



遥感地学应用实验教程

刘美玲 明冬萍 编著



科学出版社

遥感地学应用实验教程

刘美玲 明冬萍 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本实验教材以遥感信息分析方法为“经”，以遥感地学应用领域为“纬”，建立遥感地学分析与应用实验教学体系，共设计六篇 17 个实验。第一篇遥感地学信息提取基本方法，实验 1~实验 4 为遥感影像分类常见方法，实验 5 和实验 6 为地物动态变化遥感监测和基于统计模型的地物物理量提取。第二篇土地覆盖与全球变化遥感，实验 7 和实验 8 分别为土地覆盖变化和植被物候变化遥感分析。第三篇植被与生态环境遥感，实验 9~实验 11 涉及植被覆盖度遥感监测、土壤旱情遥感监测、农作物高光谱遥感分析。第四篇水体与水环境遥感，实验 12 和实验 13 为水域面积及水量遥感计算和水环境遥感监测。第五篇地质遥感，实验 14 和实验 15 分别为滑坡遥感识别和矿化蚀变信息提取。第六篇城市与人居环境遥感，实验 16 和实验 17 分别为城市热岛效应评估和城市不透水面提取。附录对软件使用和数据特征与获取进行了说明。

本书可作为高等院校地理科学、遥感科学与技术、地理信息科学等专业本科生和研究生的实验教材，也可供相关专业科研技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

遥感地学应用实验教程/刘美玲, 明冬萍编著. —北京: 科学出版社, 2018.3

ISBN 978-7-03-053908-3

I. ①遥… II. ①刘…②明… III. ①地质遥感—应用—实验—教材 IV. ①P627-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 303772 号

责任编辑: 杨 红 程雷星/责任校对: 何艳萍

责任印制: 吴兆东/封面设计: 陈 敬

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京厚诚则铭印刷科技有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018 年 3 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2018 年 3 月第一次印刷 印张: 16

字数: 410 000

定价: 49.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

遥感地学应用是运用遥感理论、方法和技术解决各类复杂地学问题的一门综合性学科，是遥感基本原理、图像分析技术和算法与地学规律的高度集成。

编写一本实用性、针对性强的实验教材，让学生在操作相关遥感软件的过程中，通过具体实验，全方位、多角度地理解遥感能做什么、如何做，并加深其对遥感理论与遥感信息分析方法的理解，是本书编写的初衷。

遥感地学应用领域众多，且在不同的应用领域，同时也因为地学分析对象的多样性及环境背景的复杂性，采用的方法也不尽相同。为了让学生掌握遥感信息分析的基本方法及其主要地学应用领域，本书分为遥感地学信息提取基本方法实验（第一篇）和遥感地学应用领域实验（第二~第六篇）两大部分。第一篇为遥感地学信息提取基本方法，包括遥感影像分类方法（统计模式识别、知识规则、智能计算和面向对象）、地物动态变化遥感监测和基于统计模型的地物物理量提取等实验。在应用篇中，包括遥感技术在土地覆盖与全球变化、植被与生态环境、水体与水环境、地质和城市与人居环境中的应用实验，重点选取了土地覆盖、植被物候、植被覆盖度、土壤旱情、农作物、水域面积及水量估算、水环境监测、滑坡识别、矿化蚀变信息提取、城市热岛效应评估和城市不透水面提取等问题作为实验素材。

本书共设计 17 个实验。主要特色是：实验过程设计完整，以便于读者更好地掌握实验方法和过程，巩固和拓展课堂所学内容。全书实验题材广泛，以应用问题为导向，难度适中，重点突出，并注重实验区域的差异化和遥感数据的多源性（多平台、多波段、多视场、多时相、多极化）。遥感地学应用实验以遥感软件的运用为主，编程开发应用为辅，在部分实验（如实验 5 和实验 8）中需要利用 ENVI 二次开发编程语言 IDL 编程，旨在提高学生应用遥感技术解决实际地学问题的能力和效率。

本书由中国地质大学（北京）刘美玲和明冬萍共同编写。中国地质大学（北京）刘湘南教授对本书的设计思路与实验大纲提出了宝贵意见；吴伶老师、丁超博士和周高祥博士对实验的技术步骤提出了一些建设性的意见；硕士研究生赵炳宇、张致江、刘梦雪、马雨佳和武传昱参与了本书部分实验操作步骤的编写，张致江对规范本书实验步骤做了大量工作；硕士研究生唐轶博和王宗阳对本书的实验进行了重复性测试，本科生田乃满、姚雪飞、徐录、武栋为本书提供了部分实验素材；中国地质大学（北京）地理信息科学专业 2014 级本科生为本书收集了一些实验数据，练习了所有的实验内容，并进行了错误订正；中国地质大学（北京）教务处为本书出版提供了经费支持；在此一并表示衷心的感谢！

由于编者水平有限，书中不妥之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

2017 年 8 月

实验教材使用说明

《遥感地学应用实验教程》适用于地理信息科学专业及相关专业的本科生高年级学生，对研究生也具有一定的参考价值。

本实验教材分为六篇，包括 17 个实验。每个实验包括实验要求、实验目标、实验软件、实验区域与数据、实验原理与分析、实验步骤、练习题、实验报告和思考题 9 个部分。其中，前五部分为读者介绍了实验所要解决的问题、如何运用遥感解决该问题，它们是实验前期准备阶段。“实验步骤”介绍了使用相关遥感软件完成实验内容的步骤。最后三个部分（练习题、实验报告和思考题）要求读者在完成实验内容的基础上，根据练习题要求自行练习操作，并完成实验报告和思考题。各实验内容保持相对独立，读者可视情况自由选择，每个实验建议课时见附表 1。

教材使用的软件较多，两个基础软件为 ENVI 5.2 和 ArcGIS 10.2，每一个实验所需要软件不完全一样（见附录实验软件部分）。在软件安装过程中注意软件安装所需要的系统平台要求，如 eCognition、Nest-4C 有计算机环境为 32 位和 64 位的安装版本。另外，不同版本的软件界面可能会与教材存在差异，在练习时应根据实际情况灵活处理。如果在 ENVI、ArcGIS 软件一些基本操作中遇到困难时，可以参阅“ENVI 遥感图像处理教程”和“ArcGIS 地理信息系统应用教程”，其他软件可以在网上查阅相关资料。

教材使用的数据类型多，容量大，在下载数据前可查看每个实验练习的数据容量（附表 1），根据实际需求分别下载练习数据。本书假定练习数据保存为 F:\EX，结果数据保存均为 F:\EX\Result，在练习时应按照实际路径操作。为避免出错，尽量使用英文路径进行数据和结果的存储。

关于教材中的实验报告电子版、相关实验数据、参考答案和附录材料（软件安装和数据说明），读者可通过登录 <http://www.ecsponline.com> 网站，检索本图书名称，在图书详情页“资源下载”栏目中获取，如有问题可发邮件到 dx@mail.sciencep.com 咨询。

在学习过程中读者遇到与本书有关的技术问题，可以发电子邮件到邮箱 liumlr@ sina.com，或者访问百度网盘（<http://pan.baidu.com/s/1i4WERXF>），编者会尽快给予解答。

目 录

前言	
实验教材使用说明	

第一篇 遥感地学信息提取基本方法

实验 1 基于统计模式识别的遥感影像分类	1
实验 2 基于知识规则的遥感影像分类	16
实验 3 基于智能计算的遥感影像分类	30
实验 4 面向对象的遥感影像分类	45
实验 5 地物动态变化遥感监测	58
实验 6 基于统计模型的地物物理量提取	83

第二篇 土地覆盖与全球变化遥感

实验 7 土地覆盖遥感分类及其动态变化分析	99
实验 8 植被物候变化遥感分析	116

第三篇 植被与生态环境遥感

实验 9 植被覆盖度遥感监测	134
实验 10 土壤旱情遥感监测	143
实验 11 农作物高光谱遥感分析	154

第四篇 水体与水环境遥感

实验 12 水域面积及水量的遥感计算	167
实验 13 水环境遥感监测	180

第五篇 地质遥感

实验 14 滑坡遥感识别	190
实验 15 矿化蚀变信息提取	201

第六篇 城市与人居环境遥感

实验 16 城市热岛效应评估	216
实验 17 城市不透水面提取	233

主要参考文献	247
附录	248

第一篇 遥感地学信息提取基本方法

实验 1 基于统计模式识别的遥感影像分类

1.1 实验要求

将北京市密云区的土地利用类型分为 6 类：耕地、林地、裸地、建设用地、水域及水利设施用地和其他用地。根据实验数据，完成下列分析：

- (1) 运用监督分类的方法对区域 6 类地物进行遥感识别。
- (2) 运用非监督分类的方法对区域 6 类地物进行遥感识别。

1.2 实验目标

- (1) 掌握遥感图像监督分类方法。
- (2) 掌握遥感图像非监督分类方法。

1.3 实验软件

ENVI 5.2、ArcGIS 10.2。

1.4 实验区域与数据

1.4.1 实验数据

<Miyun_2006>：2006 年北京市密云区 Landsat 7 ETM+多光谱影像数据。

【Landuse_04】文件夹：2004 年北京市密云区土地利用类型数据。

【My_shp】文件夹：北京市密云区边界矢量数据。

1.4.2 实验区域

密云区位于北京市东北部，属燕山山地与华北平原交接地，是华北通往东北、内蒙古的重要门户。密云区西起 116°39'33"E，东至 117°30'25"E，东西长 69km；南起 40°13'7"N，北至 40°47'57"N，南北宽约 64km。东南至西北依次与本市的平谷、顺义、怀柔三区接壤，北部和东部分别与河北省的滦平、承德、兴隆三县毗邻。全县东、北、西三面群山环绕、峰峦起伏；中部是华北第一大水库密云水库，控制潮河、白河，总库容 43.8 亿 m^3 ，最大水面面积 188 km^2 ，占全区土地面积近 10%；西南是洪积、冲积平原，其耕地分布广泛，以旱地、水

浇地和菜地为主。密云区为暖温带季风型大陆性半湿润半干旱气候。冬季受西伯利亚、蒙古高压控制，夏季受大陆低压和太平洋高压影响，四季分明，干湿冷暖变化明显，年平均气温为 10.8℃。图 1.1 为密云区区域示意图。

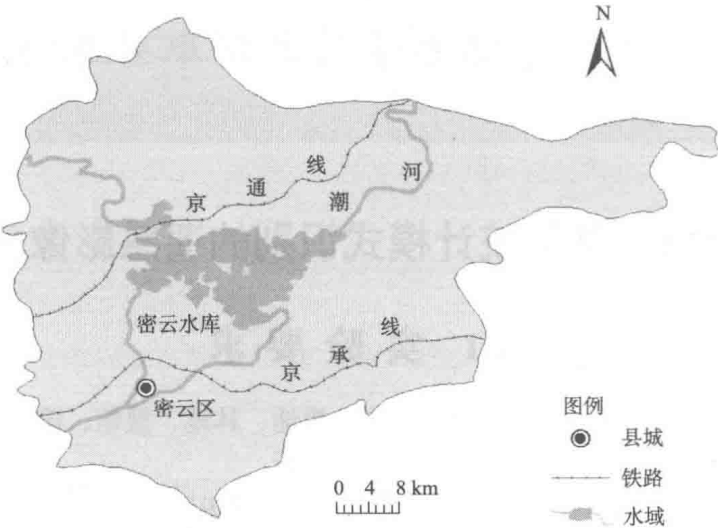


图 1.1 实验区示意图

1.5 实验原理与分析

基于统计分析对遥感图像分类是目前应用较多，算法较为成熟的分类方法。统计模式识别主要是将一种模式正确地分成几种现有的模式类。统计模式识别的关键是提取待识别模式的一组统计特征值，然后按照一定准则进行决策，从而对遥感图像予以识别。

实验要求（1）和（2）分别是利用监督分类和非监督分类对遥感影像进行地物分类。监督分类和非监督分类两者的根本区别在于是否利用训练样地来获取先验的类别知识。非监督分类不需要更多的先验知识，根据地物的光谱特征进行分类；监督分类根据分类区地物影像特征的先验知识建立训练样地进行分类。本实验，在标准假彩色影像（4、3、2 波段合成）中，各类地物的影像特征如表 1.1 所示。监督分类算法包括最小距离法、马氏距离法、最大

表 1.1 实验区域内各地物土地类型影像特征

类型	空间分布位置	形态	色调
耕地	主要分布在西南部	几何特征较为明显，田块均呈条带分布	淡红、粉红
林地	一般分布在山区	边界比较模糊，形状不规则	呈深红、红色调
水域及水利设施用地	密云水库	几何特征明显， 有人工塑造痕迹	蓝色、深蓝
建设用地	主要分布在城镇及经济发达区周围 或交通沿线，周围有浅蓝色水泥地面	几何特征明显，边界清晰	浅蓝色或灰色
裸地	零散分布	不规则状	白色，浅蓝色
其他用地	城镇村内部未被利用的土地	逐渐过渡，边界不清晰	米黄色、白色

似然法等。非监督分类算法主要包括迭代自组织数据分析技术 (ISODATA) 和 K 均值算法 (K -Means) 等。对分类之后的结果进行精度评价, 可以采用混淆矩阵 (误差矩阵)、总体分类精度和 Kappa 系数等方法。无论是监督分类还是非监督分类, 分类后的结果都会产生一些面积很小的图斑, 为了提高分类的精确度, 有必要对这些小图斑进行剔除。主要的处理方法包括类别合并、聚块、筛除和主/次要分析。

1.6 实验步骤

1.6.1 监督分类

1. 定义训练样本

(1) 在 ArcMap 中加载数据<2004 xianzhuang>, 右击图层, 点击【Properties】→【Symbology】→【Categories】→【Unique Values】, 在【Value Field】下拉框中选择【Type】, 点击【Add All Values】, 点击【确定】, 如图 1.2 所示 6 种地物类型在地图中显示。

Symbol	Value	Label
	<all other values>	<all other values>
<Heading>		Type
	Bareland	Bareland
	Buildings	Buildings
	Famland	Famland
	Other Land	Other Land
	Water	Water
	Woodland	Woodland

图 1.2 符号化显示

(2) 打开 ENVI 软件, 在 ENVI 主菜单点击【File】→【Open Image File】, 选择图像<Miyun_2006>, 以波段 4、3、2 合成 RGB 显示在 Display 中。接下来在建立 ROI 的时候根据 ArcMap 中的土地类型进行对照。

@注意: 在运用遥感影像进行地物分类时, ROI 的选取是根据影像的特征 (色调、纹理、图案等) 和野外调查, 建立解译标志进行的。本实验为了降低难度, 参考已有的土地类型, 配合影像特征进行 ROI 选取。

(3) 在 ENVI 主菜单点击【Basic Tools】→【Region of Interest】→【ROI Tool】, 在【Window】选项中点选【Zoom】, 在 Zoom 窗口绘制 ROI, 如图 1.3 所示。

(4) 在【ROI Tool】对话框中, 点击【ROI_Type】, 有 Polygon、Rectangle、Ellipse 等多种类型。例如, 水体及水利设施用地的绘制, 选择 Rectangle 类型, 在 Zoom 窗口进行绘制, 绘制好图形后点击右键确认, 如图 1.4 所示。将绘制好的 ROI 更名为“水体及水利设施用地”, 颜色改为 Blue, 如图 1.5 所示。

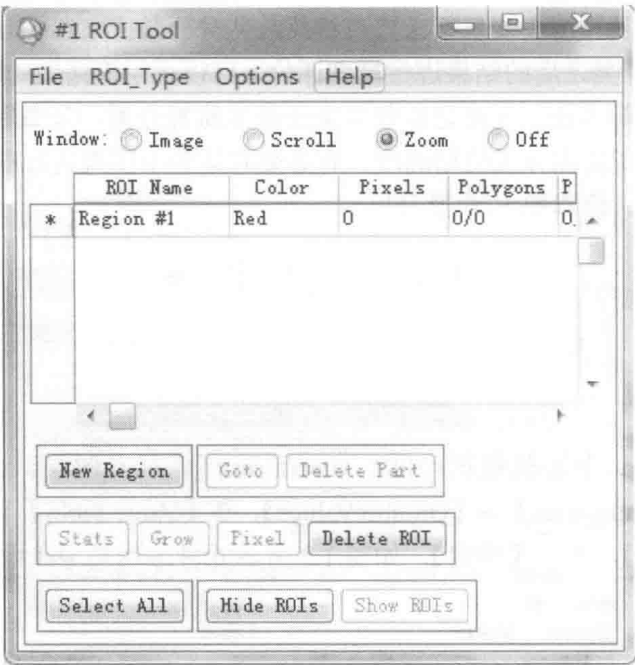


图 1.3 【ROI Tool】对话框

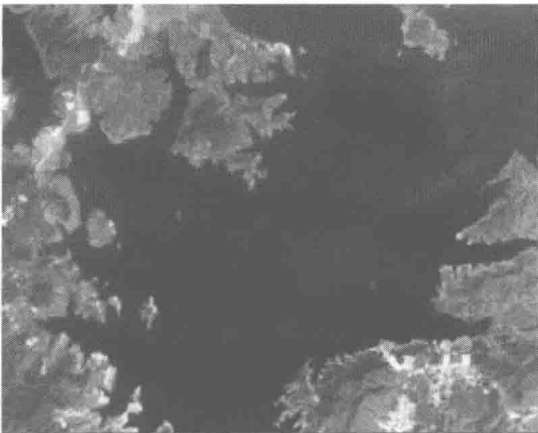


图 1.4 水体及水利设施建设用地 ROI

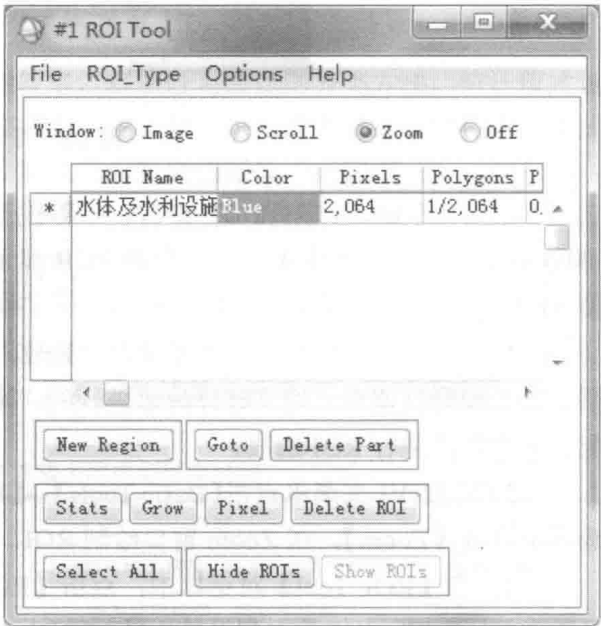


图 1.5 修改 ROI 名称和颜色

(5) 绘制好第一个 ROI 后，点击【ROI Tool】对话框的【New Region】按钮，继续绘制其他类地物的 ROI。图 1.6 所示为所有地物的 ROI 绘制完成后的 ROI Tool。



图 1.6 各类地物 ROI 信息

(6) 在【ROI Tool】对话框中点击【File】→【Save ROIs】，在弹出的对话框中选择【Select All Items】，将 ROI 命名为<Miyun.roi>，保存 ROI 文件，如图 1.7 所示。

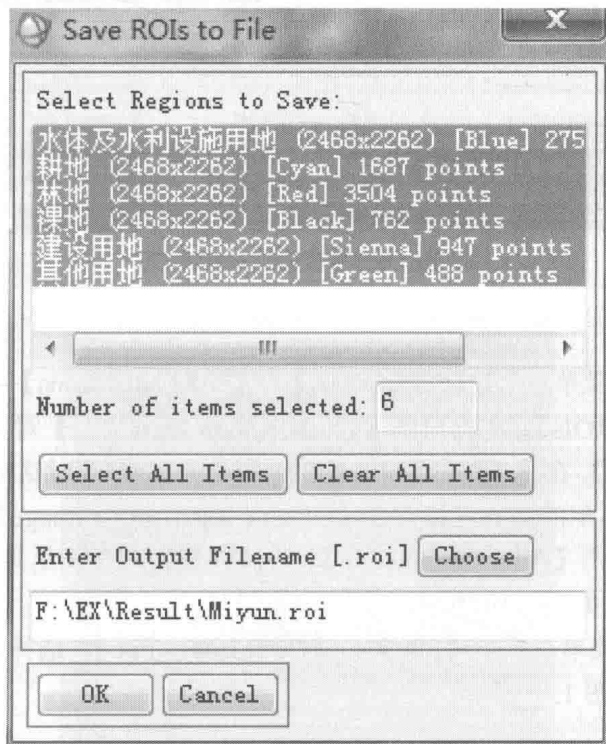


图 1.7 保存 ROI

2. 选择监督分类算法

(1) 在 ENVI 主菜单, 点击【Classification】→【Supervised】→【Mahalanobis Distance】, 选择图像数据<Miyun_2006>, 点击【OK】打开【Mahalanobis Distance Parameters】对话框, 参数意义如下:

Set Max Distance Error: 设置最大距离误差。以 DN 值方式输入一个值, 距离大于该值的像元不被分入该类; 如果不满足所有类别的最大距离误差, 像元被归为未分类。有三种类型, 这里选择【None】。

Preview: 单击【Preview】可以在右边窗口中预览分类结果, 单击【Change View】可以改变预览区域。

(2) 设置【Output Rule Images】为 Yes, 设置存储路径, 如图 1.8 所示, 单击【OK】执行分类。

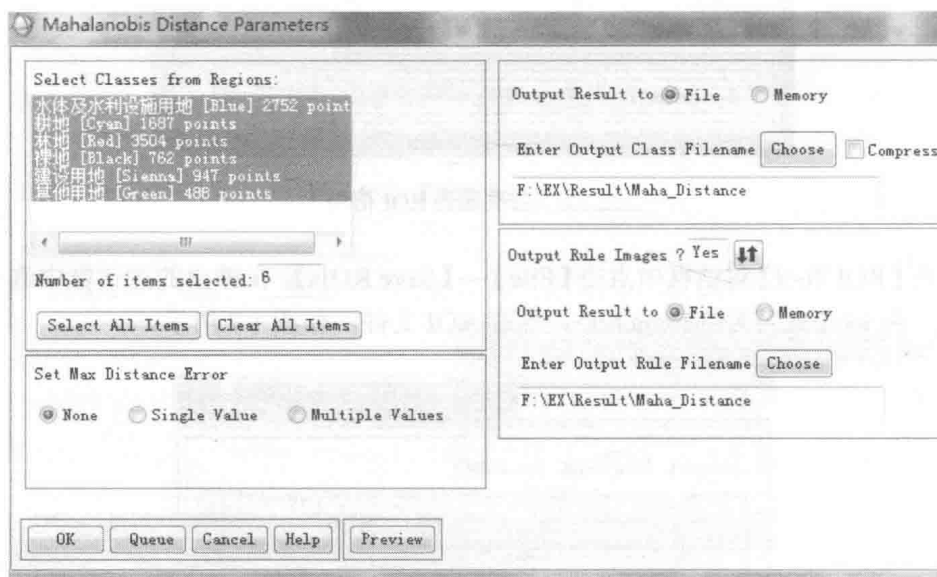


图 1.8 参数设置对话框

3. 评价分类结果

(1) 打开 ENVI 主菜单, 点击【Classification】→【Post Classification】→【Confusion Matrix】→【Using Ground Truth ROIs】。在弹出的【Classification Input File】对话框中选择上一步分类得到的图像, 点击【OK】, 在接下来的【Match Classes Parameters】对话框中, 在【Select Ground Truth ROI】中选择要匹配的地物名称, 在【Select Classification Image】中选择相同的地物名称, 如图 1.9 所示。单击【Add Combination】, 将感兴趣区与分类结果相匹配, 单击【OK】, 得到分类精度评价表, 如图 1.10 所示。

(2) 在 ENVI 主菜单, 点击【File】→【Open Image File】, 选择监督分类的结果图像, 显示在 Display 中, 如图 1.11 所示。

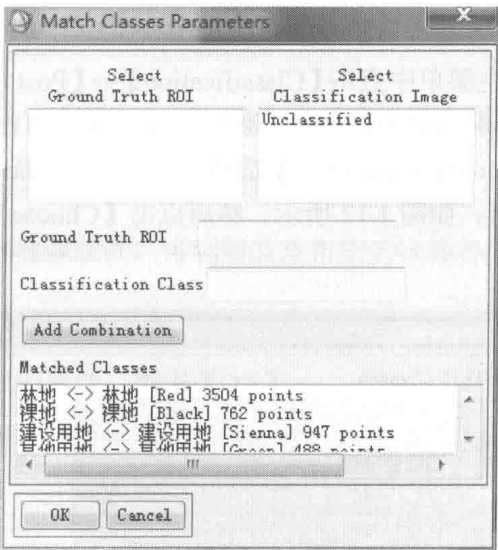


图 1.9 分类匹配设置窗口

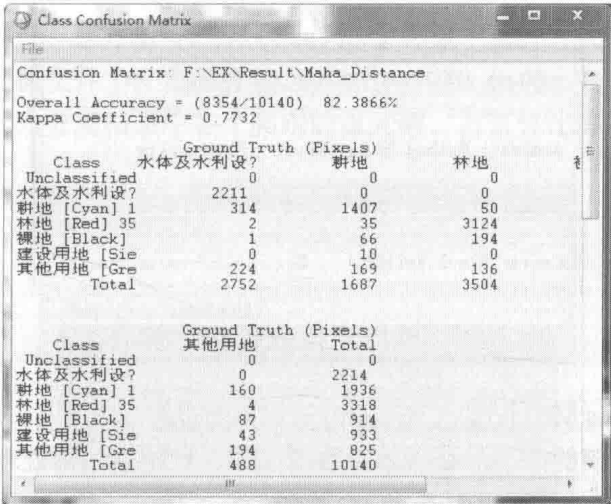


图 1.10 监督分类精度评价表

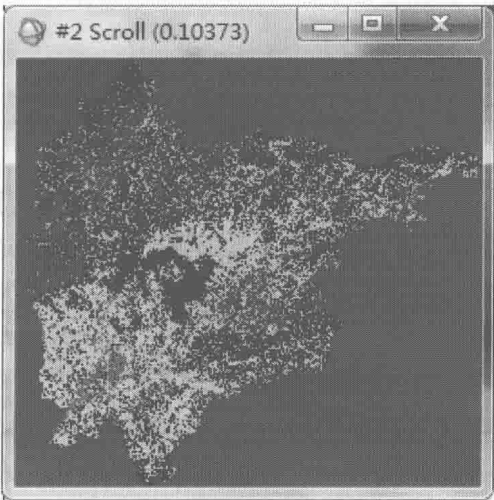


图 1.11 监督分类结果图

4. 分类后处理

(1) 主/次要分析。在主菜单中点击【Classification】→【Post Classification】→【Majority/Minority Analysis】，在弹出对话框中选择上一步的分类结果，点击【OK】。

(2) 在【Majority/Minority Parameters】面板中，点击【Select All Items】选中所有的类别，其他参数按照默认即可，如图 1.12 所示。然后点击【Choose】按钮设置输出路径，点击【OK】执行操作。

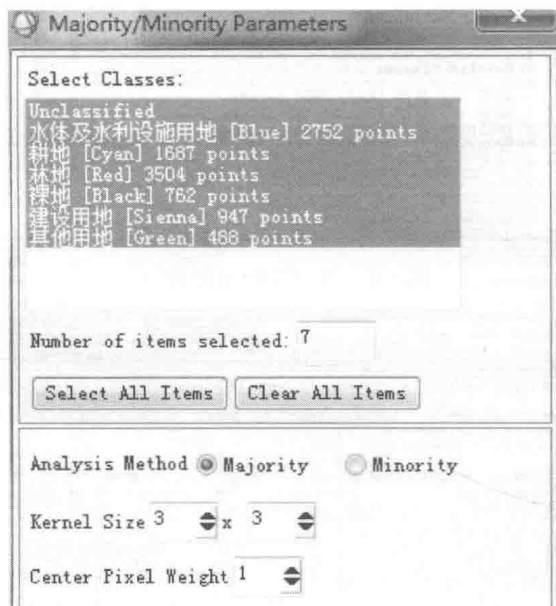


图 1.12 主/次要分析

如果选择【Analysis Method】为 Minority，则执行次要分析。

【Kernel Size】为核的大小，必须为奇数×奇数，核越大，则处理后结果越平滑。

中心像元权重 (Center Pixel Weight): 在判定变换核中哪个类别占主体地位时，中心像元权重用于设定中心像元类别将被计算多少次。例如，如果输入的权重为 1，系统仅计算 1 次中心像元类别；如果输入 5，系统将计算 5 次中心像元类别。权重设置越大，中心像元分为其他类别的概率越小。

(3) 聚类处理。在主菜单中点击【Classification】→【Post Classification】→【Clump Classes】，在弹出对话框中选择上一步得到的图像，点击【OK】。

(4) 在【Clump Parameters】面板中，点击【Select All Items】选中所有的类别，其他参数按照默认即可，设置输出路径，点击【OK】执行操作（注：【Operator Size Rows】和【Cols】为数学形态学算子的核大小，必须为奇数，设置的值越大，效果越明显）。

(5) 过滤处理。在主菜单中点击【Classification】→【Post Classification】→【Sieve Classes】，在弹出对话框中选择上一步得到的图像，点击【OK】。

(6) 在【Sieve Parameters】面板中，点击【Select All Items】选中所有的类别，【Group Min Threshold】设置为 5，其他参数按照默认即可，设置输出路径，点击【OK】执行操作。

过滤阈值 (Group Min Threshold): 一组中小于该数值的像元将从相应类别中删除, 归为未分类 (Unclassified)。

聚类领域大小 (Number of Neighbors): 可选四连通域或八连通域, 分别表示使用中心像元周围 4 个或 8 个像元进行统计。

5. 分类统计

@注意: 为排除背景值被误统计, 可利用北京市密云区边界矢量数据进行掩膜处理, 参考实验 7 中的 7.6.3 节。

(1) 在主菜单点击 **【Classification】** → **【Post Classification】** → **【Class Statistics】**, 在弹出对话框中选择分类后处理的图像, 点击 **【OK】**。

(2) 在 **【Statistics Input File】** 面板中, 选择原始影像, 点击 **【OK】**。

(3) 在弹出的 **【Class Selection】** 面板中, 点击 **【Select All Items】**, 统计所有分类的信息, 点击 **【OK】**。

(4) 在 **【Compute Statistics Parameters】** 面板勾选 **【Basic Stats】** 和 **【Output to the Screen】**, 点击 **【OK】**, 图 1.13 所示为显示统计结果的窗口, 从 **【Select Plot】** 下拉命令中选择图形绘制的对象, 如基本统计信息、直方图等。从 **【Stats for】** 标签中选择分类结果中的类别, 在列表中显示类别对应输入图像文件 DN 值统计信息, 如协方差、相关系数、特征向量等信息。在列表中的第一段显示的为分类结果中各个类别的像元数、占百分比等统计信息。

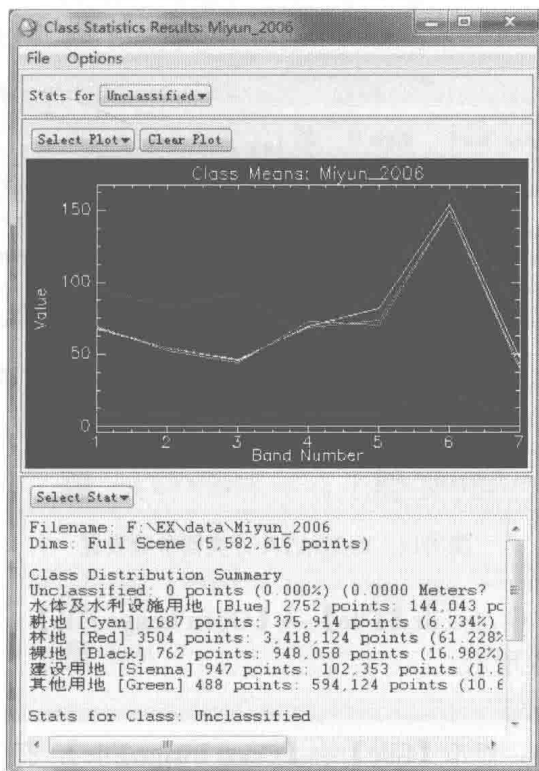


图 1.13 显示统计结果

1.6.2 非监督分类

1. 选择非监督分类方法

(1) 在 ENVI 主菜单中, 点击【Classification】→【Unsupervised】→【IsoData】, 在【Classification Input File】对话框中, 选择图像<Miyun_2006>。单击【OK】, 打开【ISODATA Parameters】对话框, 相关参数意义如下。

Number of Classes: 一般输入最小数量不能小于最终分类数量, 最大数量为最终分类数量的 2~3 倍。本实验设置 Min 为 6, Max 为 12。

Maximum Iterations: 迭代次数越大, 得到的结果越精确, 运算时间也越长。本实验设置为 15。

Change Threshold: 当每一类的变化像元数小于阈值时, 结束迭代过程, 这个值越小得到的结果越精确, 运算量也越大。本实验设置为 5。

Minimum # Pixel in Class: 键入形成一类所需的最小像元数。如果某类中的像元数小于最少像元数, 该类被删除, 其中的像元被归并到距离最近的类中。

Maximum Class Stdv: 如果某一类的标准差比该阈值大, 该类将被拆成两类。本实验设置为 1。

Minimum Class Distance: 以像素值为单位, 如果类均值之间的距离小于输入的最小值, 则类别将被合并。本实验设置为 5。

Maximum # Merge Pairs: 合并类别最大值。本实验设置为 2。

选择输出路径及文件名, 单击【OK】, 如图 1.14 所示, 执行非监督分类。

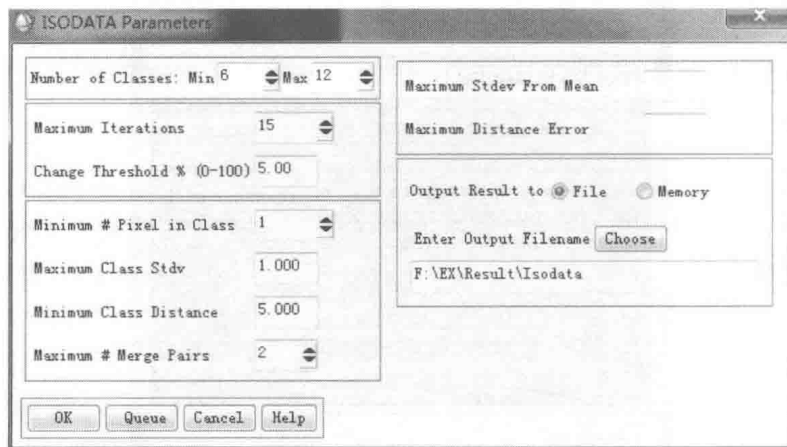


图 1.14 ISODATA 分类器参数设置

(2) 在 ENVI 主菜单中, 点击【File】→【Open Image File】, 打开非监督分类图像, 在 Display 中显示, 如图 1.15 所示。

2. 类别定义

(1) 在 ENVI 主菜单, 点击【File】→【Open Image File】, 打开分类后图像, 在主图像窗口中, 点击【Overlay】→【Classification】, 在【Interactive Class Tool Input File】对话框选择非监督分类结果, 单击【OK】。在弹出的【Interactive Class Tool】对话框中勾选类别前面的“On”选择框, 将结果叠加显示在 Display 窗口。

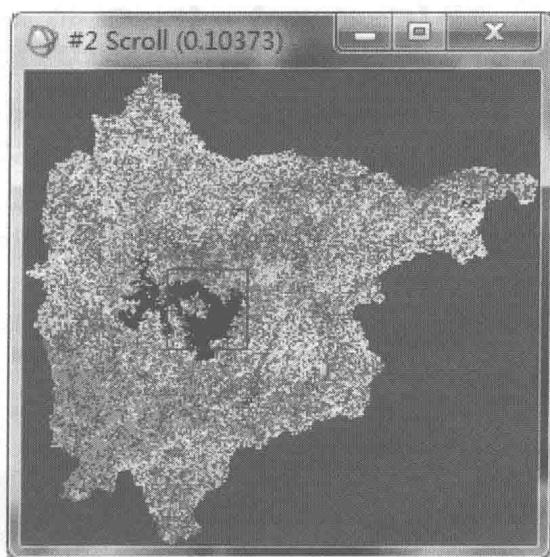


图 1.15 非监督分类结果

(2) 点击【Options】→【Edit class colors/names】，调出【Class Color Map Editing】对话框，选择对应的类别，在【Class Name】中输入重新定义类别名称，同时修改颜色。重复这一步骤，直到所有的类别名称和颜色修改完毕，得到如图 1.16 所示的结果。

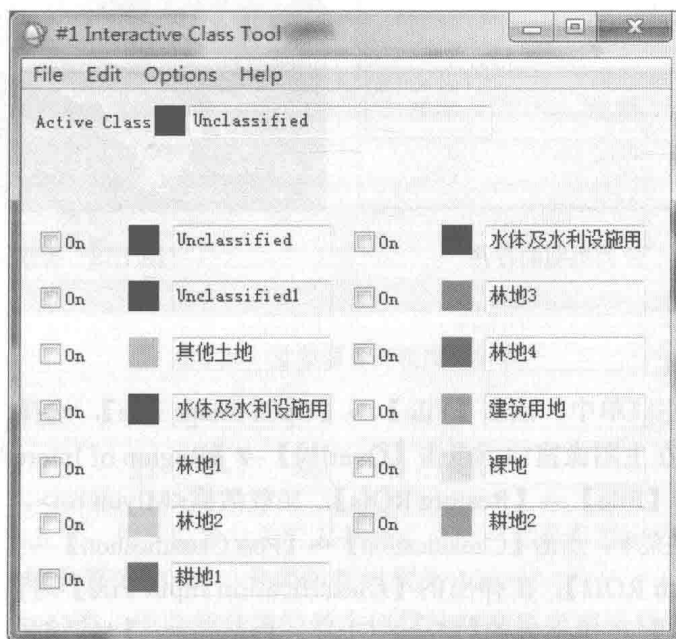


图 1.16 编辑分类名称和颜色

(3) 在【Interactive Class Tool】对话框中，选择【File】→【Save Changes to File】，保存修改结果。