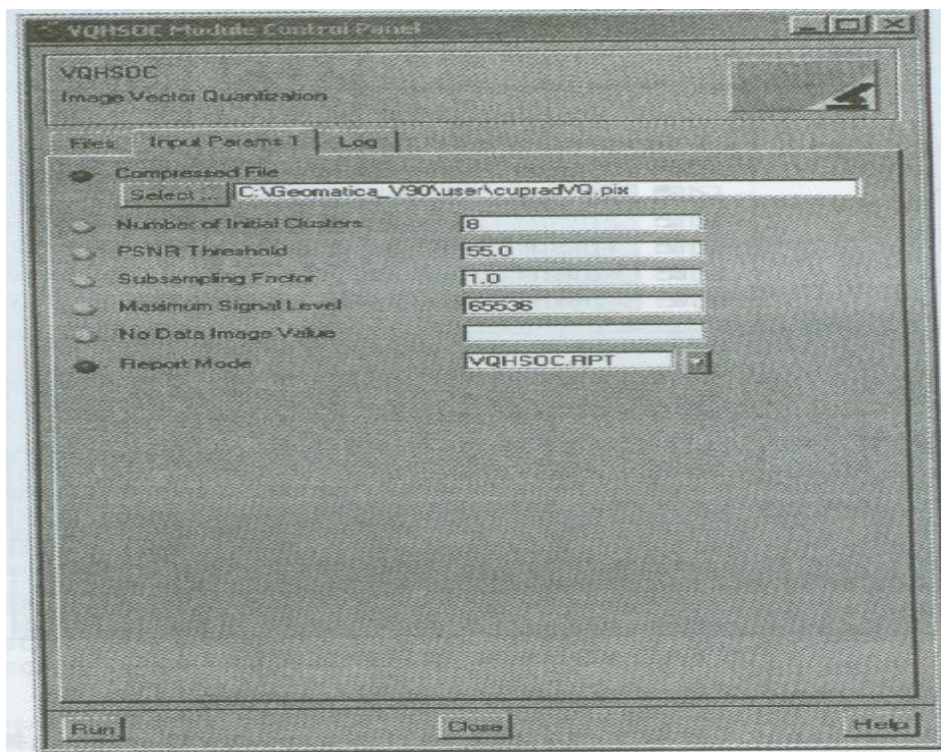


图 3. 2 VQHSOC 的输入参数

下面的报表在程序完成时产生

```

VQHSOC Hierarchical Self-Organizing Cluster Ver V9.0 EAST/PACE 00:02 08Jan2003
-----
Total processing time           : 79.72 minutes
Codebook generation time       : 77.94 minutes
Codevector matching generation time : 0.42 minutes
Input data size                 : 576.6950 MB
NULL Image Pixels              : 0
Codebook size                   : 15.0943 MB
Index-map size                  : 3.7137 MB
Compression ratio               : 30.7454
Number of codebook vectors      : 35334
Root mean square error         : 31.3694
Peak signal                     : 19341
Peak signal to noise ratio      : 55.7442
-----

```

图 3. 3 VQHSOC 报表

根据运行时间、代码本及索引图的尺寸信息，报告如下信息。

- Compression Ratio(压缩率)忽略所有文件的头文件形式，考虑输入数据尺寸和产生的代码本及索引图。
- Peak Signal: 在输入数据中发现的最大像素值。
- Root Mean Square Error: 压缩数据和原始数据之间的误差。
- Peak signal to noise ratio: 均方根误差的最高信号率。除了当代码本已经达到最大值或子样品因数小于1的时候，这个值通常比使用指定的 PSNR 端值高。

## 本节课小结:

- 使用矢量化运算法则来压缩高光谱数据

## 第4单元 简单的大气校正

第四单元共有一节课:

### 4.1 经验线性定标

许多高光谱数据处理都涉及到将大气对影像数据的影响减少到一个比较低的水平上。对于平坦地形,它受到太阳均一的照射,但是由于大气的影晌,辐射图也会和反射图不同。

在 Geomatica 中,高光谱数据可用的大气校正工具只能进行简单的大气校正。这些技术不依赖真实的地面参考数据,这需要严格的大气矫正模型。

下面将讨论为什么需要大气校正及简单的大气校正的方法。

### 需要进行大气校正的原因

能够反映地形表面特征的反射图是非常有价值的遥感产品,它描绘了成像分光计探测到的许多邻近的波段。然而,传感器并不测量景物的反射系数或者是表面辐射率。校准的传感器最多能够沿着观测的方向,在信号从探测元件获得的瞬间,测量已经到达它的交叠在一起的外部光学元件的辐射(大气传感器或表现辐射率)。在传感器和景物之间的大气层吸收以及散射辐射(甚至在一些波长范围内大量发射辐射),引起大气传感器辐射率和景象的实际辐射率不同。因此,一幅图像(也就是一幅大气传感器辐射率图)是对瞬时的大气影响和相对稳定的被测物体表面的反射特性的一个综合测量结果。大气校正就是从影像中减少或去除大气影响的过程。如果和实验室光谱相比较的话,大气校正是很有必要的。

### 经验线性校正

EMPI,INE: Empirical line calibration, 经验线性定标

EMPI,INE 算法用来计算特定波段的辐射变换参数,从而转换多波段影像的值,进而估计影像的反射率。这个过程应用经验线性校正技术,这种技术完全根据感观上的经验,它不涉及到影像形成过程中的任何一种分析模型。然而,对于任何一种能在影像上找到的地物类型,它完全依赖于从野外实地测量或者从实验室测量所得的反射波谱。理想的状态是,当传感器经过上空的时候测量地面物体的波谱,并且测量的位置要选择在那些在影像上确实存在的,在一定的空间范围内同质的而且在影像上由一些纯净像元所表示的地方。

这种技术不能考虑大气条件在整幅影像内变化的影响。每个波段单独的一组转换参数将用于整幅影像的计算。

### 平坦地区的校正

- FTLOC 确定平坦地物的光谱特征
- SP2RT 将光谱转换为辐射变换
- APPLRT 应用辐射变换

在某些明确的波长范围内(吸收波段),大气对光有强烈的吸收作用。这引起此波长范围的影像相对较暗。平坦地区的校正技术就是用来减少这种影响。虽然这种技术不会产生一个反射系数图,但它确实能使数据的视觉和分析更加简单。

和经验线性校正技术不同,平坦地区的校正技术不需要以野外实际测量数据或者从实验室测量获得的数据作为输入。相反的,它涉及到从自身的影像中提取一条波谱曲线(或者几条类似的波谱曲线的平均值)。这种波谱曲线要选择那些相

对比较平滑的，并且对应于某种物质，这种物质在某一波段范围内具有相对统一的反射系数。我们称这个波谱曲线为参考波谱曲线。一个波段的校正转换系数完全是参考波谱曲线在这个波段的值的倒数。通过某一参考波谱区分所有的影像波谱(这个参考波谱是 FTI. OC 指出的某一特定区域)，应该能够减少整幅影像的大气吸收影响，并且使影像的波谱和景物的辐射率波谱或者反射率波谱更相近。这种操作是在假设整个影像范围内的大气条件相同的情况下进行的。

FTLOC 算法解决寻找单一参考曲线的问题。它产生一个位图指出一个特定区域的影像，这部分影像的波谱可以由自定义的特定顺序波长的多项式函数很好地模拟。实际上，为了减少各个波长范围内的噪音影响，用 FTLOC 算法计算的代表同类物质在空间上相邻的多种波谱的平均波谱应该作为参考波谱。

一旦参考波谱是由 FTLOC 算法计算的特定区域获得的，那么它必须用 SP2RT 转换成辐射变换参数。这种转换参数存储在影像文件中，当影像数据以后被处理或者分析时，这个转换参数可以暂时不用。作为选择，APPLRT。可将转换用于创建一个新的变化的影像。

## 4. 1 经验线性定标

本节课中您将学到：

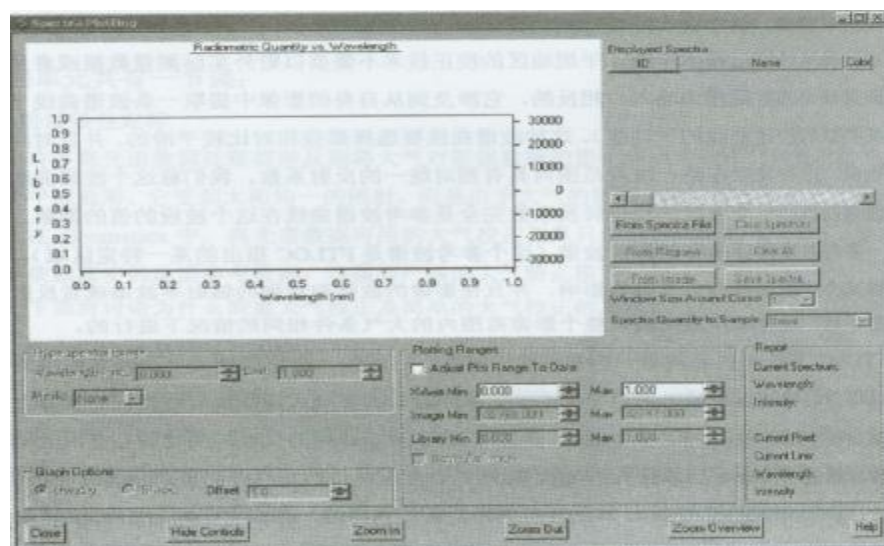
- 用 Spectra plotting 工具从一幅影像中提取通常的波谱曲线
- 用经验线性定标方法进行简单的大气校正

Spectra plotting tool 允许在一幅影像中为一个地区或者一个点绘制相对于波长曲线或影像波谱的影像值图，并且可以通过包含在文件中的波谱去操作。在这一课中，将运用从 Spectra plotting 工具中获得的波谱曲线作为大气校正的反射波谱，并且用于 EMPI. ,INE 算法的影像中。这种算法运用经验线性定标方法，计算特定波段辐射转换参数来转换多波段影像的值，从而估计影像的反射率。

在这个准备好的例子中，将从 cuprefl. Pix 文件中获得反射波谱曲线(从转换的模型中获得的地表反射数据)，它将用于转换 cupradl. pix 文件。

打开 Spectra plotting 工具：

1. 在 Focus 视图中，从 Hyper—data 文件夹里打开 cuprefl. pix 文件；  
这个文件包含反射数据，可以从中获得反射波谱曲线。
2. 从 Focus 窗口的 Layer 下拉菜单中选择 Spectra plot，打开波谱曲线(spectral plotting)面板。





## 图 4. 1 光谱曲线面板

### 波谱曲线(Spectra Plotting)工具

在当前显示的影像中，相对于各个相邻像素的波长曲线，能够从影像中迅速提取影像值，并且可以用 Spectra plotting 工具显示。这个工具还能够将选择的影像波谱存储于文件中作为记录。存储在一个或多个文件中的波谱曲线作为记录也可以用 spectra plotting 工具显示。这种存储为文件的波谱曲线可能有许多不同的来源。例如，它们可能是曾经在实验室测量或在野外用非成像光谱仪测量的有代表性的样本物质的反射波谱(也就是相对于波长曲线的反射率)，还可能是存储影像的波谱曲线。当前展示的影像的波谱曲线可能由存储为文件的波谱曲线共同显示。

Spectra plotting 工具的这些功能在高光谱影像分析中有很多用途，例如：

- 影像的波谱曲线可以显示出传感器可能没有准确测量的波段范围。
- 为了视觉上达到较好的效果，一幅已经经过辐射校正的影像的波谱曲线(例如已经去掉大气吸收特性的影像)，可以利用存储在未校正的影像中的相同位置的波谱曲线来显示。
- 为了便于影像上选择的特定区域的物质类型的确定，反射影像的波谱曲线(通过大气校正过程从原始遥感影像获得的)可以和实验室测量的已知物质的反射波谱曲线相对比。

如果影像的元数据中有波长信息，x 轴默认为波长，如果没有波长信息，它就默认为通道数。在 y 轴右边的最小值默认为 0. 0、最大值默认为 1. 0，它定义了波谱库中波谱曲线的范围，在 y 轴左边的最小最大影像值是设置在影像数据中的最小值和最大值，这些轴可以在窗口的 Plotting Ranges 部分控制。

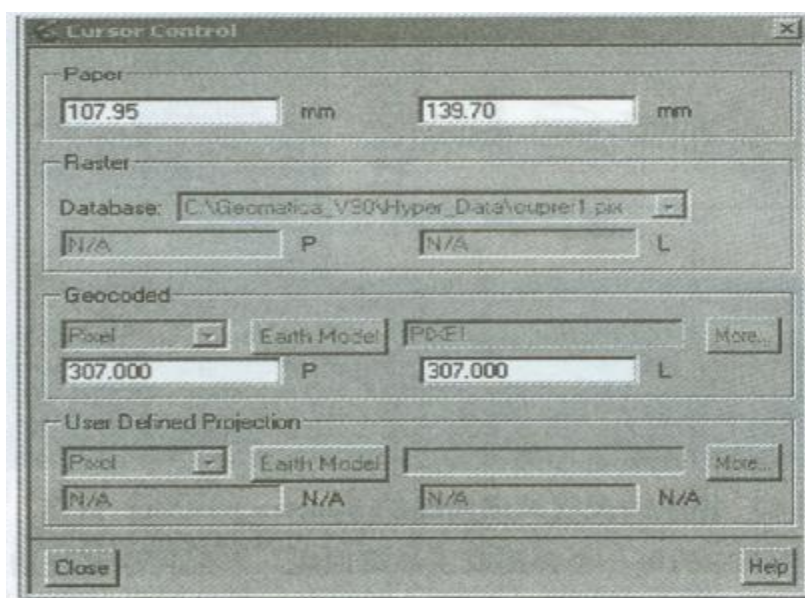
Spectral plot 工具可以将坐标定位的像素的波谱曲线在绘图窗口中连续显示。

它以一条黑线显示，且当坐标在输入的影像上漫游时不断更新，这将便于在影像上进行 QA 或者分类，而且可以和波谱库或者感兴趣区的波谱曲线进行对比。平均波谱曲线它可以对一个以鼠标的坐标为中心的方形区域产生一个波谱曲线。这要通过位于 Spectra plotting 窗口中的 Graph Option 区域中的 window size Around Cursor 选项按钮来实现。窗口范围可以从 1×1 到 11×11 像素，一个单独的波谱代表包括在窗口范围内的所有像素的波谱曲线的平均值。

#### 从影像中提取反射波谱曲线：

1. 确保 Spectra Plotting 工具一直打开；
2. 在 Focus 工具条上，单击 Cursor Control 按钮；

Cursor Control 窗口打开，由于 cuprefl. pix 没有投影信息，Database 坐标不可用。在这一节中，将使用基于像元和线的地理位置坐标。



**图 4.2 Cursor control 界面**

3. 在 Cursor Control 窗口中，输入值 250T, 72L，坐标就会自动定位到这个位置：
4. 在 Spectral plotting 窗口中，将 Window Size Around Cursor 改为 3；  
这将绘制一条单独的波谱曲线，它将代表 3~3 窗口中所有像元的波谱平均值。
5. 将 Spectra Quantity to Sample 改为 reflectance；这将为影像应用反射率转换并将偏差值存储到影像的元数据中。
6. 在 Spectral plotting 窗口中，单击 From Image；  
这个区域中影像的波谱曲线将会绘制在窗口上。
7. 继续为在表 1 中列出的其它 5 套坐标提取波谱曲线。  
为了减少随机出现的噪声，每一条波谱曲线都应该是相邻的 3x3 像素的平均波谱曲线。波谱曲线应该代表一定宽度范围内的景物的覆盖类型，表 4. 1 中列出了推荐采用的一套中心位置的 x、y 坐标。

**表 4. 1：波谱曲线的坐标**

X	Y
256	72
96	228
79	458
339	516
224	258
40	422

Cuprefl. pix 中的六个位置的波谱影像如下图所示：

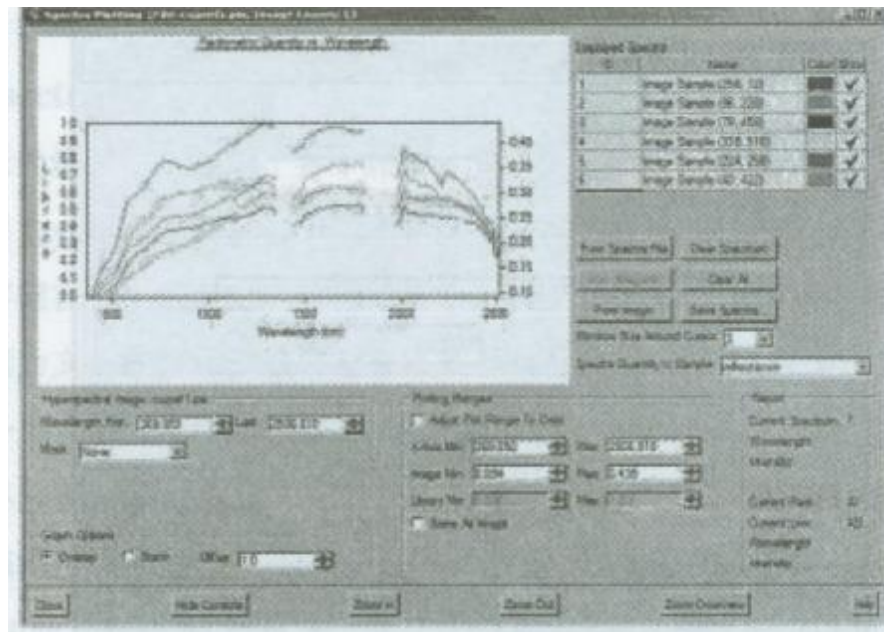


图 4. 3 提取的反射波谱曲线的 Spectra plotting 窗口

既然已经为 6 对坐标中的每一个都提取了波谱曲线，下面将这些波谱曲线存为一个波谱库文件。

将波谱曲线存为一个波谱库文件：

1. 在 Spectra plotting 窗口中，单击 Save Spectra 按钮；  
打开 Save Spectra to Library(将波谱保存到波谱库)窗口。
2. 单击 Browse 按钮，为波谱库输入一个文件名；
3. 在打开的 File Selector 窗口中，找到 Hyper\_Data 文件夹，输入 ref. slx 作为文件名并单击 Open；  
Save Spectra 文件名在 Save spectra to Library 窗口中更新。  
选择 Save All(全部保存)；
5. 确定 Save ROIS to Bitmap layers(将感兴趣区保存为位图)被选中；
6. 单击 Save。  
波谱曲线被存入文件。

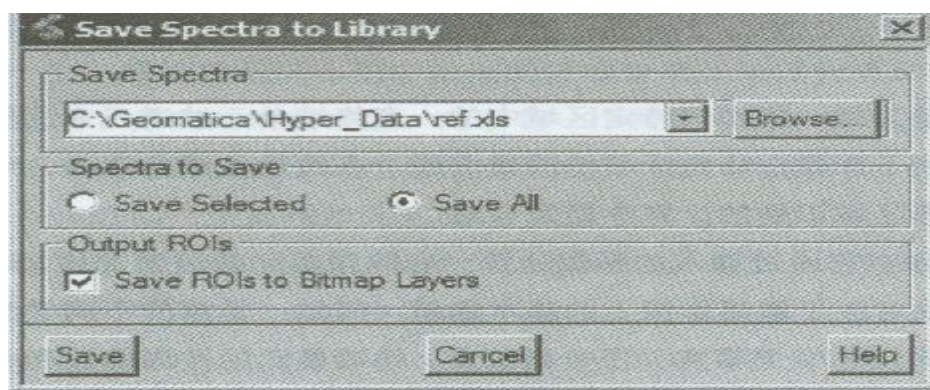


图 4. 4 保存波谱到波谱库

**注释：**XLS 文件最多只有 255 个域，在这种情况下，意味着大多数波段的属性域将从存储的波谱曲线中丢失，但这不影响这个例子。

### 计算并存储转换参数:

1. 在算法库中选择 EMPLINE;
2. 选择 Cupradl\_inv. pix 作为 Input Dataset(输入文件);  
这是 2. 2 课做过的去除噪声的文件。
3. 从波谱库中选择 ref. xls 文件;
4. 对于 Radiometric Transformation Level, 输入 1;  
这里运用第一个辐射转换参数, 它已经存储在影像元数据中。影像元数据为了计算这个转换参数, 被用于存储像素值。
5. 单击 Run, 开始 EMPLINE 操作。  
现在已经用经验线性定标方法自动校正 Cupradl\_inv. pix 文件。  
在第五课中, 将检验定位, 分析影像的波谱数据。

### 本节课小结:

- 用 Spectra plotting 工具从一幅影像中提取通常的波谱曲线
- 用经验线性定标方法进行简单的大气校正

## 第 5 单元地物识别技术

第五单元共有二节课:

5. 1 终端单元选择

5. 2 线性波谱分离

### 线性波谱分离

线性波谱分离是为每一幅影像特定区域中的一套终端单元波谱元素的组合进行估计的过程。它很好地描述了影像在特定区域的波谱曲线,在线性波谱分离中,终端单元波谱的线性组合在最小方形区域识别的计算中最为合适。

**ENDMEMB 算法:** 它通过输入的影像计算一套终端单元的波谱曲线。这些自动计算的终端单元的波谱曲线对应于遥感影像上的基本物质(例如:暴露的不同类型的土、不同的农作物、沥青和混凝土等)。但事实并不一定如此。终端单元的波谱曲线和代表某种基本物质的已知的波谱曲线的对比是很有必要的,这种比较用于判断是否每种终端单元的波谱曲线都代表了基本的物质类型。

**SUNMIX 算法:** 进行线性波谱分离。**SPUNMIX** 的结果将为每一种终端单元都输出一幅影像,而且表明具体位置上每种终端单元代表的地物的含量。

**ENDMEMB** 和 **SPUNMIX** 用于已经进行过辐射校正(平原地区)或者反射校正的影像数据中。

### 5. 1 终端单元选择

本节课中您将学到:

- 计算一套终端单元
- 将终端单元写入波谱库文件

**ENDMEMB** 用 **IEA** 算法为特定的影像区域估算一套终端单元的波谱曲线,并将这些波谱输出到一个文件中。

**注意:** 在波谱分离中,类被称为终端单元。

一个“终端单元系列”就是一套波谱曲线,它们通过线性组合,和从遥感影像上获得的一套波谱曲线非常近似。这些终端单元波谱曲线简称为终端单元。终端单元是一幅高光谱影像在波谱分离过程中的基本组成部分,它可以估算出具体位置上每种终端单元代表的地物的含量。

**ENDMEMB** 运用 **IEA** 运算为用户自定义输入影像的区域,自动计算一套终端单元系列,然后 **ENDMEMB** 将终端单元输出为一个文件,它能用于 **SPUNMIX** 的输入。

产生的终端单元系列的大小由使用者自定义,如果没有定义,**ENDMEMB** 算法将估计出终端单元的个数,并以这个数作为产生终端单元的个数。

由 **ENDMEMB** 计算的终端单元可能对应若干基本物质(如裸露的各种类型的土,不同的农作物,沥青,混凝土等),但事实并不一定如此。每一个终端单元的分布图由 **SPUNMIX** 计算产生。终端单元分布图中值高的区域表明该地区含有此种物质的含量高。

输出报告中列出了分离结果的误差。对于每一个终端单元,都是用以前产生的终端单元分离产生的。随着误差的降低,终端单元将接近于以前产生的终端单元的线性合成,这个终端单元的线性合成将产生终端单元冗余。

下面的例子讲述了用 **ENDMEMB** 算法为 **Cuprefl. pix** 计算一个终端单元系列。计算出来的终端单元将在下一课的波谱分离中用到。



本课中将用到 Cuprefl. pix 文件。也可以运用经 EMPIINE 算法纠正过的数据，因为在运行过 EMPIINE 后，Cupradl. pix 和 Cuprefl. pix 相类似。

#### 计算终端单元系列：

1. 从算法库中打开 ENDMEMB；

ENDMEMB Module control panel(终端单元选择模块控制面板)被打开。

2. 在 Input Image Channels(输入的影像通道)中，从 cuprefl. pix 文件中选择影像的所有通道；

3. 在 Input params 1(输入参数 1)中，选择 endmemb. spl 作为 Output Spectral Library (输出的波谱库文件)；

这个产生的波谱库文件将包含终端单元系列。

4. 接下来设定 Number of Endmembers(终端单元数目)为 20；

5. 将 Valid Bands only(只采用有效的波段)参数设为 Yes；

这使得在计算时将只包括“plot”或“bmask”波段。

6. 在 Report Mode(报告模式)旁边的下拉菜单中选择 ENDMEMB. RPT；

7. 在 ENDMEMB Module control panel 的左下角，点击 Run。

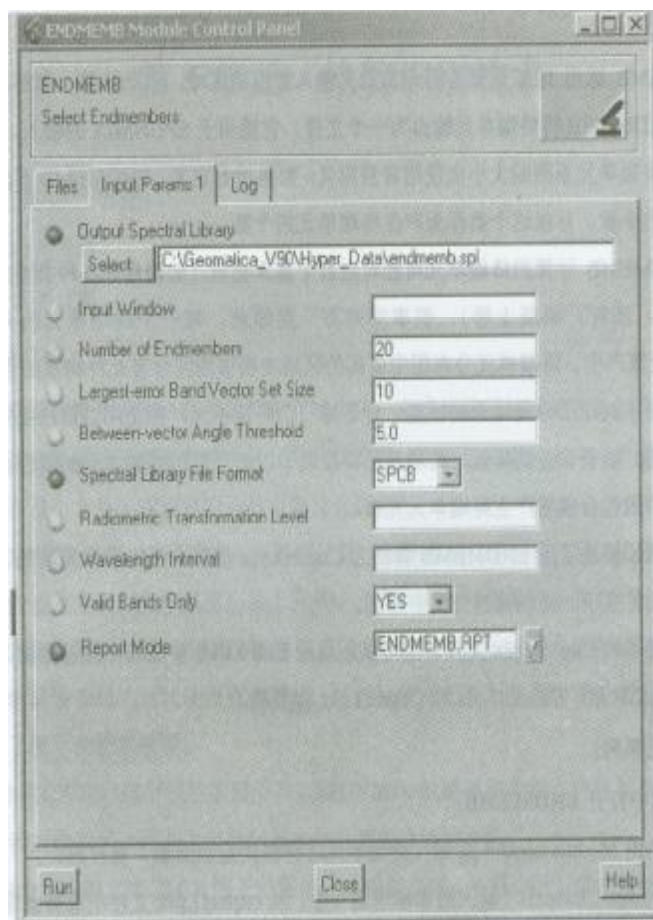


图 5.1 ENDMEMB 的输入参数

下边的报告是 ENDMEMB.RPT 的内容:

Endmember	RMSE
-----	-----
2	0.486
3	0.230
4	0.225
5	0.079
6	0.077
7	0.058
8	0.039
9	0.112
10	0.039
11	0.041
12	0.034
13	0.037
14	0.031
15	0.029
16	0.027
17	0.029
18	0.027
19	0.028
20	0.026

RMSE(系统误差)是由原始输入的影像和从终端单元重新生成的影像之间进行比较计算出来的误差值。RMSE 值越低,表明新生成的影像和原始的影像越相近。

ENDMEMB 计算的没有剩余终端单元的个数是 4。这表现在 RMSE 中,由终端单元 4 到终端单元 5,值急剧减少。然而,到终端单元 13 时,RMSE 表现出逐渐减少的趋势,所以更保守的选择是选择 13 个终端单元。

现在,可以用 Spectra: Plotting 工具将感兴趣的 13 个终端单元写入波谱库文件。

#### 创建一个用于分离的终端单元波谱:

1. 从 Focus 窗口的 Layer 下拉菜单中,选择 SpectraPlot, 打开窗口;
2. 单击 From Spectra File(从波谱文件中获得), 选择 Endmemb. spl:  
打开 Select Spectra from Library 窗口。
3. 在 Select Spectra from Library 窗口,用 shift 键选择 1 到 13 个终端单元;
4. 在窗口的底部单击 Add TO Plot;
5. 将这些波谱曲线存为一个波谱库文件,起名为 endmemb13. spl。

现在已经计算出一系列终端单元,它们将在下一课中用于进行波谱分离。

#### 本节课小结:

- 计算一套终端单元
- 将终端单元写入波谱库文件

## 5. 2 波谱分离

在本节课中您将学到:

-基于一系列终端单元进行波谱分离

### 波谱分离

SPUNMIX 用于线性分离一幅高光谱影像。使用者提供一系列的终端单元的波谱曲线,用来假定每一幅影像中特定区域的矢量波段都是终端单元波谱的一个线性组合。

SPUNMIX 为一套波谱曲线中的每一个光谱产生一个分布图,分布图中的值是根据每种终端单元在高光谱影像中的,相应矢量波段像素中的分布得到的(也就是在像素中的终端单元的含量)。

波谱分离对于像元尺度可以起决定性作用。它是从混合像元中提取信息的理想方法,因此在地质学、生态学和水文学中有广泛应用。

传统的影像分类方法,将影像中的每一个像素分到某一类中,而波谱分离是将影像的每个像素分到某几类中。因此,波谱分离不仅产生一个分类影像图,而且为每一类都产生一个栅格图,图中的值表明像素在多大程度上属于该类。因此,当一幅影像由混合像元组成时,波谱分离更有意义,这种方法可以确定终端单元的含量。

当影像数据是低空间分辨率而且带有感兴趣的地物覆盖类型时,波谱分离会非常有意义。对于高光谱影像,这种情况经常发生。如果处理的像素比出现的感兴趣的终端单元的尺寸大时,大多数像素都是混合像素,波谱分离的概念就更有意义。在这种情况下,问题不是“哪种终端单元和这个像素有关”,而是“在这个像素中,有哪些终端单元分布,每一种的相对分布情况如何,终端单元的分布比例是多少?”。

在下列情况下,为影像的每一个像素确定终端单元的分布量是很有用的:

- 影像的像素是混合的,而且传统的分类方法不能有效应用。
- 使用者想寻找一些相对较少的特殊的终端单元,并且想要将寻找的范围缩小到影像区的一个子区。

在这个例子中,将用到在 5.1 节中计算的 1 到 13 个终端单元分离数据 cupref1.pix.

### 建立并运行 SPUNMIX:

1. 从计算法库中打开 SPUNMIX;

SPUNMIX Module control panel 窗口打开。

2. 在 Input channels(输入的波段)选项中,从 cupref1.pix 文件中选择所有的影像通道;

3. 在 output ports(输出端口)窗口中,确定 Viewer 选项被选择;

4. 为了存储 Endmember Fraction Layer(s) (线形分离层),在 Hyper\_Data 文件夹中创建一个新的文件,命名为 Spunmix\_fractions.pix

终端单元的分布图将存入创建的文件中。

5. 为了存储 Output RMS\_Error Layer(系统误差层),在 Hyper\_Data 文件夹中创建一个新的文件,命名为 Spunmix\_error.pix

这个创建的文件将用来存储剩余误差图。

提示:如果在 Untitled. pix 上右键单击,能浏览并选择一个路径和文件名作为输出文件。

6. 在 Input params 1 下边, 选择 endmemb13. spl 作为波谱库文件;  
这次输入的波谱库文件包含分离用的终端单元。
7. 对于 Non-Negative constraint 选项, 选择 YES;  
这里加上一个限制, 因此, 所有终端单元的分布都是非负的。
8. 为 Sum-to-One Constraint 选项, 选择 YES;  
这里增加了一个限制, 因此每一个像素输出的终端单元的分布总数为 1。
9. 将 Valid Bands Only 参数设为 YES;  
要求基于有效的波段计算, 因为终端单元同样基于有效波段计算。
10. 从 Report Mode(报告模式)旁边的下拉菜单中选择 SPUNMIX. RPT;
11. 单击 Run, 开始运行 SPUNMIX。

RMS-error map 为每一个像素提供所有波段的显示, 它可以显示出影像基于分布在这个位置的矢量和终端单元进行重建的质量。下面报告为 SPUNMIX. RPT 的内容:

SPUNMIX Spectral Linear unmixing V9. 0 EASI / PACE 16: 29 25Feb2003					
Statistical Results from SPUNMIX					
Number of Non-Convergent Image Pixels: 0					
N0	Name	Ave	Min	Max	Rep
1	endmember 1	0. 021	0. 000	1. 000	0. 000
2	endmember 2	0. 159	0. 000	0. 967	0. 042
3	endmember 3	0. 034	0. 000	0. 995	0. 000
4	endmember 4	0. 032	0. 000	1. 000	0. 000
5	endmember 5	0. 020	0. 000	0. 977	0. 009
6	endmember 6	0. 011	0. 000	0. 990	0. 004
7	endmember 7	0. 029	0. 000	0. 998	0. 001
8	end~ember 8	0. 028	0. 000	0. 980	0. 013
9	endmember 9	0. 098	0. 000	1. 000	0. 036
10	endmember 10	0. 007	0. 000	0. 984	0. 005
11	endmember 11	0. 241	0. 000	0. 976	0. 353
12	endmember 12	0. 041	0. 000	0. 932	0. 044
13	endmember 13	0. 279	0. 000	0. 847	0. 492

对于终端单元 13, 在影像中所有像素的平均、最小、最大分布值分别为 0. 279、0 和 0. 847, 同时, 终端单元 13 在所有的终端单元中具有最高的分布值, 占总像素的 49%。

## 结果分析

在分离过程之后, 输出的通道将包含终端单元的分布图, 有几个终端单元, 就有几个输出通道, 通道中的值解释为分布量。值为 0 表明终端单元在影像的像素中没有出现, 值为 1 表明终端单元在全部影像像素中出现, 注意, 输出通道为 32 位通道, 这一点很重要, 以避免任何信息丢失。

如果误差通道也被存储, 每个像素的值就是原始影像和由终端单元及分布图

进行重建的影像之间的 **RMS** 误差值,它表明终端单元系列解释原始影像的程度,这里要用 32 位通道以避免任何信息的丢失。

### **本节课小结:**

- 基于一系列终端单元进行波谱分离



## 第 6 单元 波谱信息提取

第六单元共有三节课:

- 6. 1 波谱信息提取初始化
- 6. 2 利用散点图和波谱曲线
- 6. 3 影像的波谱角分类

### 感兴趣区

对于高光谱影像的处理,通常需要在影像上目视寻找目标区域,并且获得这些地区的波谱信号。这些终端单元的波谱曲线可以作为波谱处理算法过程的输入,为影像分类和波谱分离所利用。Spectra Extraction 窗口在影像的目标区域、散点图和波谱曲线、波谱库之间建立了联系。它基于 Focus 中的分类工具,并且使用一个新的高光谱元数据层。

#### 6. 1 波谱信息提取初始化

本节课中您将学到:

- 对高光谱元数据进行匹配
- 创建感兴趣区(ROI)

Spectra Extraction 窗口总是和元数据配置中指定的感兴趣区的通道相联系,它具有一个用来显示从影像中选择的像素产生的感兴趣区的表格,用于产生终端单元或者样本曲线。

#### 对高光谱数据进行配置:

1. 在 Focus 工具条中,打开 Analysis 菜单,选择 Spectra Extraction(波谱信息提取); Spectra Extraction configuration 窗口被打开。
2. 单击 Browse;  
选择一个输入文件,文件选择窗口被打开。
3. 从 Hyper\_Data 文件夹中选择 Cuperfl. Pix;  
输入的影像出现在 Input area of the spectra Extraction 窗口中。
4. 确定使用 NewLayer(新层)作为 Region of Interest Channel(感兴趣区层):
5. 当完成 Spectra Extraction Configuration 窗口参数设定后,单击 Accept。

高光谱元数据层在地图树中打开,感兴趣区通道加入到高光谱元数据层,而且在地图树中具有最高的优先权。

Spectra Extraction 窗口打开,现在已经对高光谱元数据层进行了配置,并且准备数字化感兴趣区。

### 目标区域数字化

在 Geomatica Focus 中,可以创建并且使用目标区域。一旦高光谱元数据层进行配置后, Spectra Extraction 窗口就会自动打开。目标区域通过在输入的高光谱影像中选择像素形成一个区域来定义。这通过利用 Geomatica Focus 中的影像编辑工具在 ROI 通道中数字化一个新的区域来实现。

创建一个新的区域:

在 Spectra Extraction 窗口中,从 Region 下拉菜单中选择 New。ROI 区域在编辑表中作为一个单元出现,可以通过单击这个单元表并输入一个名字为这个区域命名。下面,将利用 Focus 编辑工具在 Focus 工作区中的参考影像中数字化目标区域。

数字化一个新的目标区域：

1. 确保在 Spectra Extraction 窗口中 Region\_01 被选中；
2. 在 Focus 窗口的 Editing Toolbar 中，单击 New Shape 命令右边的箭头；
3. 从下拉菜单中选择 Polygon；

现在准备在工作区中的参考影像中画感兴趣区。

4. 在 Focus 的工作区中，用鼠标数字化多边形边界线；
5. 双击完成并关闭多边形。

训练区边界线中的区域用颜色填充。

编辑感兴趣区层，将区域的值分配给 ROI 通道中的所有的像素。

在影像中确定其它的区域样点与 Region\_01 创建的多边形具有相同的地物类型。作为训练区的区域越多，分类的准确度就越高。

重复步骤 1—5，产生 2—3 个或者更多的区域，尝试为每一个新的区域选择尽量多的地区。

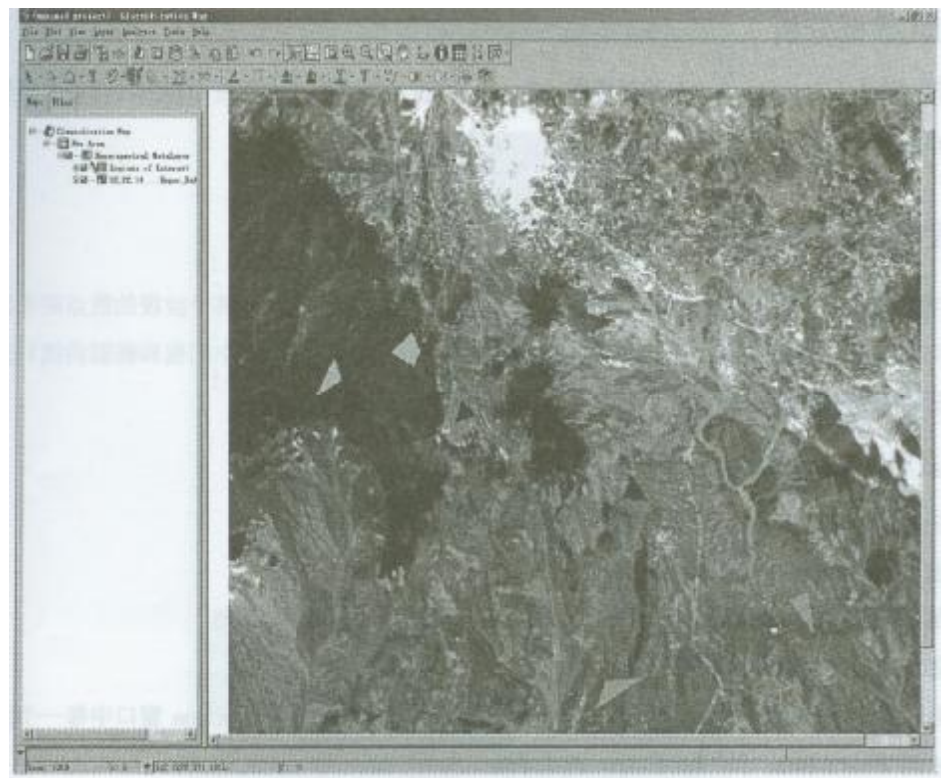


图 6. 1 Focus 窗口中具有三个 ROI

擦除目标区域：

1. 在 Focus 窗口的 Editing Toolbar 中，单击 Raster Erase 命令右边的箭头；
2. 从下拉列表中选择 Erase Polygon；
3. 用鼠标跟踪要从影像上擦除的区域；
4. 双击擦除。

当对目标区域的所有编辑都完成，并且任何需要的波谱信号都已经收集并存储后，通过在地图树中的 Metalayer 右键单击，并且选择 Remove，可以关闭 Metalayer。

本节课小结：

- 对高光谱元数据进行匹配
- 创建感兴趣区(ROI)

## 6. 2 使用散点图和波谱曲线

本节课中您将学到:

- 用散点图(Scatter plot)观察感兴趣区
- 在波谱图(Spectral plot)窗口中检查波谱曲线
- 将波谱曲线存为库文件

### 训练区数据分析

散点图(scatter plot)和波谱图(Spectral plot)两者都是检查波谱曲线和分类类别分离度的工具。

### 在散点图(Scatter plot)中查看训练区

当在影像中数字化感兴趣区时,可能希望看到相应的像素在一两个波段的散点图中显示。可以运用 Spectra Extraction 窗口中的 Plot Mean and Ellipses(中间值和椭圆曲线)选项,评价感兴趣区的分离度,而且可以提纯并且编辑这些地区。

在散点图(Scatter plot)窗口中观看 ROI:

1. 在 Spectra Extraction 窗口中单击 Tools 菜单,选择 Scatter Plot;  
打开 Hyperspectral scatter plot 窗口。
  2. 在 Control Area,将 X-Axis 改为通道 70,将 Y-Axis 改为通道 195;  
散点图在显示过程中被更新。
  3. 为了给每一个感兴趣区绘制平均值和椭圆曲线,在 Spectra Extraction 窗口中每一个区域的 Plot Mean 和 Plot Ellipse 列中单击;
  4. 平均值曲线和椭圆曲线在 Scatter plot 窗口中绘制:
- 提示:**为了看见散点图全貌,在 Scatter plot 窗口的图表内部右键单击,从快捷菜单中选择 Zoom In,也可以用鼠标区定义或者移动一个区域。
5. 将 Sample 从 Entire File 改为 Selected Classes。

这将在 Spectra Extraction 窗口中利用包含在当前选择区域的像素来显示散点图。

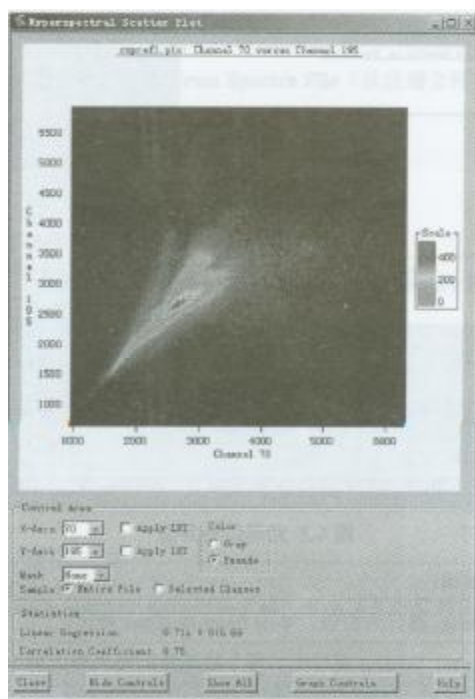


图 6.2 高光谱散点图

下面将利用波谱图（Spectral plot）工具检查感兴趣区。

## 绘制波谱特征

当数字化感兴趣区时，可能希望看到在波谱图中显示的像素的相应的平均波谱曲线，这将允许将感兴趣区的波谱曲线和影像的波谱曲线或者波谱库曲线进行对比。

打开波谱图（Spectral plot）的窗口：

在 Spectra Extraction 窗口中的 Tools 菜单中单击，选择 Spectral Plot, 或者在存在的高光谱元数据上右击，选择 Spectral Plot。打开 Spectra Plotting 窗口。

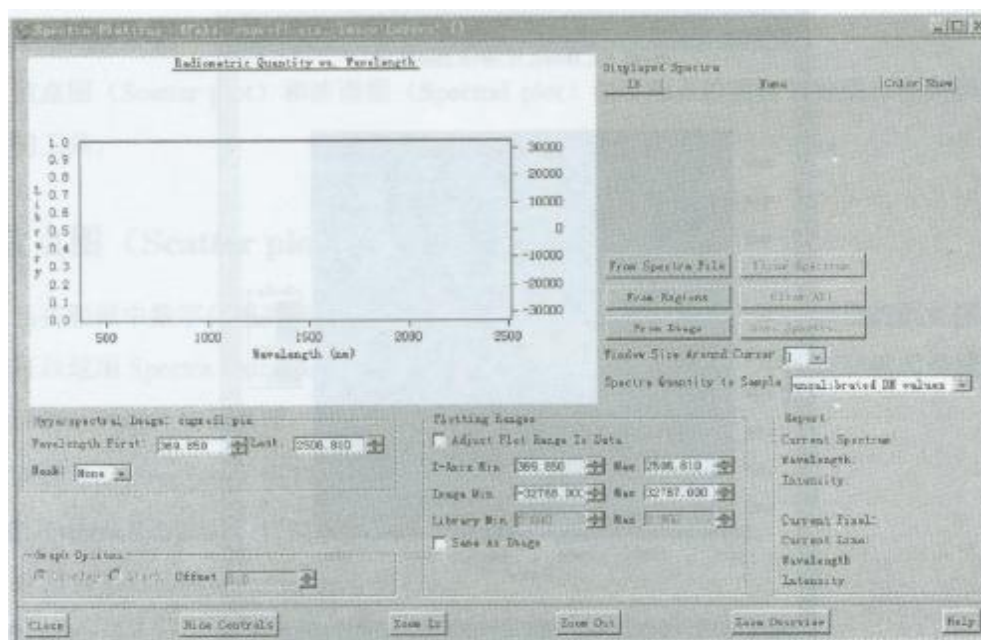


图 6.3 光谱绘制界面

### 查看感兴趣区的波谱曲线：

在 Spectra Plotting 窗口的右边，单击 From Regions 按钮。

在 Regions of Interest Editing 窗口中的每个被选择的感兴趣区的平均波谱曲线基于输入的高光谱元数据层的影像被计算，在 Spectral Plot 窗口显示并且加入波谱表中。

**提示：**为了查询波谱数据，左击并且按住鼠标，沿着 X 轴移动，会出现一条垂直的线，允许将当前选择的波谱和在当前坐标位置产生的波谱对比。

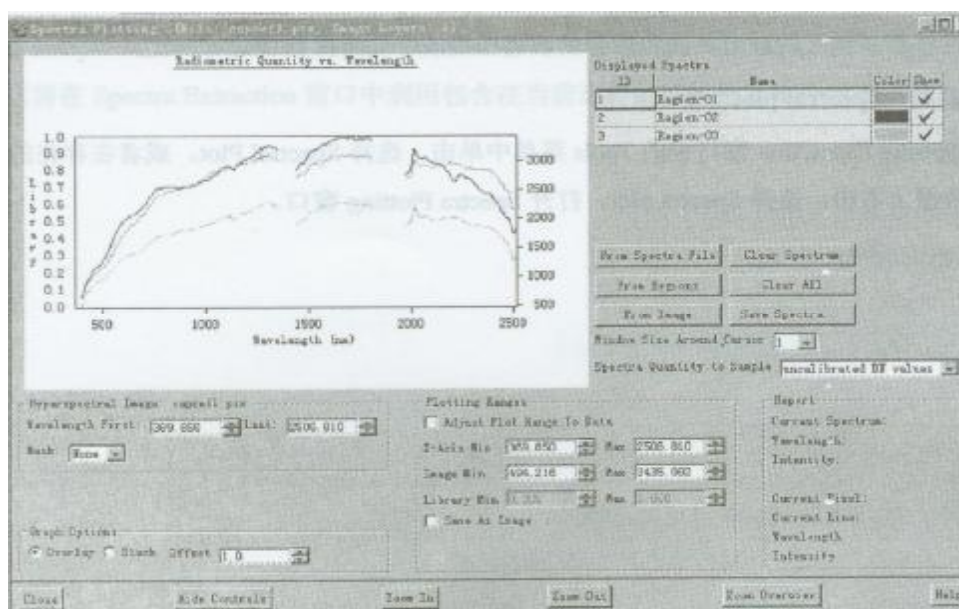


图 6.4 目标区域的光谱

### 从波谱库选择波谱曲线：

1. 在 Spectra Plotting 窗口中，单击 From Spectra File(从波谱文件中获得)；打开 Select Spectra From Library 窗口。
2. 单击 Browse 按钮；打开文件选择窗口。
3. 在 etc 文件夹中选择并且打开 splib04. spl 波谱库文件；包含在这个波谱库中的波谱曲线会在 Select Spectra from Library 窗口中显示出来。
4. 在列表中单击波谱曲线名称；
5. 单击 Add to Plot 按钮；选中的波谱曲线在 spectra plot 窗口显示并且加入到 Displayed Spectra 表中。
6. 在显示列上单击任意行。

这个控件控制检验标志的开和关。那些带有检验标志的将被显示，那些没有标志的不显示。

**提示**可以通过按下 SHIFT 和 CIRT 键在列表中单击来选择多个波谱曲线。



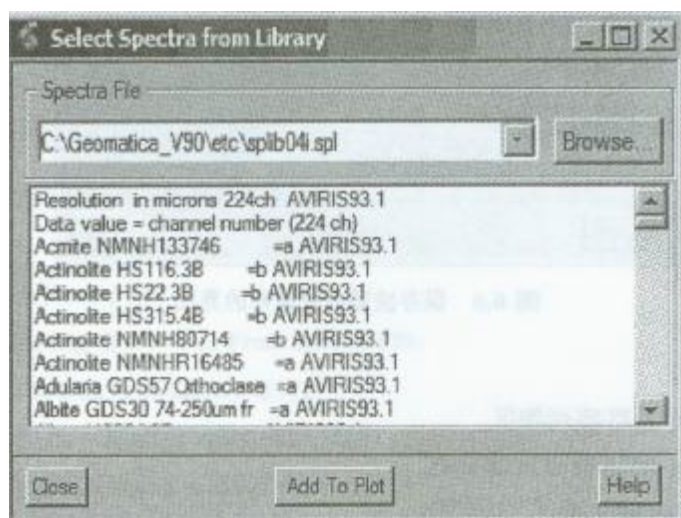


图 6. 5 从波谱库中选择波谱

一旦波谱曲线已经在 Spectral Plot 窗口打开，它们就可以被存储为一个波谱库文件。从 Spectra Extraction 窗口中，感兴趣区的波谱曲线也可以直接存储到一个波谱库文件中。

1. 在 Displayed Spectra 窗口中选择多个行，用 shift 进行一个范围的选择或者用 ctrl 单击 进行多个输入的选择；  
所有选择的行成为选中的波谱曲线并且在表中高亮度显示。
2. 单击 Save Spectra 按钮；  
打开 Save spectra to Library 窗口。
3. 单击 Browse；  
为波谱库文件输入一个文件名。
4. 在打开的文件选择窗口，定位到 Hyper\_data 文件夹，输入文件 ROISpectra.spl，并单击 Open；  
Save spectra 文件名在 Save Spectra to Library 窗口中得到更新。
5. 对于 Spectra to save 选项，选择 Save All；
6. 确保 Save ROIS to Bitmap Layers 被选择；  
对于所有输出的波谱曲线，如果有一个 ROI 位图存储在内存中，就会将其输出到一个选择的文件中的位图层。作为 ROI 源文件的影像文件是输出文件的默认文件。
7. 单击 Save。  
波谱曲线现在已经被存入文件。

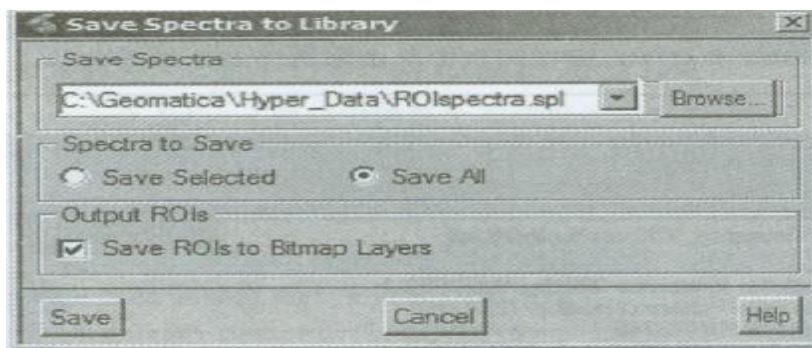


图 6. 6 保存波谱至波谱库的界面

本节课小结：

- 用 Scatter Plot 观察感兴趣区
- 在 Spectra Plot 窗口检查波谱曲线
- 将波谱曲线存为库文件

## 6. 3 影像的波谱角分类

在本节课中您将学到：

- 从波谱库中提取参考波谱曲线
- 基于参考波谱曲线对影像进行分类

### 波谱角分类

SAM 用于对高光谱影像数据进行分类，这种分类基于一套定义类别的参考光谱曲线。

SAM 计算输入影像的特定区域中每个矢量波段和输入的波谱库中读入的每个波谱曲线之间的角度(波谱曲线作为矢量波段目的是为了角度的计算)。参考波谱曲线如果与影像的波谱曲线有特别小的角度，那么这类波谱曲线就属于那个特定区域。分类通道可以为影像的每一个像素指出输入的参考波谱和最小的波谱角。

如果最小的波谱角比给定的域值大，那么像素就归为 NUt 工(0)类。

当影像主要是由单纯地形元素的像素组成时(也就是说当像素比较纯时)，波谱角分类比较有用。

当参考波谱曲线和影像的波谱曲线代表相同的物质数量和单位时，可以使用波谱角分类。这表明影像数据曾经被辐射校正为反射率图，并且参考波谱是由野外测量或实验室测量得到的反射波谱曲线。

参考波谱曲线可以是实验室测量或野外测量得到的波谱曲线，或者从影像提取出来的波谱曲线。

**提示：**SAM 可以处理由 VQUSOC 产生的向量定量化的影像数据。向量定量化的影像比相应的没有进行向量定量化的影像的处理过程要快 50 到 150 秒。

在这一节中，将利用从 AVIRIS 高光谱影像中获得的反射数据和一系列实验室测量得到的反射波谱曲线进行矿物分类。首先，确定 Cuprefl. pix 在 Focus 窗口中已经打开。

### 提取实验室测量的矿物的反射波谱曲线：

1. 在地图树中，在 Cuprefl. pix 文件上右击，选择 Spectra plot；  
打开 Spectra Plotting 窗口。

2. 在 Spectra Plotting 窗口，单击 From Spectra File；  
打开 Select Spectra From Library 窗口。

3. 选择 etc 文件夹，并且打开 splib04b. spl 文件；  
不同矿物类型的波谱记录在窗口中列出。

4. 用 Ctrl 键，选择在表 6. 1 列出的波谱；

5. 在窗口底部，单击 Add to Plot；

从 Splib04b. spl 中获得的 8 个参考波谱曲线在 Spectra Plotting 窗口中绘制

出来。

6. 单击 Save Spectra;
7. 将参考波谱以 SPCB 形式(USGS 的二进制形式)存为一个新文件, 命名为 Ref04b. spl;
8. 对于 Spectr to save 选项, 选择 Save. All:  
这就将 8 个选择的波谱存到一个新的波谱库文件中。
9. 在窗口底部单击 Save 按钮。

表 6. 1 矿物的参考波谱

Mineral Types
Alunite GDS83 Na63
Alunite GDS82 Na82
Dickite NMNH 106242
Halloysite NMNH 1 06237
Kaolinite CM9
Kaolinite KGa-2(pxyl)
MontmoriUonite Swy-1
MontmoriUonite SAz-1

### 定位吸收带波段宽度

无论对波谱进行可视化分析还是自动分析, 通常只对波谱曲线的特定区域, 而不是整个区域感兴趣。感兴趣区就是那些对应于能量吸收带, 在波谱曲线上突然出现缺失或尖峰的地方, 在这些吸收带或波段内进行对比。例如, 波谱角分类在一个用户定义的波段范围内进行信息的对比, 这个波段范围基于吸收特征进行定位。吸收波段可以用 Spectra Plotting 工具确定, 在那里吸收特征可以很容易地被观察到, 并且它们的边界也很容易确定。

在这个例子中, 将分类仅限于涉及参考波谱中包含吸收特征的波段范围内。在 Spectra Plotting 窗口中绘制的参考波谱显示它的范围为 800 到 2500 纳米。现在将运用刚才创建的参考波谱文件对 Cuprefl. pix 进行分类。

### 建立并且运行 SAM:

1. 从算法库中打开 SAM;  
SAM Module Control Panel(SAM 模块控制面板)窗口打开;
2. 在 Input Channels(输入通道)选项中, 从 Cuprefl. pix 文件中选择所有的影像通道;
3. 在 OutpUtPorts(输出端口)窗口中, 确保 Viewer 选项被选择;
4. 为了存储 Output Channels, 在 Hyper\_Data 文件夹中创建一个新的文件, 命名为 sam\_spec\_angle. pix, 这个文件将用于存储各类波谱角;
5. 为了存储 Output Classification Channel, 在 Hyper\_Data 文件夹中创建一个新的文件, 命名为 Sam\_classn. Pix;  
这个文件将用于存储分类结果。

提示:如果在 Untitled. pix 上右键单击, 将浏览并选择一个路径和文件名作为输出文件。

6. 在 Input Params1 中, 选择 Ref04b. spl 作为波谱库文件;  
这是包含参考曲线的输入波谱库文件。
7. 对于 Spectral Angle Threshold(in degrees)选项, 选择 5;  
这表明如果所有的波谱角超过 5 度, 那么这些像素就归为 0 类。
8. 在 Wavelength Interval 一项上, 输入 800, 2500;  
所选择的输入通道将限制在参考波谱中包含吸收特征的波长范围, 本例中的波长范围位于 800 到 2500 纳米之间。
9. 在 Valid Bands only 参数上选择 YES:
10. 在 Report Mode(报告模式)旁边的下拉菜单中选择 SAM • aPT;
11. 单击 Run。  
开始进行波谱角分类。

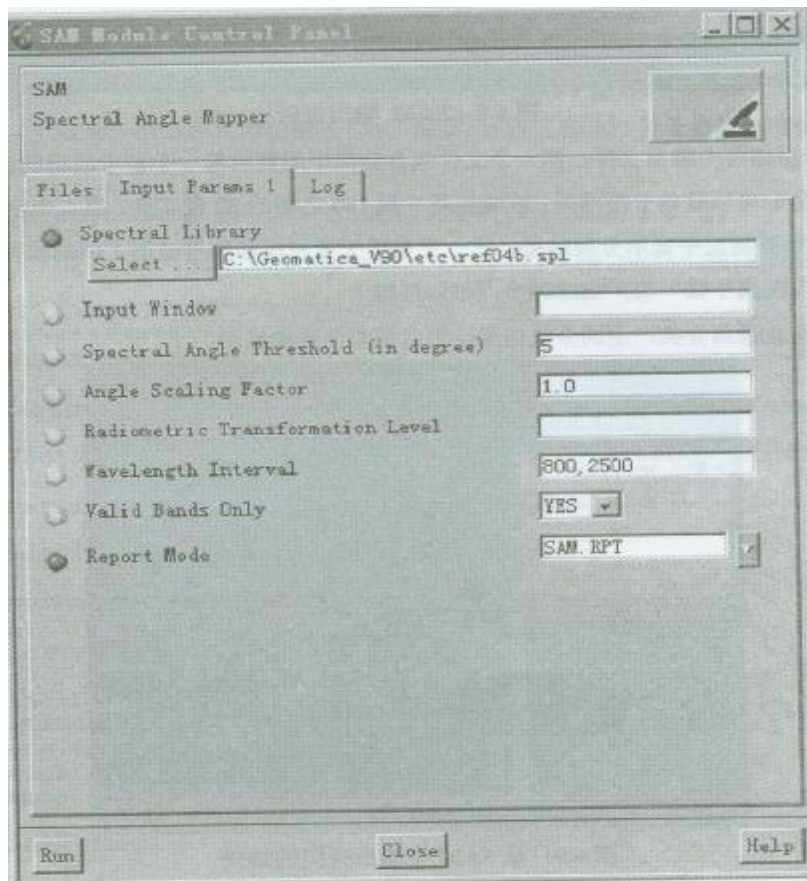


图 6. 7 输入 SAM 的参数

SAM 创建如下的 SAM.RPT 输出报告, 在 Module Control 窗口的 Log 控件上显示:

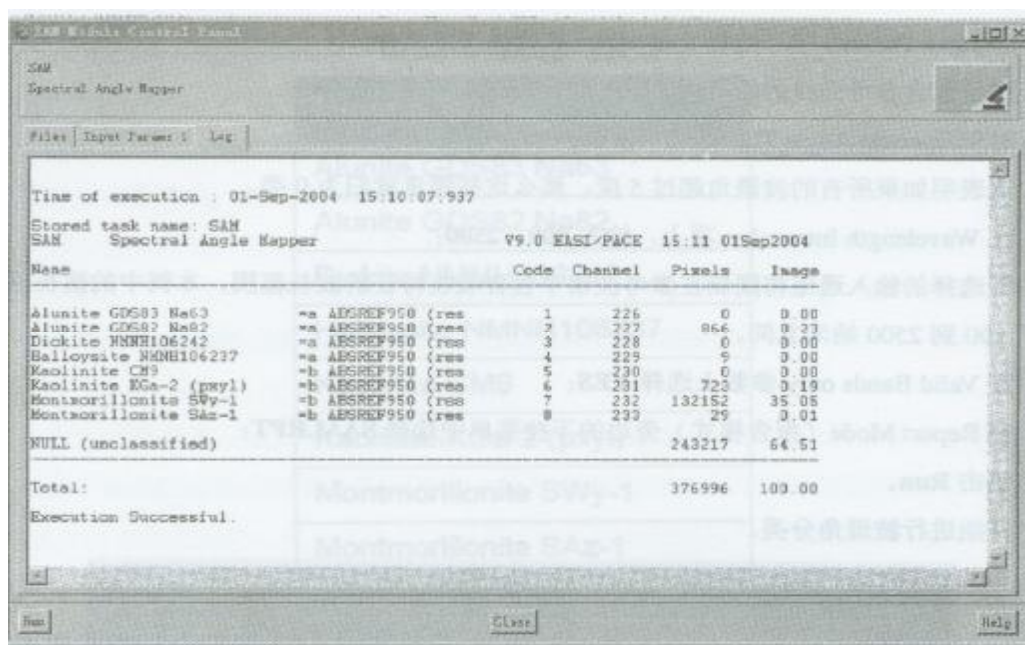


图 6. 8 SAM 输出报告

SAM 创建两个输出文件，第一个文件包含分类中用到的每一个参考波谱的波谱角度，从这个数据中可以获得分类结果：波谱角是 0 到 180 之间的 32 位实数。第二个输出文件在 16 位无符号栅格层中显示分类结果。这一层基于矢量波段和参考波谱之间的波谱相似性，显示像素到底属于哪一类：角度越小，相似性越大。

下图是波谱角分类产生的分类结果，它以假彩色影像显示。

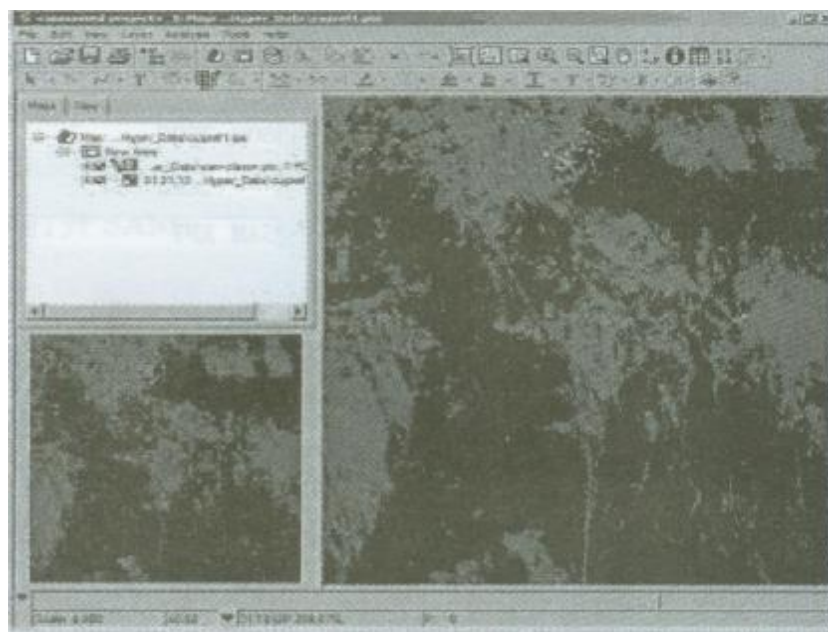


图 6. 9 从 SAM 中输出分类的结果

### 本节课小结

- 从波谱库中提取参考波谱曲线
- 基于参考波谱曲线对影像进行分类



## 附录 A 影像的元数据支持

下面的 PACE 项提供元数据输入和输出功能:

- **METAIN:** 从一个 XML 文档中输入影像元数据。
- **METAOUT:** 将影像元数据输出为一个 XML 文档。

METAIN 从一个扩展名为 .xml 的文件中读出影像元数据, 并且将它们写成一个可识别的 GDB 文件, 这个 GDB 文件的格式必须是文件所支持的内部形式(目前, METAIN 只能将元数据写成 PCIDSK 文件形式 METAOUT 从可识别的 GDB 文件中读取影像的元数据, 将它们写成一个扩展名为 .xml 的文件, 重新形成一个 XML 文档(在目前, METAOUT 只能从 PCIDSK 文件中读元数据)。

在 Geomatica 中, 影像元数据的标准外部形式是一个包含在以 .xml 为扩展名的文本文件中的 XML 文档, 这种文档对于存储在 \$PCIHOM / etc / PCIImageMetadata. xsd 中的图表来说是有效的, 下边是一个这种文档的例子(为了简洁, 波段 3 和 127 的元数据被省略掉了)。

```
<?xml version= "1. 0" ?>
<PCI-ImageMetadata xmlns= "http: //www. Pci-imeta. org"
  xmlns: xsi= "http: //www. w3. org / 2001/XMLSchema-instance"
  xsi: schemaLocation= "http: //www. Pci-imeta. org
    PCIImageMetadata. xsd" >

<!-- ***** -->.
<!--global metadata-->
<DatasetDescription>Reformatted from Free AVIRIS Standard Data
Product
  f970619t01p02_ r02. tar. gz(Cuprite)< / DatasetDescription>
<NumberOfBands>224< / NumberOfBands>
<NumberOfRadTans>1< / NumberOfRadTans>
<SensorModelName>AVIRIS-1 997< / SensorModelName>
<SensorType>whiskbroom< / SensorType>
<NominalLocation>
  <Latitude>37. 70259< / Latitude>
  <Longitude>-117. 20816< / Longitude>
  (Height>21036< / Height>C>
< / NominalLocation>
<NominalTime>
  <Year>1 997< / Year>
  <Month>06< / Month>
  <Day>19< / Day>
  <Hour>20< / Hour>
< / NominalTime>
<NominalHeading>179. 8< / NominalHeading>
<ForeAftTilt>0< / ForeAftTilt >
<FieldOfView>
  <Left>15< / Left>
```

```

    <Right>15< / Right>
< / FieldOfView>
<!--*****-->
<!--band-pecific metadata-->
<Band>
  <storagechannel>1< / StorageChannel>
  <ID>1<ID>
  <Quality>plot< / <Quality >
  <ResponseProfile>
    <Type>gaussian< / Type>
    <Centre>369. 85</Centre>
    <FWHM>9.61< / FWHM>
  < / ResponseProfile>
  <RadiometricTrans>
    <Index>1<Index>
    <Quantity>apprad< / Quantity>
    <Gain>0. 0020< / Gain>
    <offset>0< / offset>
  <RadiometticTrans>
</Band>

<Band>
  <StorageChannel>2<StorageChannel>
  <ID>2< / ID>
  <Quality>plot< / Quality>
  <ResponseProfile>
    <Type>gaussian< / Type>
    <Centre>379. 6 9< / Centre>
    <FWHM>9. 58< / FWHM>
  < / ResponseProfile>
  <RadiometricTrans>
    <Index>1< / Index>
    <Quantity>apprad</Quantity>
    <Gain>0.0020< / Gain>
    <offset>0</offset>
  < / RediometricTrans>
< / Band>

...
<Band>
  <StorageChannel>22 4< / StorageChannel>
  <ID>224< / ID>
  <Quality>plot< / Quality>
  < ResponseProfile >
  <Type>qaussian< / Type>

```

```

<Centre>2506. 81< / Centre>
<FWHM>10. 03< / FWHM>
< / ResponseProfile >
<RadiometricTrans>
<Index>l</Index>
<Quantity>apprad< / Quantity>
<Gain>0. 0010<Gain>
<Offset>0< / offset>
< / RadiometricTrans>
< / Band>
< / PCI-ImageMetadata>

```

XML 文档的文件必须与 GDB 文件存放在同一路径下,且必须有相同的文件名。XML 文档的文件必须以 .xml 为扩展名。

METAIN 要求 XML 文档的图表存储在 \$PCIMOME\etc\PCIImageMetadata. xsd 文件中。

**注释：**包含在 METAIN 中的 .xml 文档不接受小数点后的 0 值，所以虽然“0”可以被接受，但是“0. 0”，“0. 00”等不可接受。

## 波段属性

波段属性的概念是由加拿大遥感影像波谱数据分析系统中心提出的,对于每个波段的波段属性值可以通过特定波段从绘制波谱图中去除或从处理过程中去除。

波段中具有绘制的波谱曲线或掩膜的属性值是很正常的,在某种意义上,它们的值不应该从基于噪声内容的波谱曲线的绘制和处理过程中去掉。然而,使用者可能仍要在处理过程中通过在参数中设定存储的波段或波长间隔限制来去掉这些波段。

如果使用者在参数设置中说明在处理过程中会去掉具有跳跃或掩膜属性值的波段,那么只有有效波段会被处理。另外,这些波段的值不会做标记。若在跳过的波段范围或者在遮盖的波长范围内具有间断时,波谱曲线用线性插入值来绘制(以作为支撑的有效波段为基础)。

具有掩膜属性值的波段通常都会从数据中去掉。开始掩膜的属性值可能会被归入一个有效的波段,它会立即产生一个掩膜波段,当掩膜波段被去掉时,留下来的开始掩膜的波段是去掉一些波段的。

在元数据中给出了波段的三个参数,它们分别为类型;以纳米为中心波长值;以纳米为单位的 FWHM。先进的高光谱指令序列在波谱重采样时用相应的波段面。

辐射转换序列由一系列的一个或多个(数量,增益,偏移量)三个一组的参数组成,数量值表示在序列中转换值输出的地点的物质类型,adj\_no\_unit 表示适应但没有物质单元,apprad 表示辐射率,scirrad 表示景物的照射率,refl 表示反射率。

有关影像的行和列的大小,像素值的数据类型及插入的空白页的元数据都存在于包含影像的 PCIDSK 文件的头文件中。

## 附录 B 波谱数据的处理方式

许多高光谱数据的处理和分析工作需要使用在实验室或者在野外实地测量得到的反射波谱。在 Geomatica 中, 支持包括 GDB 技术在内的反射波谱的输入输出。反射波谱可以从 USGS 的“specpr”形式的二进制文件、ISDAS(加拿大遥感影像波谱数据分析系统中心)的波谱文件和 Excel 的 .xml 文件中直接读入到高级的光谱程序包中。从影像数据中输入或获得的波谱数据可以被写为 specpr 文件或 Excel 表文件。

下面的 PACE 程序具有许多不同的波谱数据处理能力:

- 12SP: 从影像中获取波谱数据
- SPCONVP: 用波段特征曲线剖面旋转波谱曲线
- SP2SP: 重新生成一套波谱曲线

12SP 在被选影像的特定区域输出波段矢量作为影像的波谱曲线。影像的波谱可以被写成 GDB 支持的任何一种文件形式作为输出波谱的存储形式, 另外, 12SP 可以对多个影像的特定区域输出影像的平均波谱曲线, 影像的特定区域可以是一个矩形窗口内部的影像, 也可以是位图中的 1 值元素(如由 FITLOC 生成的位图)。

从实验室或野外获得的反射波谱通常不具有和辐射影像的样本波段(它的数据被用来做分析)相匹配的样本波段。用来读入波谱和处理影像数据的高级高光谱程序包能够对输入的波谱进行重采样, 以和影像数据样本波段相匹配。包含波段剖面影像的元数据也可用于此操作。利用 Pace 应用程序 SPCONVP, 波谱也能够被重采样并且将其结果存入一个文件中。

SPCONVP 对于那些指定数据, 如果它们具有相同的样本波段, 可对其重采样, 这通过利用数据的波段特征曲线剖面旋转波谱曲线来实现。原始的波谱可能是从 GDB 支持的任何一种格式的文件中读取的输入波谱, 重采样后的波谱可以以 GDB 支持的任何一种形式的文件作为输出波谱。用来读取波谱并用来进行影像处理或分析工作的所有高级高光谱程序包, 当波谱数据输入后, 如果有必要, 可以进行和 SPCONVP 一样的重采样。在许多操作中都会用到大量的波谱数据, 利用 SPCONVP 对大量波谱重采样会为这些操作减少计算所需要的时间。

SP2SP 具有重新生成的功能, 它从 GDB 支持的任何一种文件中读取波谱曲线作为输入波谱, 并且将它们写入 GDB 支持的任何一种文件中作为输出波谱。

### 利用波谱库进行工作

波谱库文件是包括代表许多矿物质, 植物或各色各样物质在内的一系列高光谱信号的记录, 当然, 一个库文件也可能包含另外一些非光谱记录。这些非光谱记录包括波长、分辨率和误差等一些有用的信息。另外, 波谱库中具有文字记录, 用来存储库文件中数据的重要细节。

### 波谱库的用途

为了确定高光谱影像像素所代表的真正地物的身份, 必须知道地物元素在波谱上看起来像什么。通过实践, 有经验的解译者能够识别那些特征很重要的波谱曲线。但是, 初学解译者必须依赖事先存在的波谱解译标志或者波谱库进行解译。波谱库包含大量地表类型的波谱数据, 它们为计算机或者解译者提供了指导, 以便在一幅影像中正确识别地物特征。解译者选择的库的例子应该和正在研究的影像中所表现的特征和条件相类似。

## USGS 波谱库文件

USGS 波谱库文件 splib04a 和 splob04b 被存储在\SPCIHOME\etc 路径下。Splib04a 中的波谱曲线是在 200 到 3000 纳米之间取样得到的。这些波谱曲线是在实验室获得的，代表数百种不同矿物和一小部分植物的类型。

Splib04b 的波谱是通过对 splib04a 中的波谱进行插值获得的，用来增加样本波段的密度，splib04b 中波谱具有大量的波段，对传感器侧面成像的重采样更加准确。在这种情况下，splib04a 中的波谱在一些感应波段范围内可能没有样本波段。

USGS 波谱库文件，SPECPR 软件和使用手册可以从 <http://speclab.cr.usgs.gov> 网站获得。

## 波谱的输入与输出

当波谱从一个 specpr, ISDAS 文件或 Excel 文件中读入时被转化成可以被高级高光谱程序包所处理的常见的内部表格形式。这种表格形式由一系列用于数据处理的可识别的和不可识别的域组成，所以它们可以用来输出。

下面这些域是可以识别的：

- Target: 目标景物的名称
- Quantity: 辐射数量，由波谱测量值代表
- Source\_File: 获取影像波谱的文件，文件中包含影像数据，从中可以提取波谱
- ROI\_File: 文件中包含影像的感兴趣区，从中可以提取波谱曲线
- ROI: 感兴趣区的栅格区域，从中提取波谱曲线
- m###\_###: 作为一个功能波段的测量值，单位纳米。这里###\_###为波段的测量长度，“\_”代表小数点。
- q###\_###: 质量，这里###\_###为波段的属性值，“\_”代表小数点。对于每一个样本波段，都会有一个 m###\_###和一个 q###\_###域。

属性域的值可能是 uncal（非标定或校准的计量单位，或未转变的原始数据值），adj\_no\_units, apprad, scrad, scirrad, 和 refl 中的一种，除了 uncal，其他值同样可以在影像元数据的辐射量中使用。

q###\_###域的值可能是 Plot, bmask, mask 和 skip 中的一种，值同样可以用于影像元数据中的波段数量。

如果输入波谱不包括定量信息，那么就会为每一个 m###\_###域创建一个 q###\_###域，并用绘制的图来评价。Source\_File, ROI\_File 和 ROI 域是可选的，只用于从影像中获得波谱曲线。