

中国地质大学(武汉)实验教学系列教材
中国地质大学(武汉)实验技术研究项目资助

资源遥感实验

ZIYUAN YAOGAN SHIYAN

夏庆霖
陈建国
张振飞
徐元进

◎ 编



中国地质大学出版社
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

中国地质大学(武汉)实验教学系列教材
中国地质大学(武汉)实验技术研究项目资助

资源遥感实验

夏庆霖 陈建国 张振飞 徐元进 编



中国地质大学出版社
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

图书在版编目 (CIP) 数据

资源遥感实验/夏庆霖, 陈建国, 张振飞, 徐元进编. —武汉: 中国地质大学出版社, 2009. 6
[中国地质大学(武汉)实验教学系列教材]

ISBN 978-7-5625-2360-4

- I. 资…
II. ①夏…②陈…③张…④徐…
III. 国土资源-资源遥感-高等学校-教材
IV. F129.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 094967 号

资源遥感实验

夏庆霖 陈建国 张振飞 徐元进 编

责任编辑: 陈 琪

责任校对: 林 泉

出版发行: 中国地质大学出版社 (武汉市洪山区鲁磨路 388 号)

邮编: 430074

电话: (027) 67883511 传真: 67883580

E-mail: cbb@cug.edu.cn

经销: 全国新华书店

http://www.cugp.cn

开本: 787mm×1092mm 1/16

字数: 141 千字 印张: 5.5

版次: 2009 年 6 月第 1 版

印数: 2009 年 6 月第 1 次印刷

印刷: 荆州市鸿盛印务有限公司

印数: 1—1 000 册

ISBN 978-7-5625-2360-4

定价: 12.00 元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

中国地质大学（武汉）实验教学系列教材

编委会名单

主任：成金华

副主任：向东 杨伦

编委会成员：（以姓氏笔划排序）

王广君	王莉	李珍	李鹏飞	陈凤
吴立	杨坤光	卓成刚	周顺平	饶建华
段平忠	胡祥云	夏庆霖	梁杏	梁志
程永进	董范	曾健友	薛秦芳	戴光明

选题策划：

梁志 毕克成 郭金楠 赵颖弘 王凤林

前 言

《资源遥感实验》旨在巩固遥感理论知识，培养学生应用现代遥感技术解决矿产资源勘查、土地利用等实际问题的能力和实践创新能力。

《资源遥感实验》要求学生从较容易掌握的 ER Mapper 软件入手，通过反复训练达到对其他遥感软件触类旁通的效果；从了解较常用的遥感影像数据的特征入手，逐步掌握遥感数据的处理（遥感影像合成、图像几何校正、数字增强、滤波变换、公式计算、数据融合、图像分类、图像镶嵌和三维显示等）、分析和综合解译的各项技能；从认知性、操作性实验入手，逐步培养实验动手能力，解决实际问题的能力和研究创新能力。在后阶段还特意安排了一次课程设计，需要结合专业实际，综合运用前阶段所学各种技能，并开展专题性研究。

《资源遥感实验》是中国地质大学（武汉）实验教学系列教材之一，同时也是固体矿产勘查实验教学示范中心的规划教材，受到中国地质大学（武汉）实验技术研究项目和资源学院的共同资助，

是夏庆霖、陈建国、张振飞和徐元进等教师在多年资源遥感实验教学经验积累的基础上共同编写完成的，全书最后由夏庆霖统一定稿。

由于编者水平所限，书中一些内容尚存在缺点和不足，诚望读者批评指正。

编 者

2008 年 12 月

目 录

实验一 遥感影像数据与遥感软件	(1)
实验二 遥感数据读入与几何校正	(11)
实验三 数字增强与滤波变换	(20)
实验四 公式变换与数据融合	(25)
实验五 图像镶嵌与地理关联	(30)
实验六 图像分类、三维显示与制图	(34)
实验七 TM 图像地质综合解译	(43)
附录一 ER Mapper 工具条介绍	(45)
附录二 地质综合解译内容与标志	(63)
I 岩性识别	(63)
II 构造解译	(67)
III 遥感地质异常	(77)
附录三 全国 Landsat-7 卫星轨道覆盖图	(79)
参考文献	(80)

实验一 遥感影像数据与遥感软件

I 实验目的

- (1) 认识 ER Mapper 的用户界面;
- (2) 了解 ER Mapper 图像处理过程的特点;
- (3) 了解 TM、SPOT 等遥感图像特征;
- (4) 学会使用和管理栅格数据层;
- (5) 了解图像数据值的常用表示方法, 学会使用 ER Mapper 查看图像数据。

II 背景知识与实验原理

一、常用遥感软件简介

1. 现代遥感软件的通用功能

(1) 数据输入输出功能——包括各种常用数据格式的输入输出, 各系统之间的数据转换等。

(2) 人-机交互分析——在图像处理过程中实现人对处理过程、方法、结果的一种干预和引导。

(3) 矢量数据的处理。

(4) 通用遥感图像处理——图像数据的预处理与辐射校正; 几何纠正与镶嵌; 图像滤波; 图像空间变换; 图像分类; 地图投影与制图。

(5) 高级遥感图像处理——高光谱遥感图像处理和波谱分析; 雷达数据处理; 三维可视化分析。

(6) 系统与管理。

(7) 开发工具。

2. PCI 软件

PCI 软件每个模块分别包含不同的内容, 且互相具有一定的重叠, 可以用不同的方法实

现同一个目标，界面清晰，运用了当前比较先进的算法。PCI 软件与其他遥感软件相比，较为突出的是 GCPworks 模块，图像镶嵌功能是目前图像处理软件中完成得最好的，用交互式在重叠区中选择拼接点，点数理论上不限制，可以是折线，弯曲度也不限制。“加权平均值方法”的灰度圆滑进一步提高了拼接质量。

3. ERDAS 软件

ERDAS 软件的矢量数据处理功能较强，而且和 Arc/info 软件有机结合，在实现矢量-栅格数据处理一体化方面功能较强，尤其可以直接处理 Arc/info 的 Coverage，利用遥感的现势性强的信息实时更新数据库，利用 GIS 的空间分析的方法和技术，实施遥感图像处理，有利于地学信息更新、遥感与 GIS 紧密结合。如美国加州的科研人员把两种软件结合，进行土地动态监测分类处理，分出了 21 类，经实地验证，准确率很高，而原来用单纯的监督分类技术，仅分出 9 类。

4. ENVI 软件

ENVI 软件俗称“工程师写的软件”，此软件界面友好、简单，可操作强，几乎不用特别的培训，有一定的专业知识和计算机操作技能就可以顺利地应用。由于它是建立在 IDL 语言平台上的，而 IDL 语言是一种面向用户、集成度非常高的开发环境，因此计算机程序设计就变得非常简单、高效。其负面效应是对内存、硬盘等计算机资源耗费很大，配置较低的机器相对于配置较高的机器运算时间明显较长。

5. ER Mapper 软件

ER Mapper 软件由澳大利亚 Earth Resource Mapping 公司研发，其独特性在于将图像的通用处理过程描述成一个对图像进行操作的算法，利用算法将数据与处理过程分离，实现时间换空间的策略，以保证原始数据的准确性、实时处理的灵活性和磁盘空间的节省；强大的信息集成功能提供了目前种类最多的文件格式支持，支持的打印设备种类也是目前最多的，与 GIS 动态连接，支持矢量编辑和地图投影工具，具有不同大地模型的直接转换功能。

二、重要概念

数据集 (Dataset): 一个数据集是指一幅数字图像的全部像素数据（有时还包括相关的矢量数据），如灰度数据、RGB 数据或 HIS 数据等。这里的“一幅数字图像”可以是原始的图像，也可以是经过任何处理的图像。栅格数据集文件的后缀为“ers”，矢量数据集文件的后缀为“erv”。

算法 (Algorithm): 一个算法是指一组图像处理步骤的有序集合以及这些步骤对数据集的引用，相当于“图像的处理流程”。算法文件的后缀为“alg”。

层 (Layer): 或称“数据层”，一幅图像由一个或多个数据层组成，不同的数据层在算法和数据方面相互独立。例如 RGB 图像一般有红、绿、蓝三层；三维立体图致少有两层，其中一层必为“高度”（或“亮度”等类似于“高度”的）层。对于镶嵌图像，一般每个层为一部分镶嵌块，不同层的次序决定该层数据的显示优先性，位于顶部的层最后显示，所以它可能盖住下面的层而使下面的层不显示。数据层的类型主要有光栅层和矢量层，其中，光栅层又可分为 Pseudo 层、Red 层、Green 层、Blue 层、Hue 层、Saturation 层、Intensity 层、

Height 层、Class Display 层和 Classification 层（表 1-1）；矢量层则可分为 Annotation 层、Region 层、ARC/INFO 层、Contours 层、Grid Datasource Points 层、Grid Datasource TIN 层、DXF 层、Simple Dataset Cell 层、Symbols 层等。

表 1-1 光栅数据层主要类型及功能

光栅层	功能	有效的彩色模型（Color Modes）
Pseudo	显示一个单独的光栅数据层，图像颜色从 Color Table 列表中选择	Pseudo
Red	显示红色通道的光栅数据	Red Green Blue
Green	显示绿色通道的光栅数据	Red Green Blue
Blue	显示蓝色通道的光栅数据	Red Green Blue
Hue	显示光栅数据，控制显示图像的色彩成分（如红、黄、绿等）	Hue Saturation Intensity
Saturation	显示光栅数据，控制显示图像的色彩纯度成分	Hue Saturation Intensity
Intensity	显示光栅数据，控制显示图像的亮度成分	all
Height	控制 3D 显示的高程值	all
Class Display	显示监督分类和非监督分类的光栅图像	all
Classification	显示彩色专题覆盖层	all

三、栅格数据特征与遥感数字影像

栅格数据是由一系列以矩阵方式排列的像元组成，这些像元具有一定的空间分辨率和空间结构特征。空间分辨率越高的栅格数据，其图像越清晰，数据量也越大。栅格数据与矢量数据在图形图像处理中较大的差别是：矢量数据无论放大多少倍，图形始终清晰，如一条矢量的黑线在放大 100 倍后依然是一条同样宽度的黑线；而栅格数据被放大到一定倍数后，则出现大量方块状色斑，图像变得模糊，即所谓栅格数据的“马赛克”效应，如一条栅格的黑线在放大 100 倍后就变成了一系列由灰色至黑色色斑组成的色带。

通常遥感数字影像是通过各种飞行平台搭载的传感器采集地物反射的不同波段的电磁波来还原地物的形态、色彩、成分、湿度等特征。提高遥感数字影像的空间分辨率和光谱分辨率是当前遥感硬件技术的两大发展趋势。随着遥感图像空间分辨率的不断提高，可以直接判别较小尺度的地物，如 Quick Bird 商业遥感数据的空间分辨率已达到 0.6m×0.6m。而随着遥感图像光谱分辨率的不断提高，直接识别矿物成分将成为可能，如美国制订的矿物填图计划所依托的 EO-2 星高光谱数据具有 225 个波段，其光谱分辨率达到纳米级。但不论怎样，任何遥感影像数据都需要通过灰度值（0~255）、色彩（Pseudo Color、RGB 或 HLS）等形式来合成图像。

遥感数字影像是以 2D 矩阵（像元）方式存储的，每个像元相当于地球表面上的一块面积，这些小方格称为栅格。遥感数字影像都是栅格数据。这些栅格水平排列的称为 lines (rows)，

垂直排列的称为 samples (columns), 每一个像素都以灰度值 (DN) 方式显示 (图 1-1)。

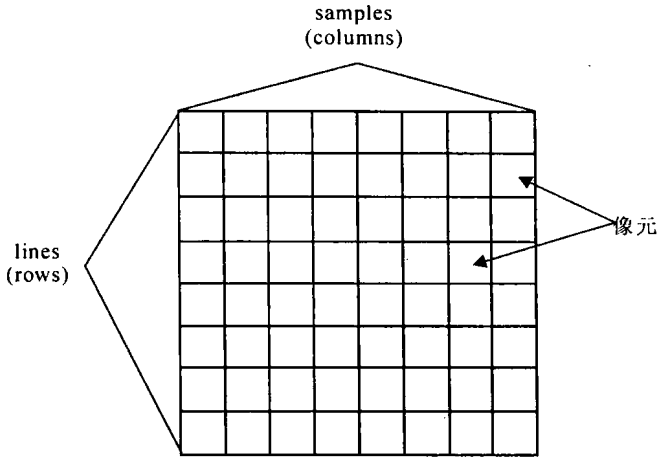


图 1-1 遥感数字影像数据结构示意图

1. TM 图像 (全国 Landsat-7 卫星轨道覆盖图详见附录三)

Landsat-7 TM 图像空间分辨率: 30m×30m / 像元 (1~5, 7 波段), 60m×60m / 像元 (6 波段), 15m×15m / 像元 (全色波段 PAN)。其主要图像特征及用途见表 1-2。

表 1-2 TM 图像特征及主要用途

波段	波长 (μm)	图像特征	主要用途
1	0.45~0.52	地物边缘轮廓较模糊	检测土壤和岩石含氧化铁、锰的状况
2	0.52~0.60	地貌及植被特征明显, 水体清晰	检测植被、岩石含氧化铁、氧化锰状况, 识别地质构造
3	0.63~0.69	对水体及湿地反映明显	植物分类、生长状况调查, 识别地质构造
4	0.76~0.90	立体感强, 细节清晰, 水体暗, 植被亮	圈绘水体边界, 检测岩石所含 Fe ³⁺ 、Cu ²⁺
5	1.55~1.75	水体暗, 植被亮, 反差大, 立体感强, 细节清晰	区分云、雪, 检测蚀变岩及非蚀变岩, 识别地质构造
6	10.4~12.5	热红外图像, 色调反映地物自身热辐射温度大小	检测水温、地热, 区分岩石类型, 探测隐伏构造
7	2.08~2.35	水体暗, 植被亮, 立体感强, 细节清晰	区分岩石类型, 检测热液蚀变带, 识别地质构造

2. SPOT 图像

SPOT 图像空间分辨率: 20m×20m / 像元 (1~4 波段), 10m×10m / 像元 (全色波段 PAN)。其主要图像特征及用途见表 1-3。

表 1-3 SPOT 图像特征及主要用途

波段	波长(μm)	图像特征	主要用途
1	0.50~0.59	具叶绿素反射曲线的次高峰(0.55 μm)；对水体有一定的穿透性	区分植物类型和评估作物长势；区分人造地物类型
2	0.61~0.68	叶绿素反射曲线低谷区；对城市道路、大型建筑工地反映明显	识别农作物类型；可用于地质解译，辨别石油带、岩石与矿物
3	0.79~0.89	叶绿素反射曲线的强反射区；水体边界清楚（水体为黑色）	检测作物长势，区分植物类型；探测土壤含水量
4	1.50~1.75	短波红外波段	探测植物含水量及土壤湿度，区分云与雪

四、实验原理

1. 电磁波特征

- (1) 波粒二象性。
- (2) 波长、波速、周期和频率。
- (3) 干涉、衍射、偏振和色散。
- (4) 电磁辐射、光化学作用和光电效应。

2. 电磁波谱

- (1) 波普分辨率。
- (2) 太阳辐射与大气窗口。

III 实验内容及基本步骤

一、基本操作

1. 了解用户界面和主工具条（附录一）

- (1) 运行 ER Mapper，试用各项最基本的菜单项或工具（图 1-2）。
- (2) 阅读 Help→Tutorial Mannual→ER Mapper image processing，了解其图像处理的特点。

2. 打开图像

- (1) 在主工具条 File 下拉菜单中选择 Open 命令，或单击工具条上的  按钮，在文件选择对话框（图 1-3）Directories 菜单中选择\examples\Shared_Data\Landsat_TM_year_1985.ers，按 OK 或 Apply 或鼠标双击该文件，将该图像载入到 RGB 彩色图层中。

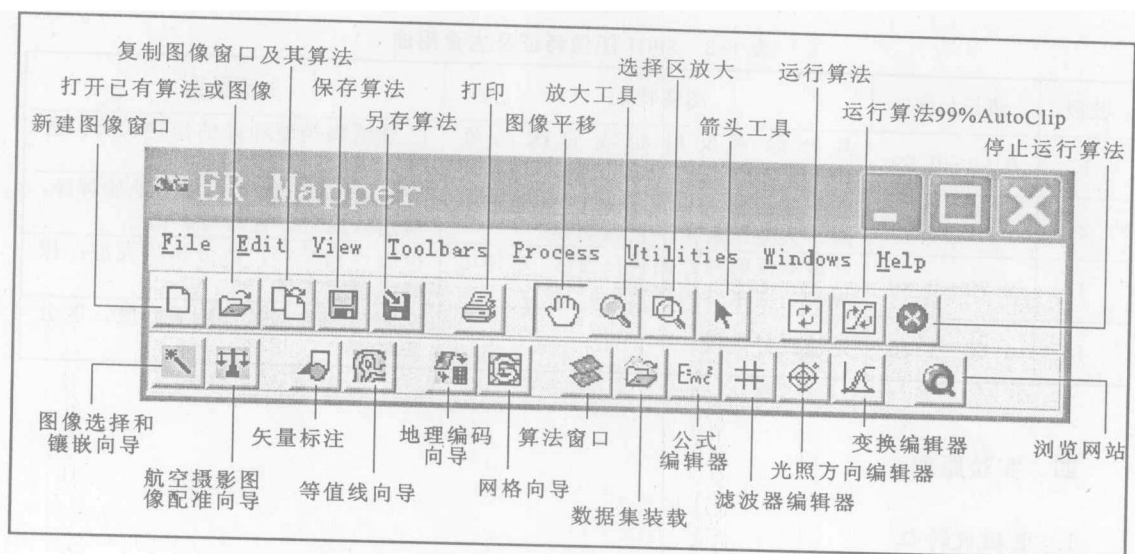


图 1-2 ER Mapper 7.0 用户界面和主工具条

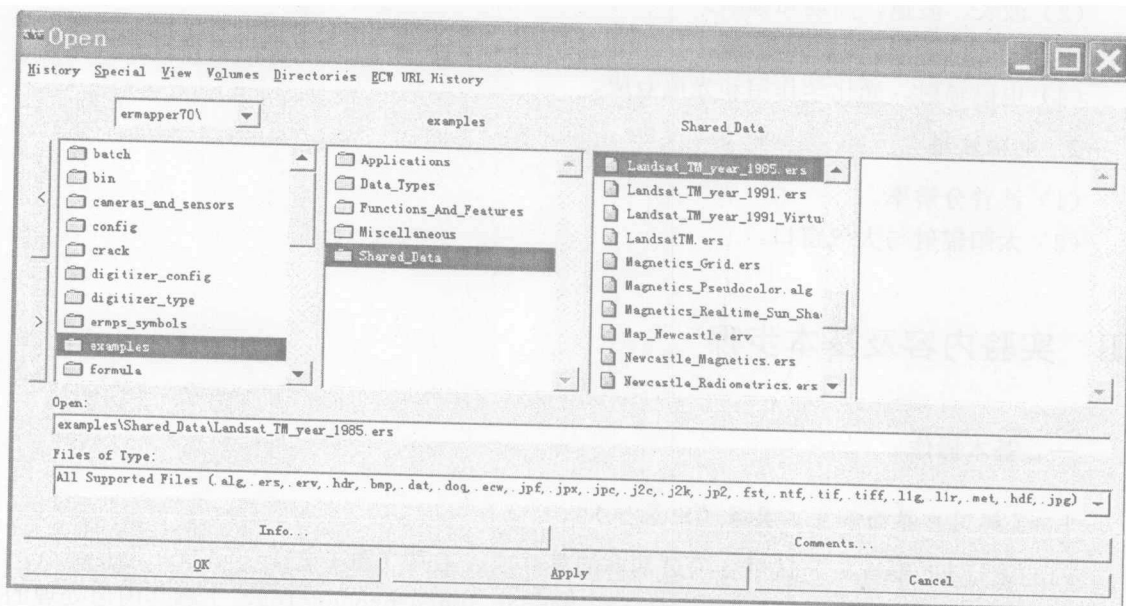


图 1-3 文件选择对话框

(2) 打开算法 (Algorithm) 对话框 (图 1-4), 在 Layer 菜单下, 试着调整红、绿、蓝各图层的波段组合, 即点击 **B1:0.485_um** 下拉菜单, 选择 TM 数据 1~7 个波段的不同组合, 如 321、541 等, 仔细观察后, 关闭该图像。

(3) 尝试另一种打开图像的方法, 在主工具条 File 下拉菜单中选择 New 命令, 或点击主菜单上的 **[New]** 按钮, 屏幕左上角出现空图像窗口。

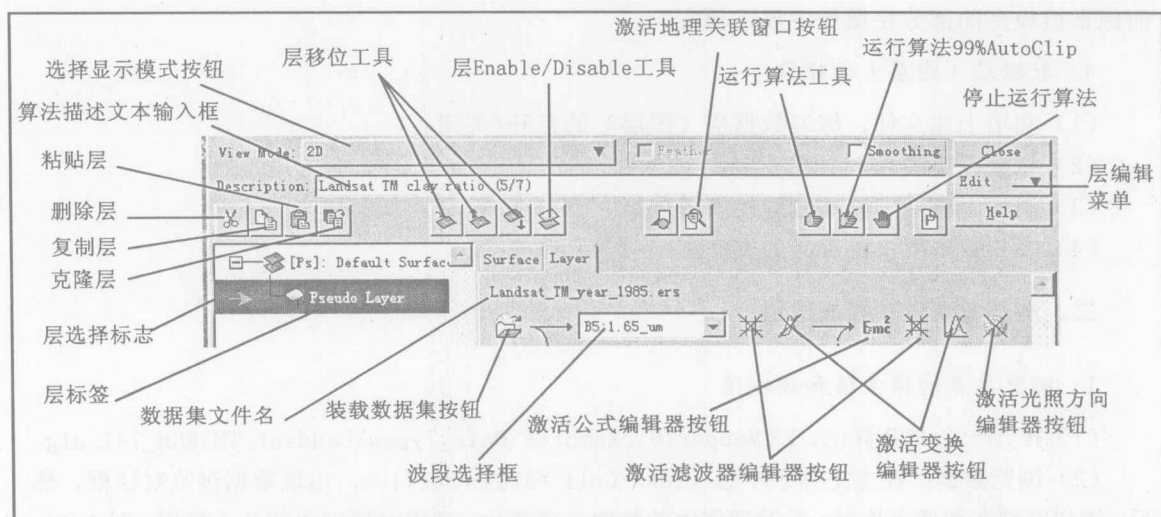


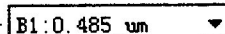
图 1-4 Algorithm 对话框

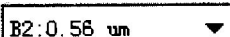
(4) 在 View 菜单下，选择 Algorithm 命令，或点击主菜单上的  按钮，打开算法对话框；当打开一个空文档时，在算法对话框左侧显示该算法以假彩色（Pseudo Color）方式显示，红色箭头表示该图层是活动图层。

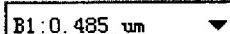
(5) 在算法窗口中点击 Load Dataset（载入数据集）按钮 ，出现栅格数据（Raster Dataset）文件选择对话框。

(6) 在文件选择对话框中选择上述该文件，将该图像载入到假彩色图层中。

3. 选择并显示图像不同波段

(1) 在算法窗口中点击  下拉菜单，出现波段列表。

(2) 点击波段标签 ，Landsat 波段 2 的图像显示在图像窗口中；在 Band Selection 下拉菜单中选择其他波段，则对应波段的列表出现在图像窗口中。

(3) 在 Band Selection 下拉菜单中重新选择波段标签 （注：操作失误时，停止按钮  或者 Esc 键是很有用的，点击刷新按钮  可以使处理过程继续进行）。

(4) 在算法窗口中点击 Surface 键，并选择其中的 Color Table 颜色列表按钮，在下拉菜单中出现一系列颜色查找表菜单。

(5) 点击名字为 Green 的颜色查找表：像素值较低的部分在图像中显示暗绿色，而像素值较高的部分在图像中显示亮绿色。

(6) 选择名字为 Brown_green 的颜色查找表：像素值较低的部分在图像中显示棕色，而像素值较高的部分在图像中显示绿色。

(7) 选择名字为 Grayscale 的颜色查找表：像素值较低的部分在图像中显示颜色较黑，

而像素值较高的部分在图像中显示较白。

4. 数据层（图层）的操作

- (1) 利用上述文件，练习数据层（图层）的打开/关闭。
- (2) 将数据集装入一层或多层。
- (3) 添加、删除、移动数据层（图层）。
- (4) 改变数据层（图层）的类型。

二、浏览像素值和领域值组

1. 浏览单点的像素值和领域值

- (1) 打开一个 RGB 算法：ER Mapper70\examples\Data_Types\Landsat_TM\RGB_741.alg。
- (2) 浏览数据：在主工具条中选 View→Cell Value Profiles，出现数据浏览对话框。然后，按住左键在图像上拖动，看对话框中的数据作何变化。试用对话框中的各个按钮（图 1-5）。

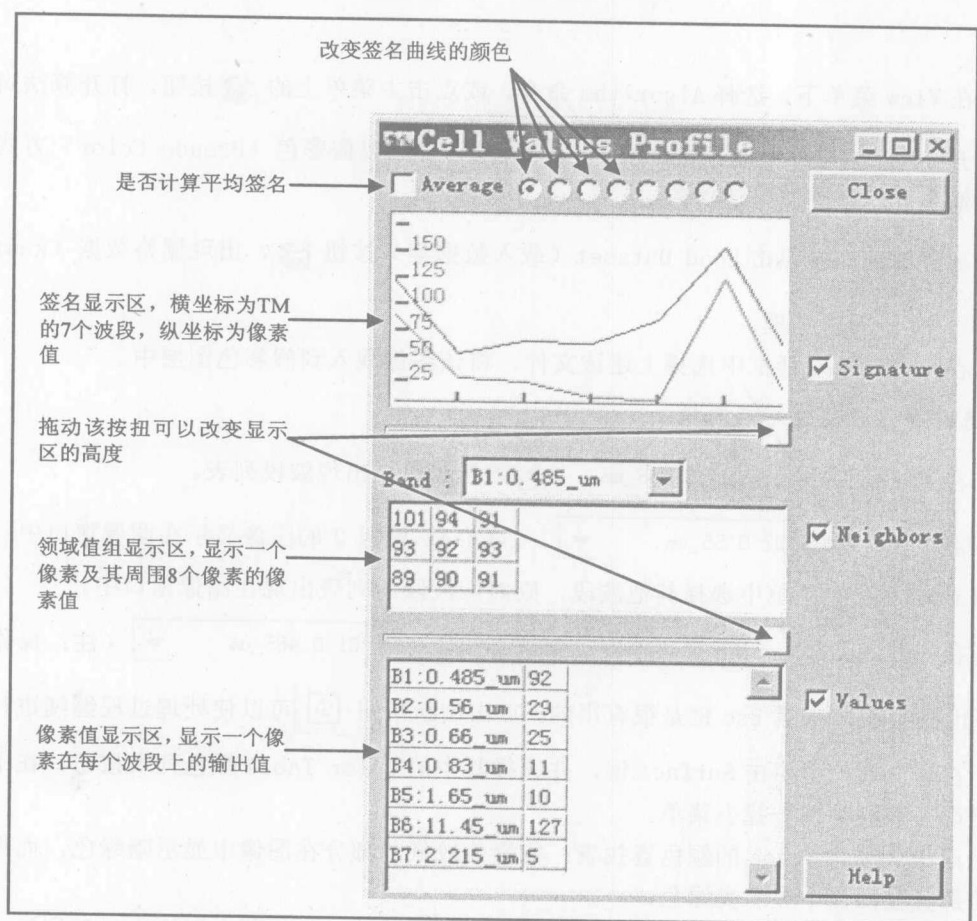


图 1-5 浏览图像数据值对话框

(3) 查看坐标、距离：在主菜单中，选择 View→Cell Coordinates，出现坐标、距离消息框。然后在图像窗口中单击左键，或按住左键拖动。

(4) 查看散点图：在主菜单中，选择 View→Scattergrams，出现散点图对话框。试用该对话框中的 Setup 按钮，设置散点图的有关参数。

(5) 查看直方图：打开 Algorithm 对话框，选中一个数据层，单击  出现变换对话框。

其中有输入数据的直方图和输出（显示）数据的直方图。

(6) 打开一个 TM 图像和一个 SPOT 图像，分别观察其数据的直方图，试用不同波段的组合，观察图像变化。

2. 查看图像散点图

(1) 打开图像文件：ER Mapper70\examples\Shared_Data\Landsat_TM_year_1985.ers。

(2) 从主工具条的 View 下拉菜单中，选择 Scattergrams 项，出现两个波段的散点图。图中 X 轴代表 1 号波段，Y 轴代表 2 号波段。右边颜色条代表两波段数据出现的累积频率（或密度）大小。红色和黄色代表着最大的点密度。蓝色代表着低密度区。两个波段的相关性越大，散点图分布范围越狭窄；反之，两个波段的相关性越小，散点图的分布越宽。

(3) 在散点图中，点击 Setup 按钮，出现 Scattergrams 对话框（图 1-6），在 X 轴和 Y 轴分别装入 Landsat 的其他波段，则可逐一了解该地区 TM 1~TM 7 波段间的相关性。

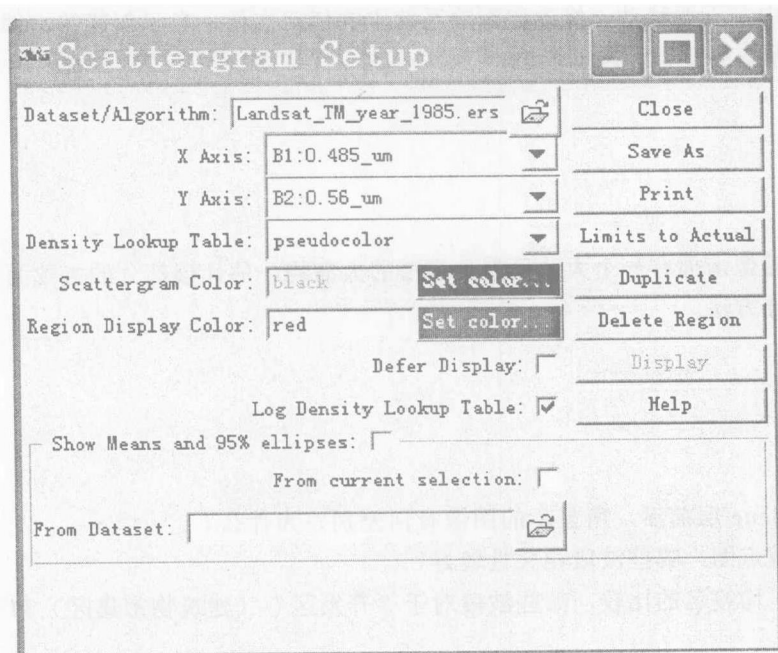


图 1-6 Scattergrams 对话框

3. 浏览横断面信号

(1) 从主菜单 View 中, 选择 Traverse 项。New Map Composition 和 Traverse 两个对话框出现。

(2) 在 New Map Composition 对话框中, 选定 Vector File 项, 单击 OK。

ER Mapper 出现 Warning 对话框和 Tools 对话框。关闭 Warning 对话框。使用 Tools 对话框在图像上画横断面线。

(3) 在 Tools 对话框, 选择 Poly Line 按钮 。

(4) 在图像窗口, 画一条直线, 双击鼠标左键, 结束画线。横断面信号变化线显示在窗口中, 系统缺省时, 只显示 1 号波段横断面线。

(5) 在横断面窗口中, 打开波段选择按钮 Bands: , 选择波段号, 并同时按住 Ctrl 键, 可选中多个波段, 显示多波段的横断面线。从多波段的横断面信号分布, 可以了解哪些波段不适合图像显示。

IV 注意事项

实验过程中, 不要移动、修改和删除系统中的任何文件, 自己创建的文件请保存在 D 或 E 盘, 每次课程结束时自行拷贝带走。

V 作业

Example 图像南部有一个大致呈直角扇形的大岛屿, 估计该部分的大致面积和海岸线长度, 并说明估计方法。

VI 思考题

(1) 删除 Blue 层前后, 所显示的图像有何差别? 为什么?

(2) 根据散点图, 哪些波段相关性较好?

(3) 根据平均签名的比较, 哪些波段对于“开发区”(建筑物密集区)和“未开发区”最有区分力?