

# 《遥感原理与方法课程设计》

## 实习报告

学 院: 遥感信息工程学院

班 级: 20B4

学 号: 2020302131119

姓 名: 殷雨薇

指导教师: 崔卫红

2022 年 6 月 18 日

# 目录

1 实习目的 .....	1
2 实习基本原理 .....	1
2. 1 遥感影像分类专题信息提取与制图 .....	1
2. 1. 1 ERDAS 基础 .....	1
2. 1. 2 波段叠加 .....	1
2. 1. 3 几何校正 .....	1
2. 1. 4 影像镶嵌 .....	1
2. 1. 5 影像裁剪 .....	2
2. 1. 6 影像融合 .....	2
2. 1. 7 非监督分类和监督分类 .....	2
2. 1. 8 分类精度评定 .....	2
2. 1. 9 分类后处理 .....	2
2. 1. 10 专题制图 .....	2
2. 2 基于特征指数的遥感专题信息提取 .....	3
2. 2. 1 特征指数 .....	3
2. 2. 2 阈值分割 .....	4
2. 3 遥感影像阴影检测 .....	4
2. 3. 1 基于 HSV 彩色空间的阴影检测 .....	5
2. 3. 2 基于 C1C2C3 彩色空间的阴影检测 .....	5
3 实习步骤 .....	6
3. 1 遥感影像分类专题信息提取与专题制图 .....	6
3. 1. 1 设置 SPOT 坐标参考 .....	6
3. 1. 2 TM 影像波段叠加 .....	7
3. 1. 3 几何纠正 .....	8
3. 1. 4 影像镶嵌 .....	13
3. 1. 5 影像裁剪 .....	14
3. 1. 6 影像融合 .....	15
3. 1. 7 非监督分类 .....	16
3. 1. 8 监督分类 .....	21
3. 1. 9 分类后处理 .....	28
3. 1. 10 制作专题地图 .....	31
3. 2 基于特征指数的遥感专题信息提取 .....	36
3. 2. 1 VS+OpenCV .....	36
3. 2. 2 ERDAS .....	40
3. 3 遥感影像阴影检测 .....	43
3. 3. 1 基于 HSV 彩色空间的阴影检测 .....	43
3. 3. 2 基于 C1C2C3 彩色空间的阴影检测 .....	46
4 实验结果与分析 .....	47
4. 1 遥感影像分类专题信息提取与专题制图 .....	47
4. 1. 1 几何校正误差 .....	48
4. 1. 2 影像镶嵌 .....	48
4. 1. 3 影像融合 .....	49

4.1.4 分类精度评价 .....	49
4.1.5 分类专题信息图 .....	50
4.2 基于特征指数的遥感专题信息提取 .....	51
4.2.1 特征指数提取结果 .....	51
4.2.2 阈值分割方法比较 .....	53
4.3 遥感影像阴影检测 .....	55
4.3.1 阴影检测结果图 .....	55
4.3.2 阈值选取 .....	56
5 实习总结和感想 .....	56

# 1 实习目的

本次实习的目的是进一步理解和掌握《遥感原理与应用》课程中的基本理论和方法，熟练掌握遥感软件 ERDAS 的操作和应用。在掌握遥感原理和遥感图像处理技术的基础上，设计遥感专题信息提取的方案、流程和方法，从而从遥感影像上提取专题信息，实现如阴影检测的特殊任务。

掌握运用 C++，opencv 实现遥感原理中的图像处理算法。并加强查阅文献，学习文献，通过撰写报告总结经验的能力。

# 2 实习基本原理

## 2.1 遥感影像分类专题信息提取与制图

### 2.1.1 ERDAS 基础

通过 ERDAS 软件中的 viewer 打开，查看图片以及查看图片属性并修改属性。除基本的浏览图片操作外，也可以实现可设置透明度的图像叠置显示等。

### 2.1.2 波段叠加

实习第一部分所用数据为全色的 SPOT 影像和多波段的 TM 影像。考虑到需要对 TM 影像进行几何纠正，镶嵌等操作，若对每个波段的影像均单独进行操作极为繁琐。因此首先使用 ERDAS9.2 工具栏中 Interpreter 项下的 Utilities 中的 Layer Stack 工具，对于 TM 左侧和右侧的图像，分别按照顺序添加六个波段影像后进行叠加，并输出为特定格式的左右两张影像用于后续操作（本次实习中输出为 img 格式）。

### 2.1.3 几何校正

实习数据中给出了 SPOT 影像的相关信息，其中包含了 SPOT 影像的坐标参考。按照数据设定 SPOT 影像后，SPOT 影像就具有了空间参考信息，而 TM 影像仍是不具有空间参考信息的。因此以 SPOT 影像为参考影像，对叠加后的 TM 影像进行几何纠正，以赋予其空间参考信息。

本次实习中几何纠正使用一次模型，选取至少三个控制点，再选择五个检查点进行误差评定，其中要求精度为确保误差小于一个像元。选取控制点检查点完成后就确定了模型参数，再进行重采样，设置 XY 分辨率均为 30m，选择最近邻元法，输出几何纠正后图像。

完成几何纠正后，首先对输出图像进行目视检查，观察 TM 图像是否明显扭曲，若明显扭曲则证明几何纠正效果较差精度明显不合格。若无明显扭曲，则将 SPOT 图像和纠正后的 TM 图像在同一个 viewer 中叠加检查，观察重合效果。定性和定量准则相结合对几何校正效果进行评定。

### 2.1.4 影像镶嵌

TM 左右侧影像经过上述处理后，输出了左侧右侧共两幅影像，为得到更大范围的完整影像，需要进行影像镶嵌，即将左右影像拼接在一起。使用 ERDAS 中 DataPrep 中的 Mosaic Tool 进行影像镶嵌。

### 2.1.5 影像裁剪

由于纠正影像是倾斜的，因此完成影像镶嵌后所得到的图像不是规整的矩形，对于最终成图而言不美观。因此在图像中找出最大内接矩形将其裁剪并输出，即得到了规整的矩形影像，便于后续成图。

### 2.1.6 影像融合

实习数据中 SPOT 影像具有更高的空间分辨率，而 TM 影像具有更丰富的光谱信息。因此使用 ERDAS 中 Interpreter 栏中的 Spatial Enhacement 工具进行影像融合，获得兼具高空间分辨率和丰富光谱信息的影像。

### 2.1.7 非监督分类和监督分类

对经过处理的图像进行分类运算，获得不同类别用不同颜色标记的专题地图底图。分类包括两种方法：非监督分类和监督分类。

非监督分类即聚类，不需要样本（训练区），使用聚类算法（本实习中使用 ISODATA）寻找图像中具有相同或近似的特征的区域，标记为同一类别，最后依照原图进行人工解译，对分类结果进行重编码获得最终分类结果。

监督分类是本实习中比较重要，同时效果较好的方法。监督分类的原理是首先在图像中为每个类别选取具有代表性的小区域作为样本区，再运行分类算法，按照提取的样本区的特征对图像进行分类编码得到最终结果。

### 2.1.8 分类精度评定

影像数据经过分类后得到类别编码专题图，需要以原图为参考，对分类精度进行评定，确定是否合格。使用 ERDAS 中的精度评定工具 Accuracy Assessment 工具在分类后影像按照每个类别比例随机标记 120 个点，后人工对照原图标记随机点的真实类别。最后通过和分类类别进行对比，统计运算可输出分类精度评价报告，要求每种地物分类精度大于 90%。根据分类正确率和 kappa 系数等指标可分析分类效果。

### 2.1.9 分类后处理

影像经过分类后可作为专题地图的底图，但分类后影像虽然整体精度合格，但仍存在许多随机散布的小斑块影响地图美观。因此对分类后影响首先进行 clump（聚类统计）处理，再使用 eliminate 工具去除小斑块，图像中噪点明显减少，各类不同地物的界限也更加明显。

### 2.1.10 专题制图

ERDAS 软件中可直接完成专题制图全过程。以分类结果或经过分类后处理的影像为底图，添加格网、图例、指北针、比例尺、标题、制图者信息后输出 jpg 格式图片。需要注意的是，ERDAS 中标题、图例、比例尺、文件路径等不能使用中文，因此输出图片中以英文表示文字信息。

## 2.2 基于特征指数的遥感专题信息提取

遥感影像具有多波段信息，因此可以通过特征指数进行专题信息的提取。信息提取可以通过 ERDAS 中自定义模型 Model Maker 或 C++ 编程实现。本次实习主要采用 C++ 编程方法，使用 opencv 库完成特征指数专题图制作，并将计算得到的特征指数图与 ERDAS 生成的特征指数图进行比较。

首先按照给定的特征指数函数表达式代入相应的波段计算，再对结果进行 0-255 的线性拉伸，以完成规范化。最后，再通过最大类间误差法（OTUS）或迭代法对特征指数进行阈值分割，以突出专题信息。

本次实习，选取了六种指数包括：RVI, NDVI, NDWI, MNDWI, DBI, NDBI。且 TM 影像中 G=B2, R=B3, NIR=B4, MIR1=B5, MIR2=B7。

### 2.2.1 特征指数

#### 2.2.1.1 植被指数

植被指数是遥感中用于表征地表植被覆盖，生长状况的度量参数。

##### (1) 比值植被指数 RVI

由于近红外波段与可见光红光波段对绿色植物的光谱响应有很大的不同，它们之间的比值可以反映出红光波段与近红外波段反射率之间的差异，其计算公式为：

$$RVI = \frac{NIR}{R} \quad (2-1)$$

##### (2) 归一化植被指数 NDVI

归一化植被指数通过近红外波段与可见光红光波段数值之差除以这两个波段数值之和得到，计算公式为：

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad (2-2)$$

#### 2.2.1.2 水体指数

在光学遥感中，水体对太阳辐射具有很强的吸收性，因此相对其他地物呈现出较弱的反射率。而以此为基础，水体指数可用于提取遥感影像中水体。

##### (1) 归一化水指数 NDWI

主要利用了在近红外波段水体强吸收几乎没有反射而植被反射很强的特点，通过抑制植被和突出水体用来提取影像中的水体，效果较好。

但是由于 NDWI 只考虑了植被因素，忽略了建筑物和土壤，通过 NDWI 提取水体信息时由于绿光波段的反射率远远高于近红外波段，所以提取结果往往混淆有土壤和建筑物信息。用 NDWI 提取城市水体时会有较多建筑物阴影的水体，效果较差。其计算公式为：

$$NDWI = \frac{G - NIR}{G + NIR} \quad (2-3)$$

### (2) 改进的归一化水指数 MNDWI

使用短波红外波段替换了 NDWI 中的近红外波段，其计算公式为：

$$NDWI = \frac{G - MIR}{G + MIR} \quad (2-4)$$

### 2.2.1.3 建筑指数

#### (1) 差值建筑覆盖指数 DBI

利用 TM7 具有较好的地物光谱分离性，以及植被在 TM7 与 TM4 有较强的负相关性，可构建差值建筑用地指数，其计算公式为：

$$DBI = TM7 - TM4 \quad (2-5)$$

#### (2) 归一化差值建筑用地指数 NDBI

利用城镇用地灰度值在 TM4,5 两个波段间与其他地类的可分性，提出了归一化差值建筑用地指数。在 TM4 与 TM5 两波段之间，除了城镇、建筑用地灰度值较高，其他地类值都较小，由此构建表达式：

$$DBI = \frac{TM5 - TM4}{TM5 + TM4} \quad (2-6)$$

## 2.2.2 阈值分割

专题指数图像可以突出专题与其他地物之间的光谱差异，但是要提取专题边界，还需要使用阈值对指数图像进行分割。实际中仍需要根据具体的场景，对阈值进行确定，以达到最优的分割效果。

### 2.2.2.1 迭代法

(1) 计算图像的最大灰度值  $Z_{max}$ 、最小灰度值  $Z_{min}$ ，求平均得到初始阈值  $init\_thres$ 。

(2) 根据阈值划分图像为目标和背景，并分别计算其灰度均值

(3) 判断  $init\_thres$  是否等于  $thres\_tmp$ ，若相等则退出循环，阈值为  $thres\_tmp$ ，否则，将  $thres\_tmp$  赋给  $init\_thres$ ，转(2)继续执行迭代。

### 2.2.2.2 最大类间误差法 (OTSU)

(1) 计算每个灰度值的概率并计算目标和背景的分布概率以及平均灰度值和方差。

(2) 计算类间差

(3) 取类间差最大的灰度值即为阈值

## 2.3 遥感影像阴影检测

遥感影像中阴影是指地物遮挡太阳光线，在物体背面形成的黑暗城乡区域。高密度的城市环境中，建筑无产生的阴影给图像解译带来了正面及负面影响。以

方面，阴影可以反映建筑物高度，提取三维信息；另一方面，地物特征受到阴影噪声的影响而变得模糊，影响地表信息的提取。因此，阴影区域检测在遥感影像阴影处理中有着重要的意义。

### 2.3.1 基于 HSV 彩色空间的阴影检测

HSV（色调、饱和度、亮度）彩色空间是人们用来从调色板或颜色轮中挑选颜色（如颜料或墨水）所用的彩色系统之一，反映了人眼视觉观察彩色的方式，该彩色系统比 RGB 系统更接近于人们的经验和对彩色的感知。HSV 基于柱坐标系，将 RGB（笛卡尔坐标系）映射至 HSV（柱坐标系）的方程如下：

$$V = \frac{1}{3}(R+G+B) \quad (3-1)$$

$$S = 1 - \frac{3}{R+G+B} \min(R, G, B) \quad (3-2)$$

$$H = \begin{cases} \theta, & B \leq G \\ 360^\circ - \theta, & B > G \end{cases} \quad (3-3)$$

$$\theta = \arccos \left\{ \frac{\frac{1}{2}[(R-G)+(R-B)]}{\sqrt{(R-G)^2 + (R-B)(G-B)}} \right\} \quad (3-4)$$

将彩色影像进行 HSV 色彩空间变换，依据阴影区域的高色调值、低亮度值和高饱和度特性，定义  $M = (S-V)/(H+S+V)$  进行阈值选择分割出阴影区域。

### 2.3.2 基于 C1C2C3 彩色空间的阴影检测

从色彩基本理论可知，任何一种颜色都是由 R、G、B 这 3 种颜色按照不同的比例组成的，彩色航空影像阴影区域的像素也是如此。阴影也有颜色，但是阴影区域的像素值比其他区域的值小得多，试验证明，利用 RGB 彩色空间单色波段进行阴影检测精度低，可引入 C1C2C3 彩色空间进行阴影检测。将 RGB 空间转换到 C1C2C3 空间的定义如下：

$$C1 = \arctan \left( \frac{R}{\max(G, B)} \right) \quad (3-5)$$

$$C2 = \arctan \left( \frac{G}{\max(R, B)} \right) \quad (3-6)$$

$$C3 = \arctan \left( \frac{B}{\max(R, G)} \right) \quad (3-7)$$

阴影区域在 RGB 空间的像素值都有所下降，且  $\Delta I_R > \Delta I_G > \Delta I_B$ ，R 和 G 比重下降较大，但是蓝光很特别，因为利用太阳光作为光源时，在拍摄过程中蓝

光受到环境散射影响很大，所以阴影区域的蓝光值下降得最少，这相当于增加了阴影区域的蓝色分量。

因此先对彩色影像进行 RGB 到 C1C2C3 彩色空间的变换，由于在阴影区域蓝光通道灰度下降得最少，因此在 C1C2C3 彩色空间的 C3 分量中，阴影区域主要占据的是高像素值，通过对 C3 分量图采用阈值分割的方法得到初步阴影区域。

但原始影像中的偏蓝色地物在 C3 分量中就具有很高的像素值，必须将这些区域从阴影区域中去除。为此，需要将 C3 分量图和 B 分量图相结合，采用双阈值来进行阴影检测。只有在 C3 分量中高于某个阈值，并在 B 分量中低于某个阈值的区域，被检测成为阴影区域。

## 3 实习步骤

主要涵盖对遥感影像预处理的掌握；对基于分类的专题信息提取方法的掌握，包括分类、分类后处理、专题制图等；对专题信息提取编程及阴影检测算法的掌握。

### 3.1 遥感影像分类专题信息提取与专题制图

#### 3.1.1 设置 SPOT 坐标参考

使用 ERDAS 打开 SPOT 影像发现没有坐标信息，而后续需要利用 SPOT 影像对 TM 影像进行纠正，所以要先按照实习数据 readme.txt 中所给的坐标参考信息设置 SPOT 的空间参考信息。设定过程如下图 1 所示：

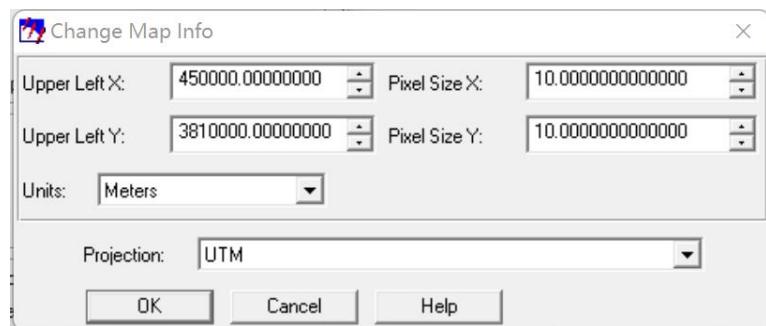


图 1 设置 SPOT 空间参考

输入左上角 XY 坐标，选择投影为 UTM。

选择投影参数为 Krasovsky 椭球，带号 49，North 代表北半球如下图 2：

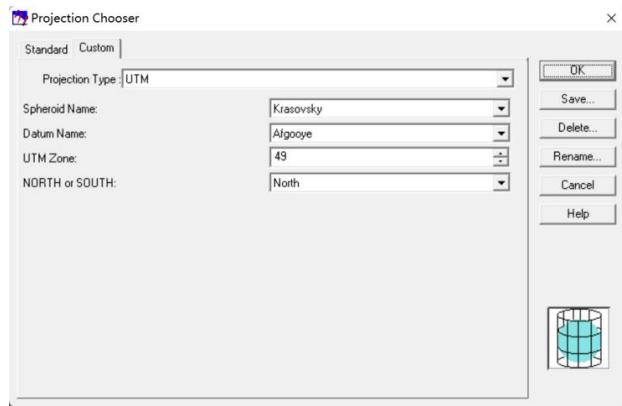


图2 设置投影坐标系

### 3.1.2 TM 影像波段叠加

需要对多波段的 TM 影像进行叠加。选择 ERDAS 中 Interpreter 栏中的 Utilities 中的 Layer Stack 功能，按照顺序添加各波段图像，点击 OK 输出叠加影像。分别对左侧右侧图像进行叠加过程如下图 3、4：



图3 TM 左侧多光谱影像叠加



图4 TM 右侧多光谱影像叠加

波段叠加后左侧影像、右侧影像如下图 5、6 所示：

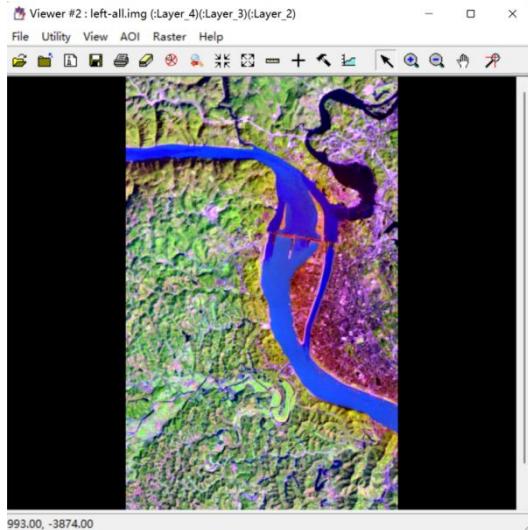


图 5 TM 左侧叠加影像

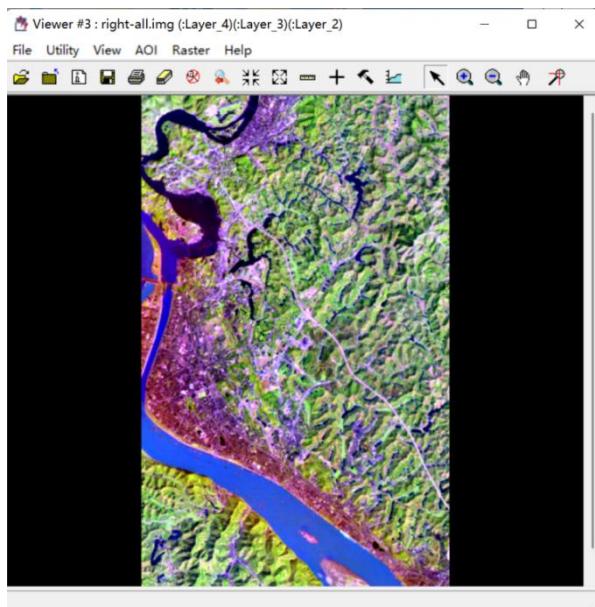


图 6 TM 右侧叠加影像

### 3.1.3 几何纠正

SPOT 影像具有空间参考，而 TM 影像缺失空间参考信息。因此需要以 SPOT 为参考影像，对 TM 影像进行几何纠正。

#### 3.1.3.1 显示图像文件

首先，打开两个 Viewer，左边为 TM 影像，右边为 SPOT 影像。然后，点击 Session 中的 Tile Viewers，使窗口平铺如下图 7。

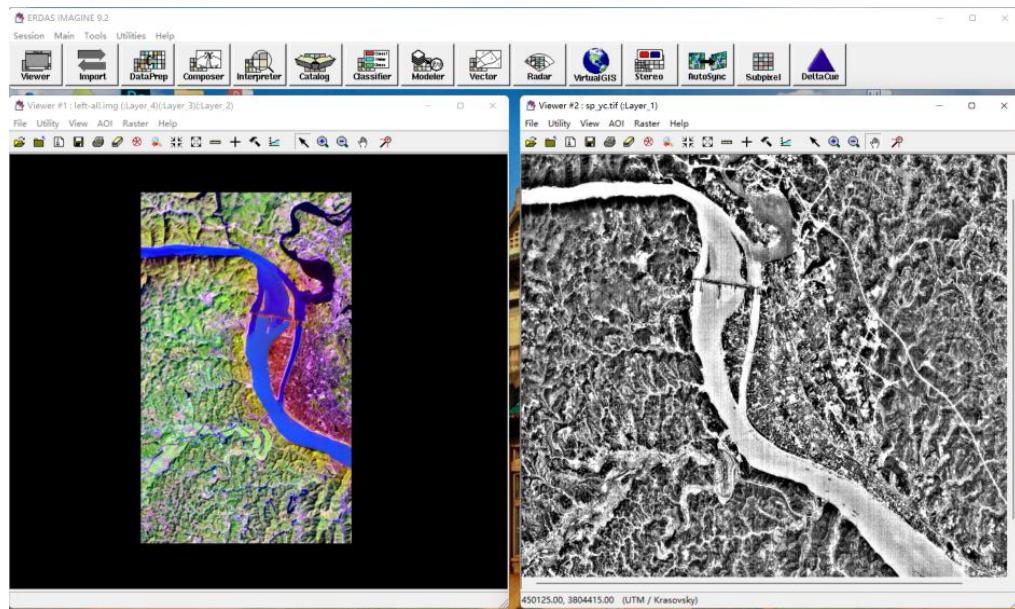


图 7 使用 Tile Viewers 平铺窗口

### 3.1.3.2 启动几何校正模块和控制点工具

在左侧图像中选择 Raster 中的 Geometric Correction 工具，选择多项式模型为 Polynomial 次数为 1，点击应用后选择控制点视窗，单击右侧 SPOT 影像作为参考。

### 3.1.3.3 采集地面控制点

在 GCP 工具对话框中点击 Select GCP 图标，进入 GCP 选择状态。

在 GCP 数据表中将输入 GCP 的颜色 (Color) 设置为比较明显的黄色。在两个视窗中移动关联方框的位置，寻找对应的地物特征点，作为参考 GCP。控制点的最小数目和多项式系数 n 的关系为：最小数目 =  $(n+1)(n+2)/2$ 。这里我们用一次项系数计算，因此至少找 3 个控制点。为了便于剔除粗差较大的点及检查，可选 4-6 个控制点。

控制点选择的原则：

- ① 易分辨、易定位的特征点：道路的交叉口，水库坝址，河流弯曲点等。
- ② 图象边缘部分一定要选取控制点，避免外推。
- ③ 特征变化大的地区应多选些。
- ④ 尽可能满幅均匀选取。

控制点总的中误差应控制在 1 个像元内 (XY 残差值，中误差，这三列数据均要小于 1)。

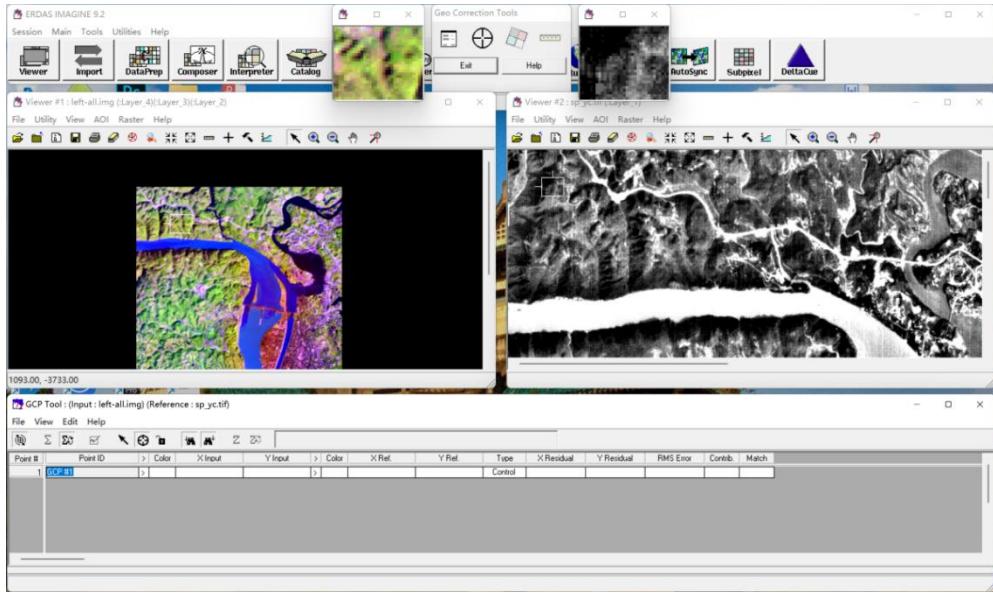


图8 选取控制点

本次实习添加了4个控制点，在左图和右图中分别选取4组一一对应的点如下图1：

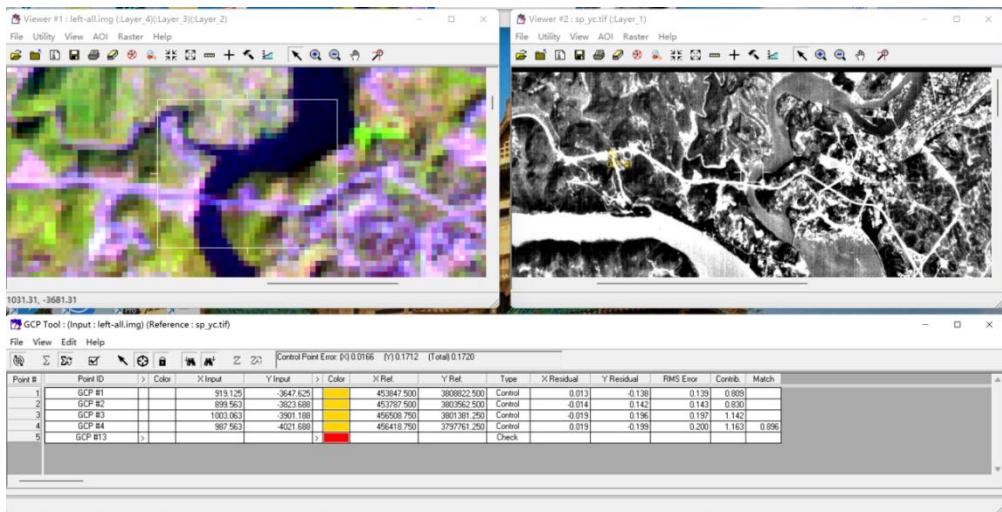


图9 选取4组控制点

### 3.1.3.4 采集地面检查点并计算检查点误差

上一步的控制点用于控制计算，建立转换模型及多项式方程。本步所要采集的GCP点的类型均是Check(检查点). 用于检验所建立的转换方程的精度和实用性。修改GCP类型并定义好各项参数后，在GCP Tool工具条中选择Create GCP图标，并将Lock图标打开，锁住Create GCP功能，将颜色设置为红色，选择五对检查点。选择完毕后，点击Unlock图标，解除Create GCP功能。

在GCP Tool工具条中点击Compute Error图标，检查是否所有检查点的误差均小于一个像元。

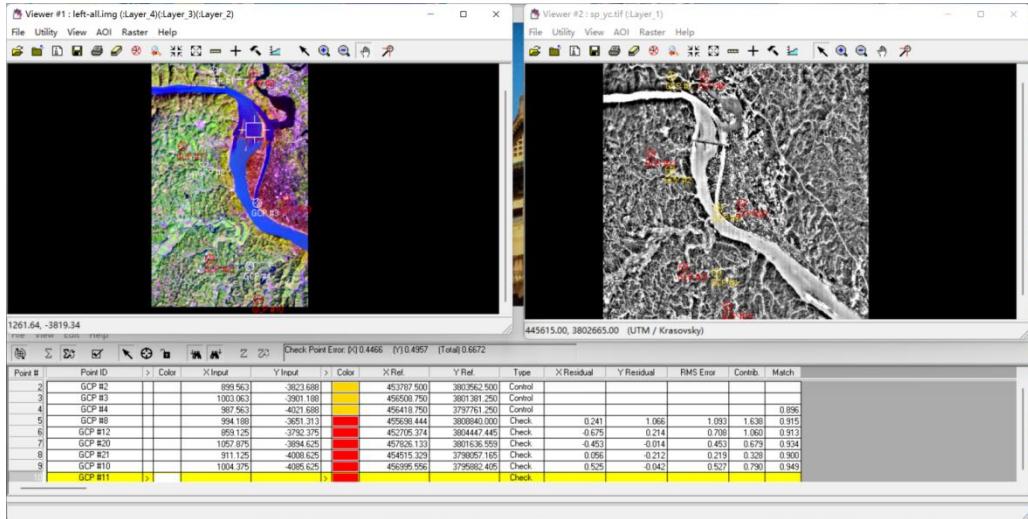


图 10-1 选取的控制点和检查点（左侧）

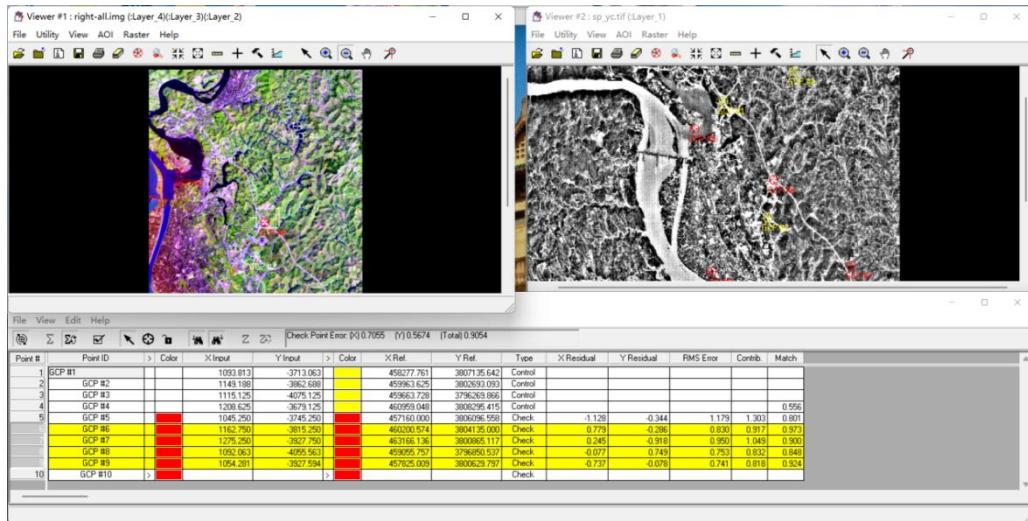


图 10-2 选取的控制点和检查点（右侧）

### 3.1.3.5 图像重采样

在 Geo Correction Tools 对话框中选择 Image Resample 图标，定义重采样参数，启动重采样进程。

重采样完毕后，就得到了我们纠正后的影像，保存影像。

### 3.1.3.6 检查（影像叠加）

在主菜单中打开 Viewer 窗口 Viewer #3，在 Viewer #3 中装入先前的纠正影像与我们刚纠正的影像，在视窗选择 utility-swipe, swipe（卷帘显示），滑动 swipe position 滑块，对两幅图像进行比较，查看纠正效果。

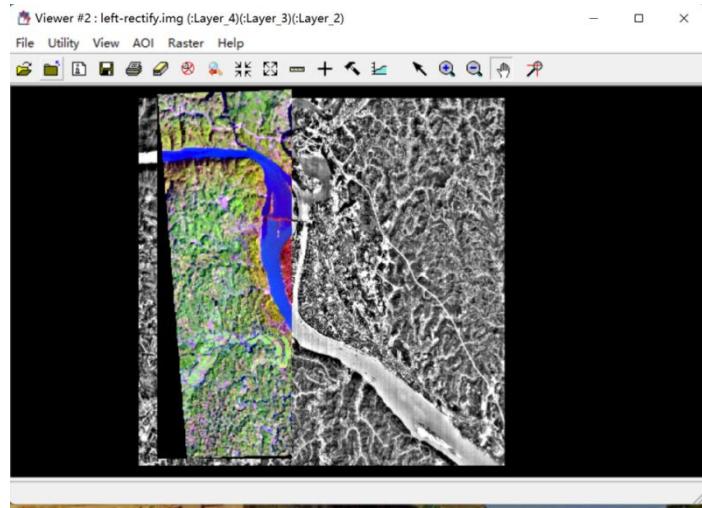


图 11-1 影像叠加（左侧）

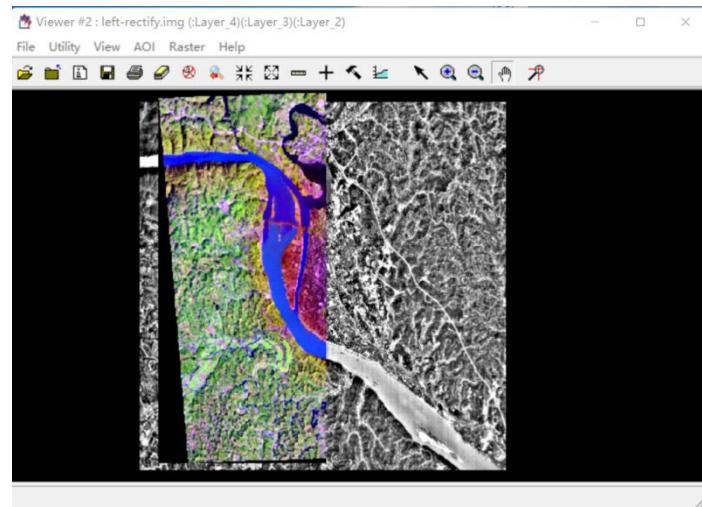


图 11-2 影像叠加（左侧）

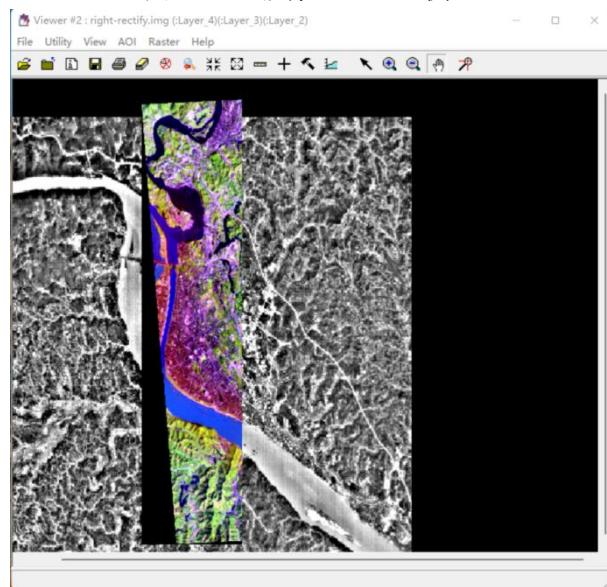


图 11-3 影像叠加（右侧）

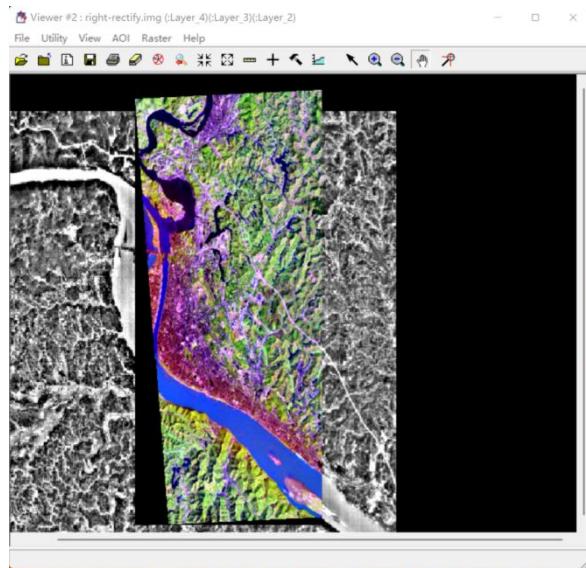


图 11-4 影像叠加（右侧）

### 3.1.4 影像镶嵌

TM 左右两幅影像各自覆盖了观测区域的一部分，因此需要进行影像镶嵌，将左右影像拼接起来。

首先选择 ERDAS 中 DataPrep 一栏中的 Mosaic Images 工具，再选取其中的 Mosaic Tool...

在此影像镶嵌工具窗口中，选择 Add Images 向窗口中依次添加左右两张影像如下图 12 所示。

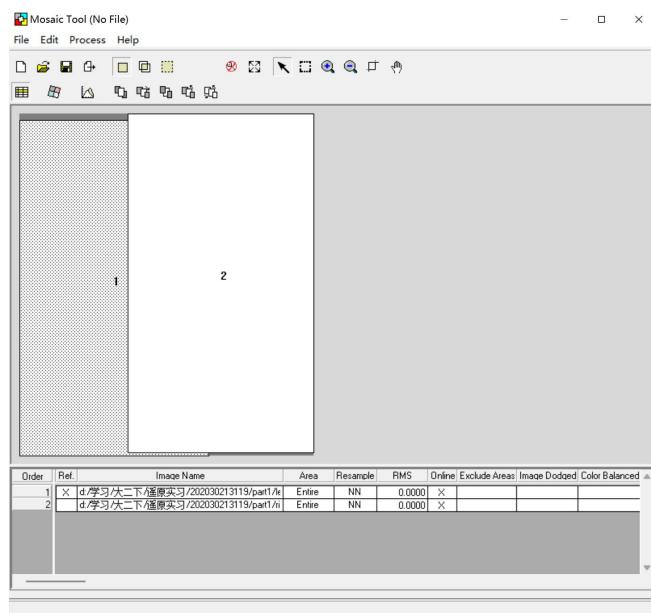


图 12 Mosaic Tool 添加待拼接的影像

添加影像后，设置重合方式（接缝处理方式），选择 No Cutline Exists 和 Feather。

在 Mosaic Tool 窗口中，依次选择 Process, Run Mosaic，在对话框中输入

输出文件名，点击 OK，生成一幅镶嵌好的成果图。

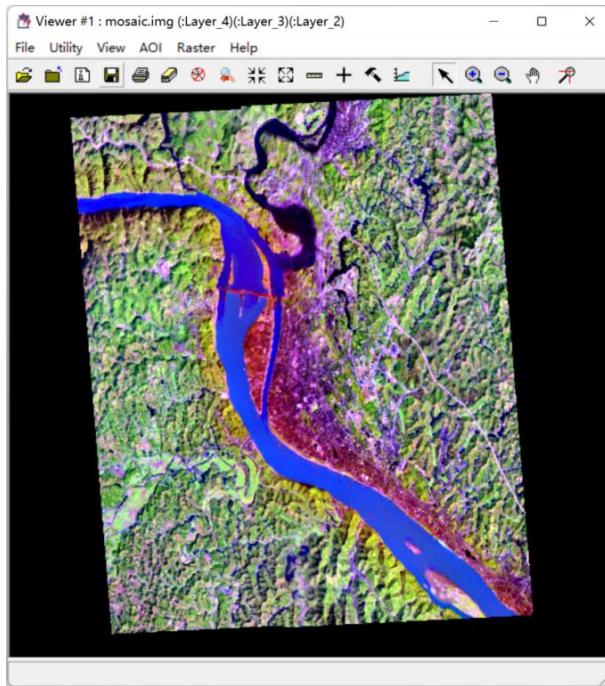


图 13 影像镶嵌结果

在进行影像镶嵌后还可以进行匀光匀色处理，但此处考虑到左右影像来于同一卫星同一时段影像，故是否进行匀光匀色处理对结果影响并不显著，因此此处省略对左右图像进行匀光匀色的处理过程。

### 3.1.5 影像裁剪

在经过影像镶嵌后，得到的图像不是一个规整的矩形，为了便于后续处理和成图美观，需要裁剪出镶嵌影像中的最大内接矩形。

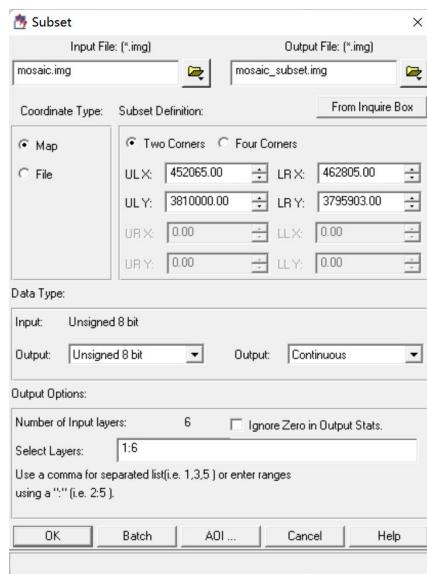


图 14 Subset 裁剪工具窗口

选取左右角点，输入坐标后得到的矩形图像如下图 15 所示：

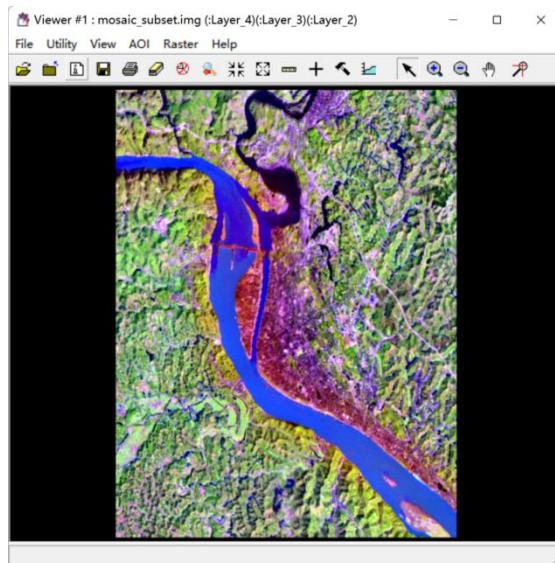


图 15 影像裁剪结果

### 3.1.6 影像融合

在进行几何纠正时，我们用到了具有坐标参考的 SPOT 影像。明显可见的是，相比 TM 影像，SPOT 影像具有更高的空间分辨率，相比 TM 更加清晰。但 SPOT 影像为全色影像，没有如 TM 般丰富的光谱信息。

为了提高数据利用率，提升图像质量，同时增强影像的空间分辨率和光谱信息丰富度。使用 ERDAS 中 Interpreter 栏中的 Spatial Enhancement 工具中的 Resolution Merge 功能进行图像融合。

该功能需要设置高分辨率输入图像和多光谱输入图像，分别输入 SPOT 影像和 TM 经过上述操作所得图像，其他设置保持默认。该工具对话框如下图 16 所示：

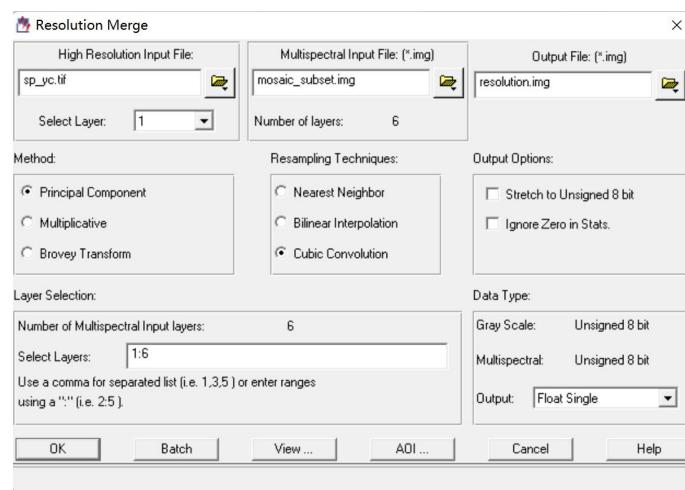


图 16 Resolution Merge 窗口

最终融合后兼具 SPOT 高分辨率和 TM 多光谱信息的图像如下图 17 所示：

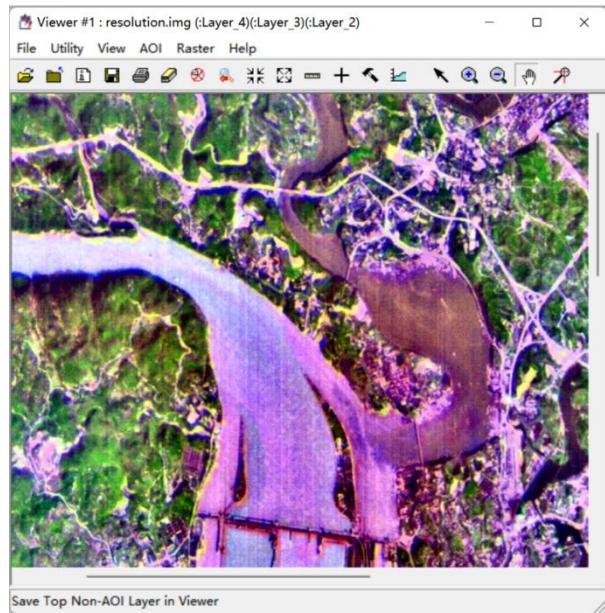


图 17-1 影像融合结果

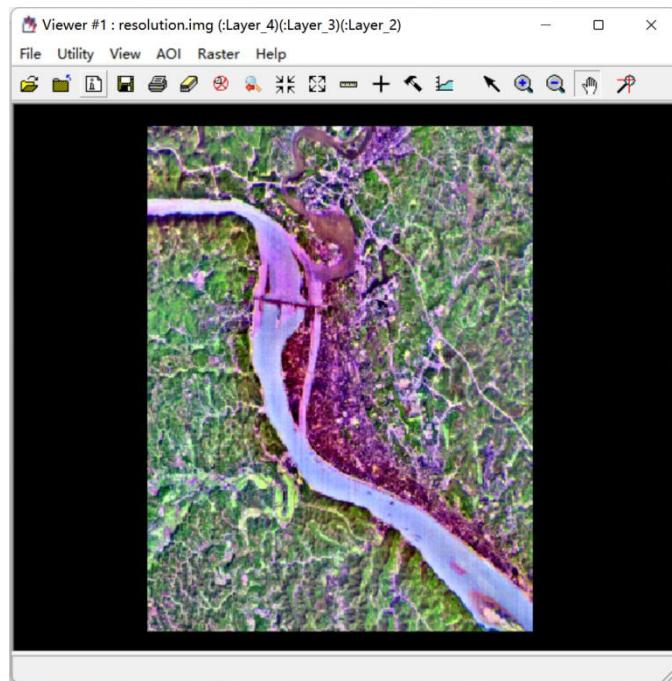


图 17-2 影像融合结果

完成融合得到结果后，同样可以将 SPOT 影像和融合影像进行叠加，观察两图的重合度，检查融合效果。

### 3.1.7 非监督分类

用非监督分类（本次实习中分类方法为 ISODATA），让其自动聚类完成分类任务。非监督分类只需要设置分类数和最大迭代次数。本次实习分类数要求为至

少 5 类，考虑通过增加分类数来提高分类精度，优化分类效果。因此设置分类数为 10 类，最大迭代次数 18 如下图 18，TM 叠加影像的分类结果如下图 19：

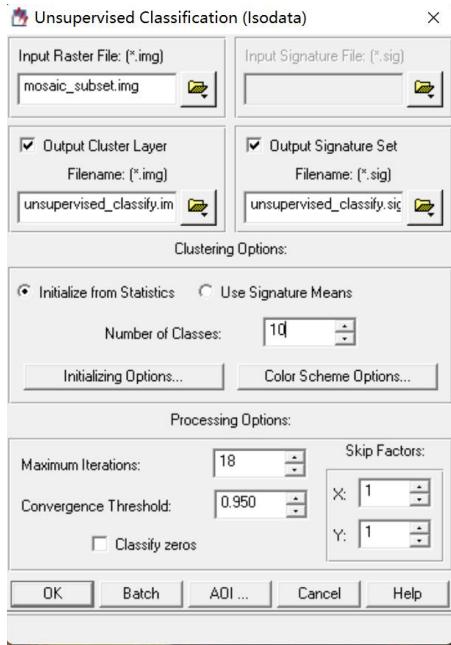


图 18 非监督分类窗口

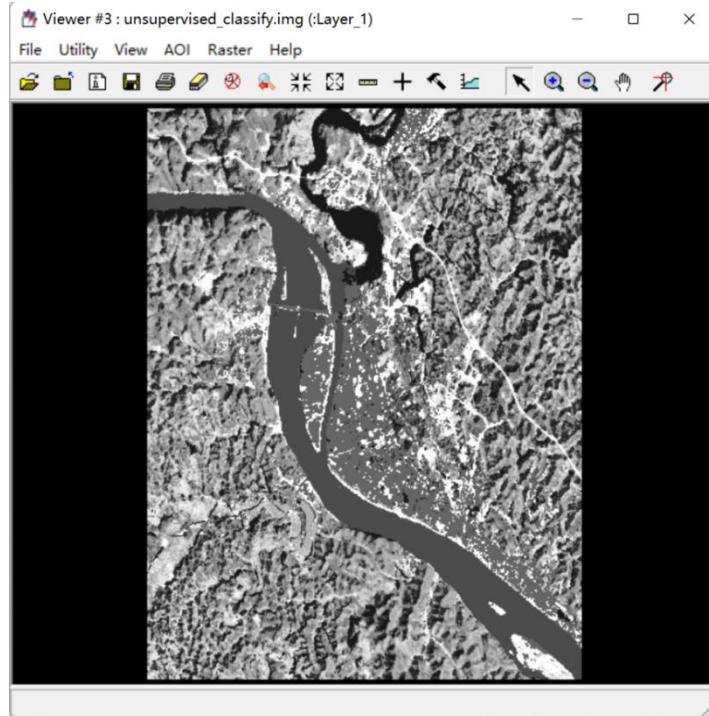


图 19 非监督分类数 10 结果

图像非监督分类完成后，可以查看图像属性 Attribute，在分类结果图像中，灰度有了与普通图像中不同的意义。在分类结果，不同的灰度，代表特定的类别，是一种类别的编号，如下图 20 所示：

Raster Attribute Editor - unsupervised\_classify.img(:Layer\_1)

File Edit Help

Layer Number: 1

Row	Histogram	Color	Red	Green	Blue	Opacity	Class Names
0	0	[Color Box]	0	0	0	0	Unclassified
1	10745		0.1	0.1	0.1	1	Class 1
2	21385		0.2	0.2	0.2	1	Class 2
3	16547		0.3	0.3	0.3	1	Class 3
4	19843		0.4	0.4	0.4	1	Class 4
5	24289		0.5	0.5	0.5	1	Class 5
6	23959		0.6	0.6	0.6	1	Class 6
7	15422		0.7	0.7	0.7	1	Class 7
8	14606		0.8	0.8	0.8	1	Class 8
9	11552		0.9	0.9	0.9	1	Class 9
10	10741		1	1	1	1	Class 10

图 20 不同灰度对应的类别

由于灰度区分性不强，可以在属性中为每个类别设置不同的颜色，如下图 21 所示：

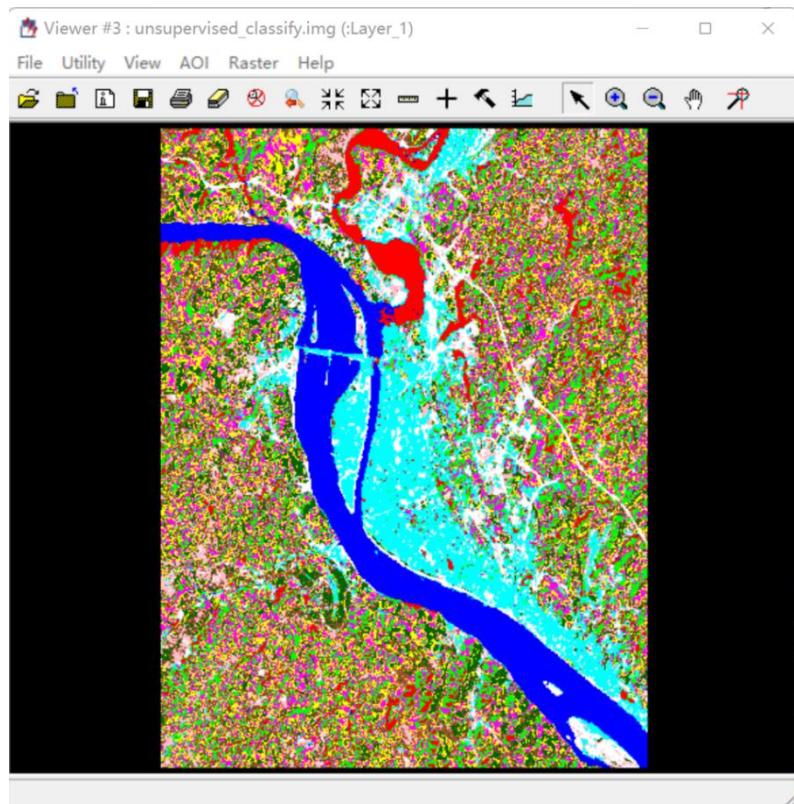


图 21 为不同类别设置不同颜色 (TM 影像分类结果)

为了探索哪一幅图像适合进行分类处理，对融合影像也进行了非监督分类，如下图 22 所示：

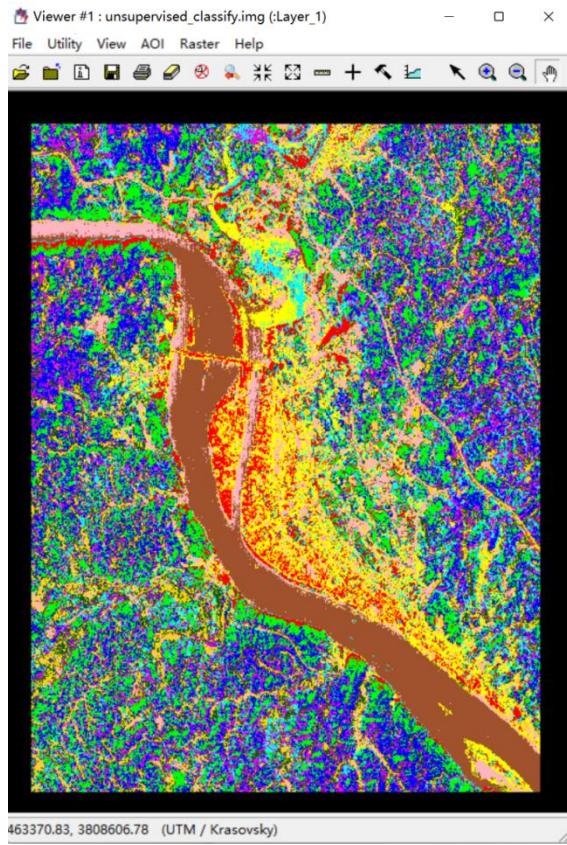


图 22 为不同类别设置不同颜色（融合影像分类结果）

观察上面两幅分类结果图像，不难发现，融合影像由于具有更高的分辨率以及几何纠正时的微小误差，导致色彩偏移。融合影像所得到的结果相比 TM 影像有更多小斑块以及部分受重影影响分类错误的区域。

综上分析后，本次实习后续操作决定使用 TM 影像。

由于上文分类为了提高分类精度中设置的类数是 10，而要求的类别数为 5，因此需要对某些类别进行合并。合并使用 ERDAS 中 Interpreter 栏中的 GIS Analysis 中的 Recode 工具。参考原图中地物，将类别进行合并。Recode 工具对话框如下图 23 所示：

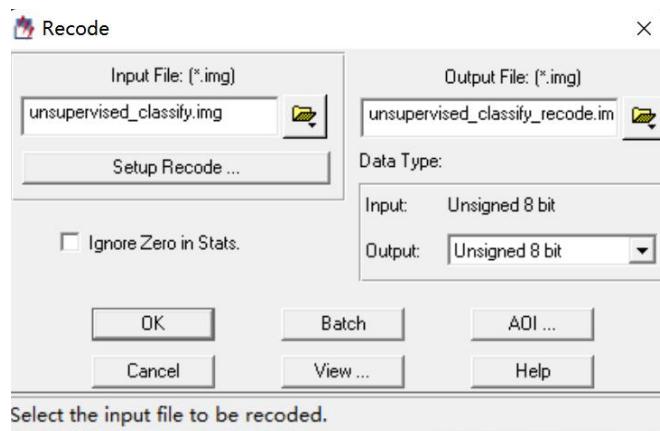


图 23 Recode 工具

点击 Setup Recode... 进入 Thematic Recode 界面，即可对地物进行重编码。下图 24、25 为 Recode 过程中参照水体进行重编码的过程和结果：

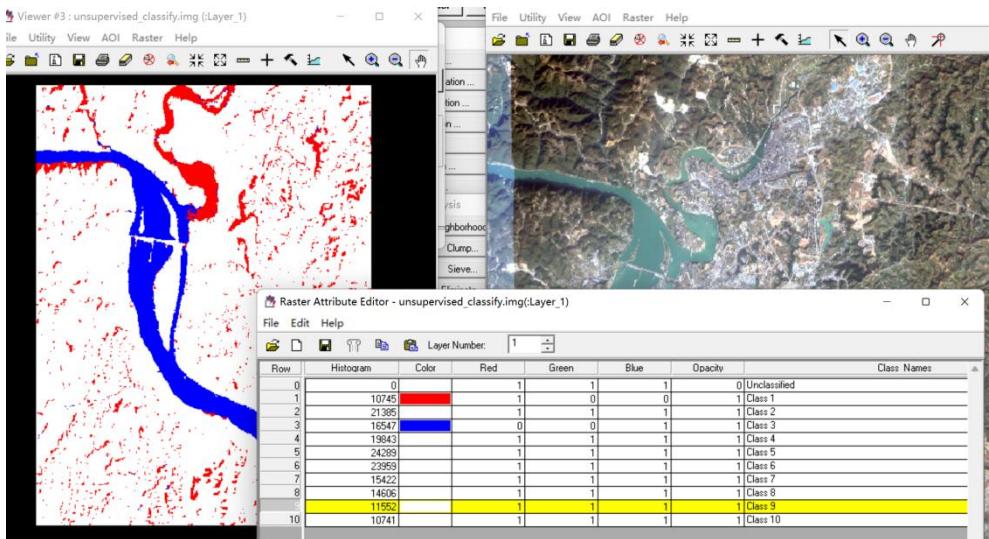


图 24 在分类图像中发现该两类为水体需要合并

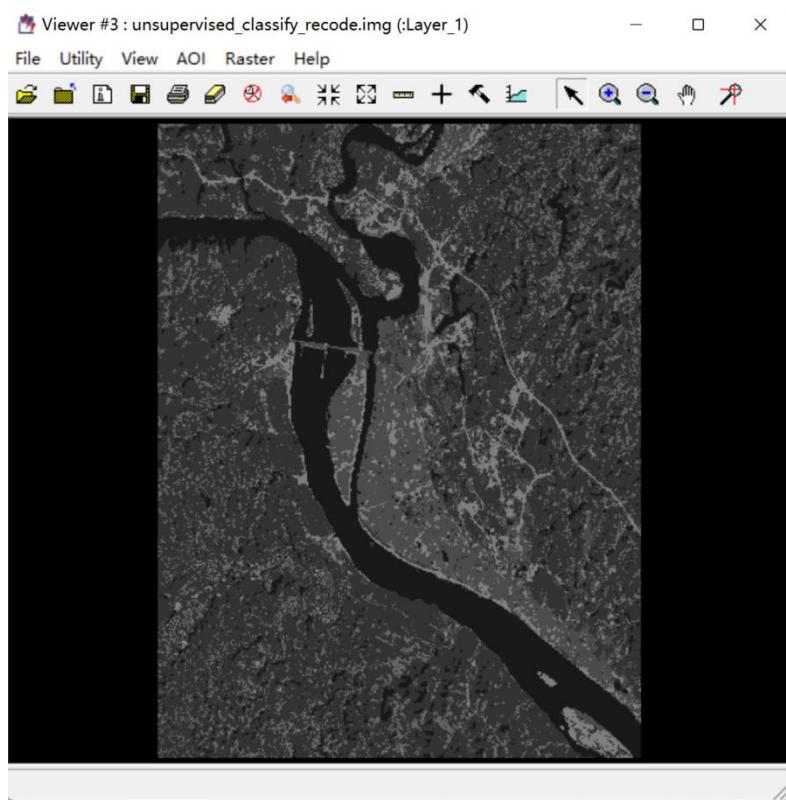


图 25 重编码后 5 类结果

完成重编码后，可以在图像属性中，Add field name, 添加一项类别名，并填写对应类别，并设置不同地物的颜色。下图 26 为设置结果：

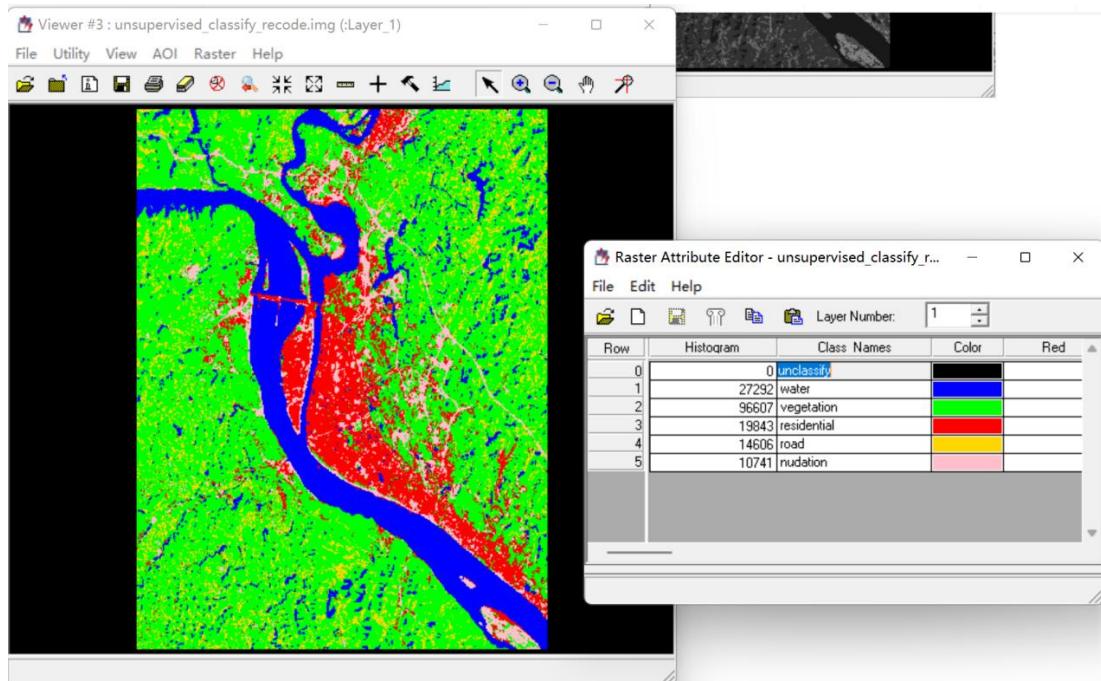


图 26 最终结果

最后需要说明的是，该非监督分类结果基本合理，视觉效果尚可。但存在的问题是，非监督分类不可控，只能通过调节参数改变结果。因此，非监督分类的精度并不会很高，分类主要依靠的方法仍是监督分类。

### 3.1.8 监督分类

经过非监督分类后已确定使用 TM 图像能够获得效果更好的分类图像。因此在进行监督分类时使用 TM 影像。且查看过图幅区域对应的高分辨率遥感影像后，确定地物分为 5 类：水体、植被、道路、居民地、裸地。

进行监督分类时，首先需要打开 Signature Editor 窗口，使用 AOI 工具选取样本添加至 Signature Editor 中。具体过程为使用 AOI 多边形选区工具选取样本，左键选点，双击左键结束选取，最后点击 Signature Editor 中的 Edit 中的 Add 添加选区。以添加水体样本区为例如下图 25 所示：

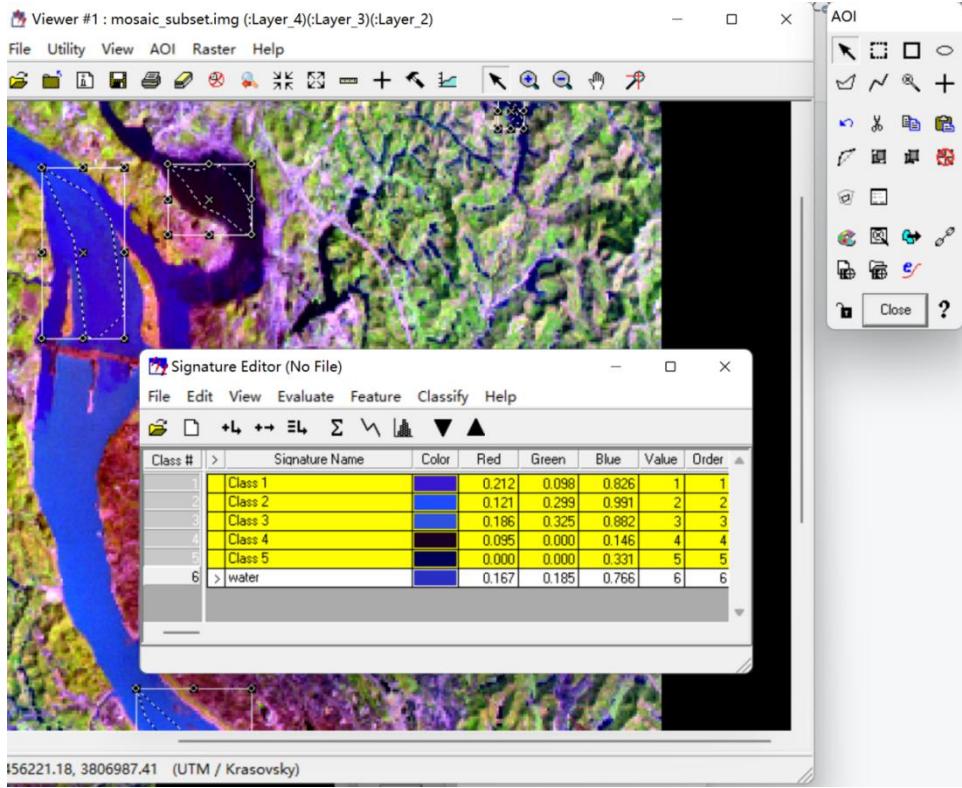


图 27 选取添加水体样本选区并合并为一个新选区

在完成水体选区后，对于其他几类地物执行相同的操作。最后完成所有选区，合并后结果如下图 28 所示：

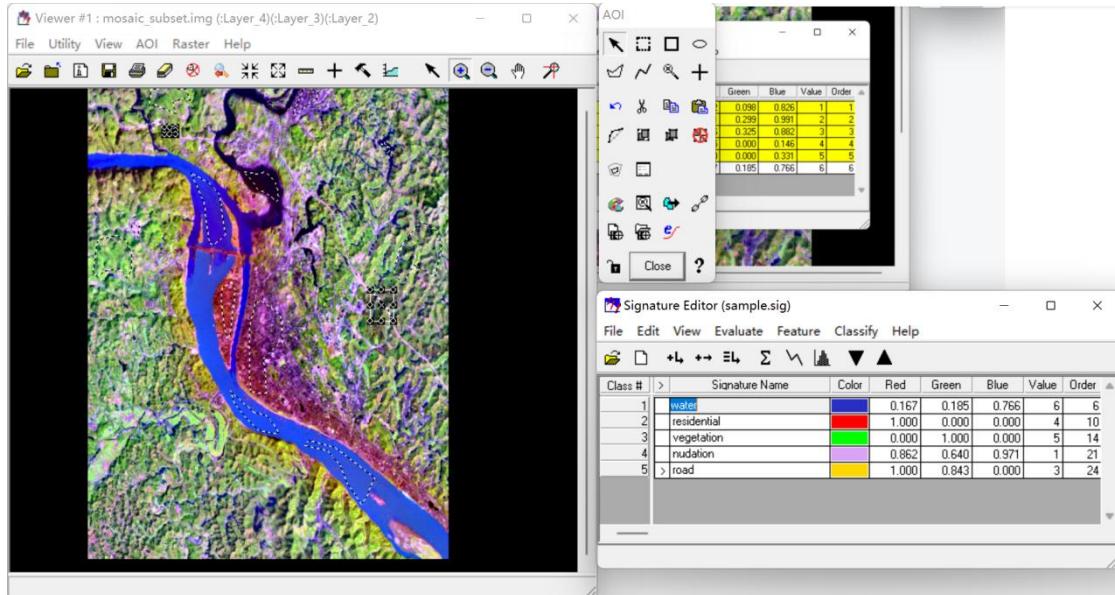


图 28 所有样本区

完成样本区域选取后，需要对样本区的代表性进行评价，确定是否能够用于后续分类处理。要求每个类别的精度达到 90% 以上。点击 Signature Editor 窗口中的 Evaluate 查看精度评价如下图 29：

ERROR MATRIX

		Reference Data		
Classified Data	water	residentia	vegetation	nudation
water	3398	0	0	0
residentia	29	2889	3	0
vegetation	1	2	3672	0
nudation	0	27	9	75
road	0	19	14	2
Column Total	3428	2937	3698	77

		Reference Data	
Classified Data	road	Row Total	
water	0	3398	
residentia	0	2921	
vegetation	5	3680	
nudation	2	113	
road	74	109	
Column Total	81	10221	

----- End of Error Matrix -----

ERROR MATRIX

		Reference Data		
Classified Data	water	residentia	vegetation	nudation
water	99.12	0.00	0.00	0.00
residentia	0.85	98.37	0.08	0.00
vegetation	0.03	0.07	99.30	0.00
nudation	0.00	0.92	0.24	97.40
road	0.00	0.65	0.38	2.60
Column Total	3428	2937	3698	77

		Reference Data	
Classified Data	road	Row Total	
water	0.00	3398	
residentia	0.00	2921	
vegetation	6.17	3680	
nudation	2.47	113	
road	91.36	109	
Column Total	81	10221	

----- End of Error Matrix -----

图 29 样本区精度评价

完成样本区域选取，且选区合格后，即可开始进行监督分类运算。点击 Signature Editor 中 Classify 一栏，选择监督分类，选择不同的分类方法，即可输出分类结果如下图 30-32：

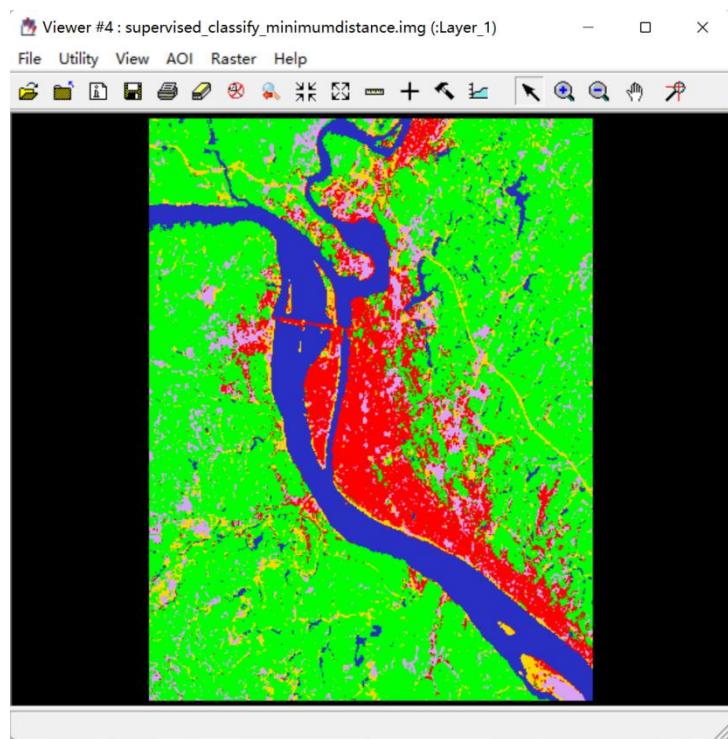


图 30 最小距离法监督分类图

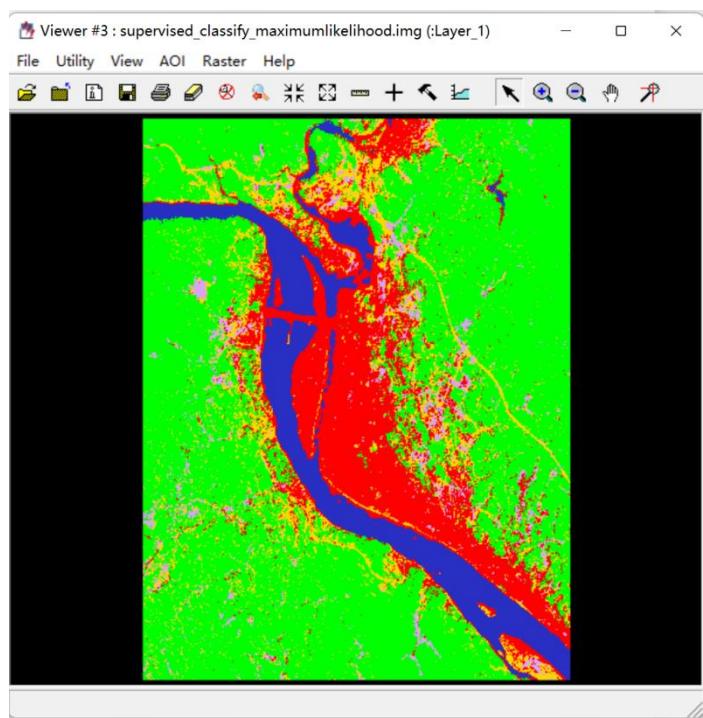


图 31 最大似然法监督分类图

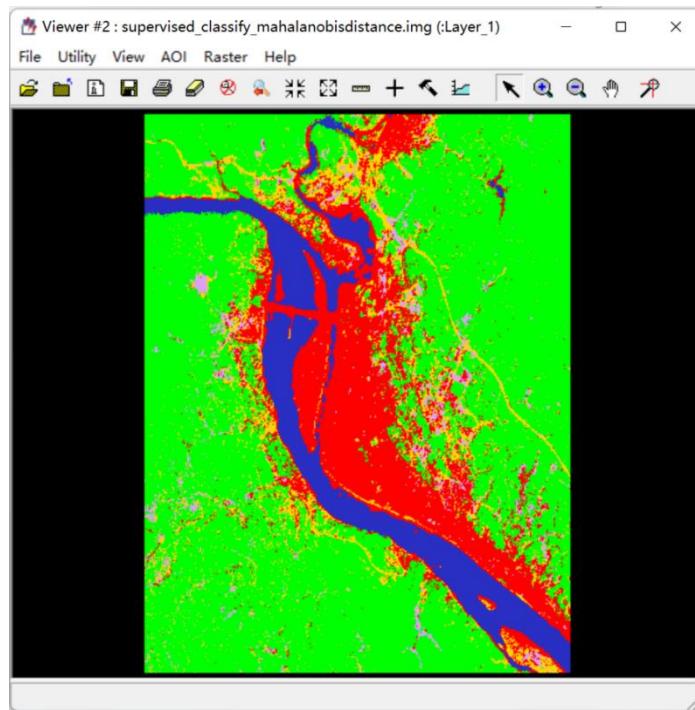


图 32 马氏距离法监督分类图

完成分类处理后，需要对分类结果进行精度评定。精度评定的主要过程包括：随机撒点，标定类别，评定精度。

首先打开 Classification 栏中的精度评定工具 Accuracy Assessment，并点击 File 中的 Open 将待评定的分类结果图像加入工具中。再点击 Edit 中的添加随机点，打开撒点设置窗口 Add Random Points，设置撒点数为 120，撒点模式为 Stratified Random。选择 Edit 中的 Show Class Values 显示每个点在分类图像中的类别。

打开一个 Viewer，装填入融合后的影像（同时具有高空间分辨率和丰富的光谱信息，便于判别地物真实类别），然后查看撒点结果。点击 Accuracy Assessment 中的 View，选择 Select Viewer，点击融合后的影像所在的视图，再选择 Show All 显示所有随机点如下图 33：

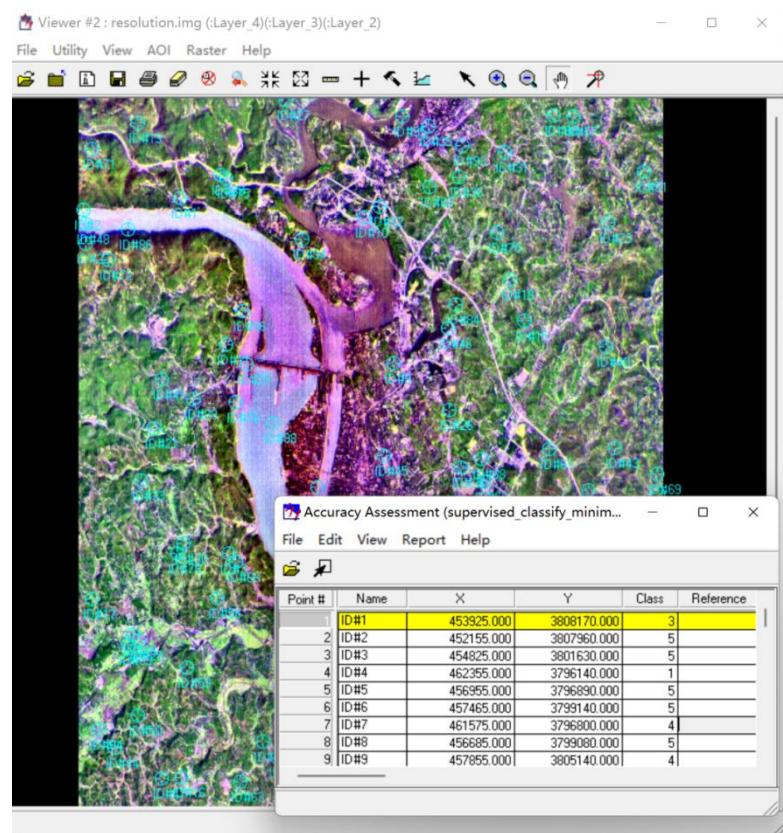


图 33 随机撒点结果

对所有 120 个点依次进行标注，标注过程和结果如图 34、35：

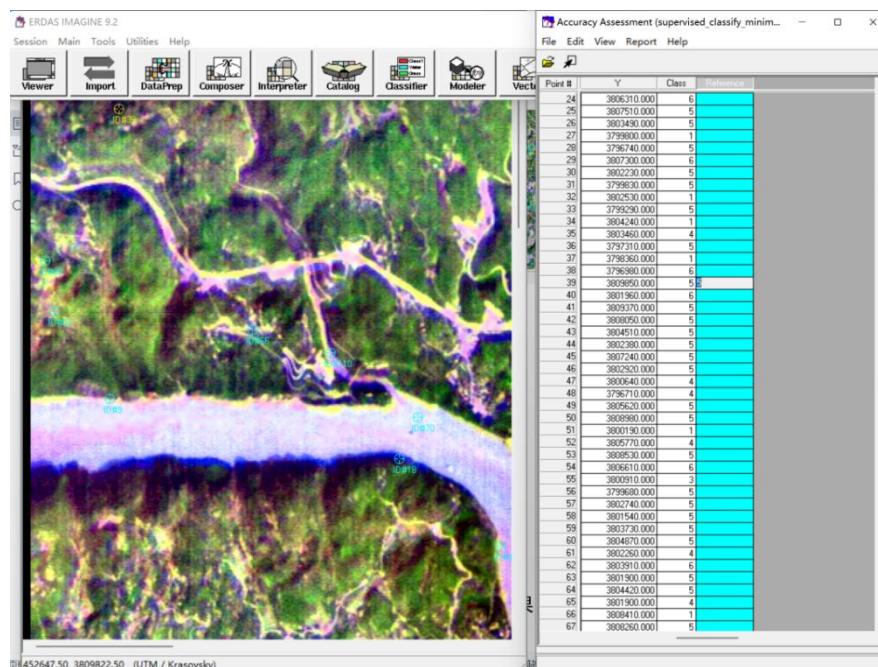


图 34 对 120 个点真实类别进行标注

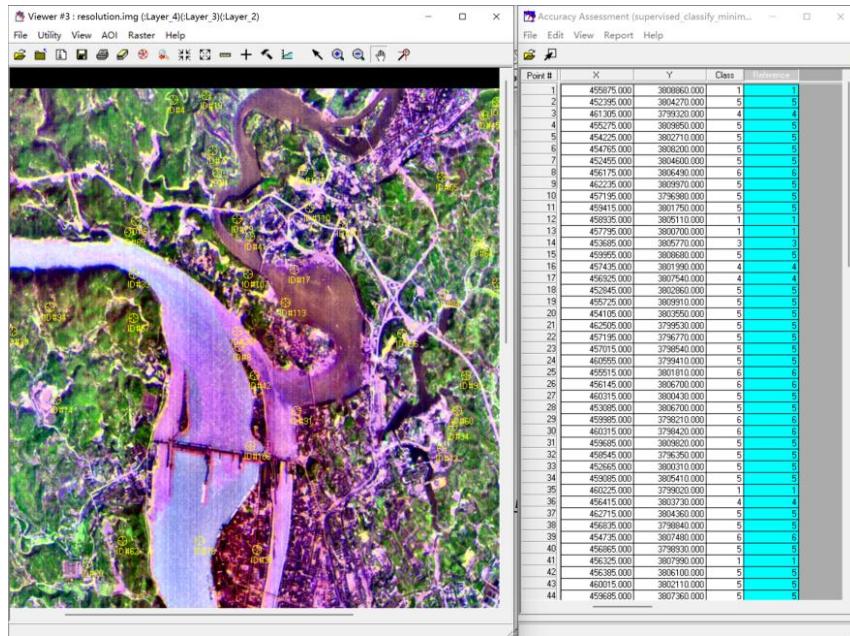


图 35 撒点标注结果

完成标注后可以点击 View 中的 Show Class 查看分类图像中类别。最后点击 Report 即可生成分类进行精度评定，精度评定结果如下图 36：

ACCURACY TOTALS						
Class Name	Reference Totals	Classified Totals	Number Correct	Producers Accuracy	Users Accuracy	
Unclassified	0	0	0	---	---	
nudation	9	10	9	100.00%	90.00%	
road	8	8	7	87.50%	87.50%	
residential	13	15	13	100.00%	86.67%	
vegetation	73	71	70	95.89%	98.59%	
water	17	16	16	94.12%	100.00%	
Totals	120	120	115			
Overall Classification Accuracy = 95.83%						
----- End of Accuracy Totals -----						
KAPPA (K*) STATISTICS						
Overall Kappa Statistics = 0.9302						
Conditional Kappa for each Category.						
Class Name	Kappa					
Unclassified	0.0000					
nudation	0.8919					
road	0.0000					
residential	0.8661					
vegetation	0.8505					
water	0.9640					
	1.0000					
----- End of Kappa Statistics -----						

图 36 监督法分类精度

从精度评定结果来看，总体分类精度为 95.83%，超过 90% 达标，Kappa 系数为 0.9302。

### 3.1.9 分类后处理

完成分类处理后需要将其输出为专题地图。制作专题地图除了添加各类地图要素外，还要先对图像进行一些预处理即分类后处理。

由于分类结果仍存在许多小斑块，相当于散步的噪声，因此采取聚类分析 Clump 工具和 Eliminate 工具去除小斑块。

首先进行聚类分析，打开 Interpreter 栏中的 GIS Analysis 中的 Clump 工具，保持默认设置进行输出如下图 37：

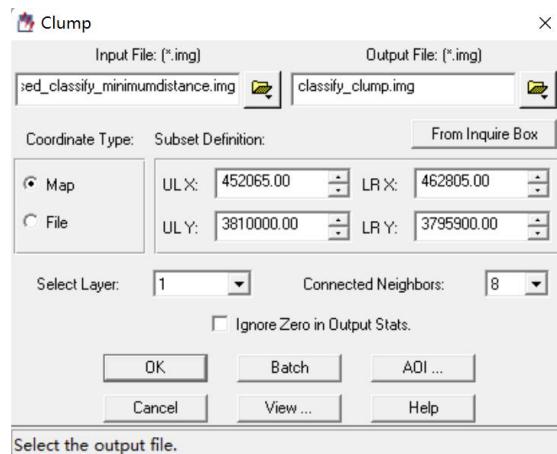


图 37 Clump 工具

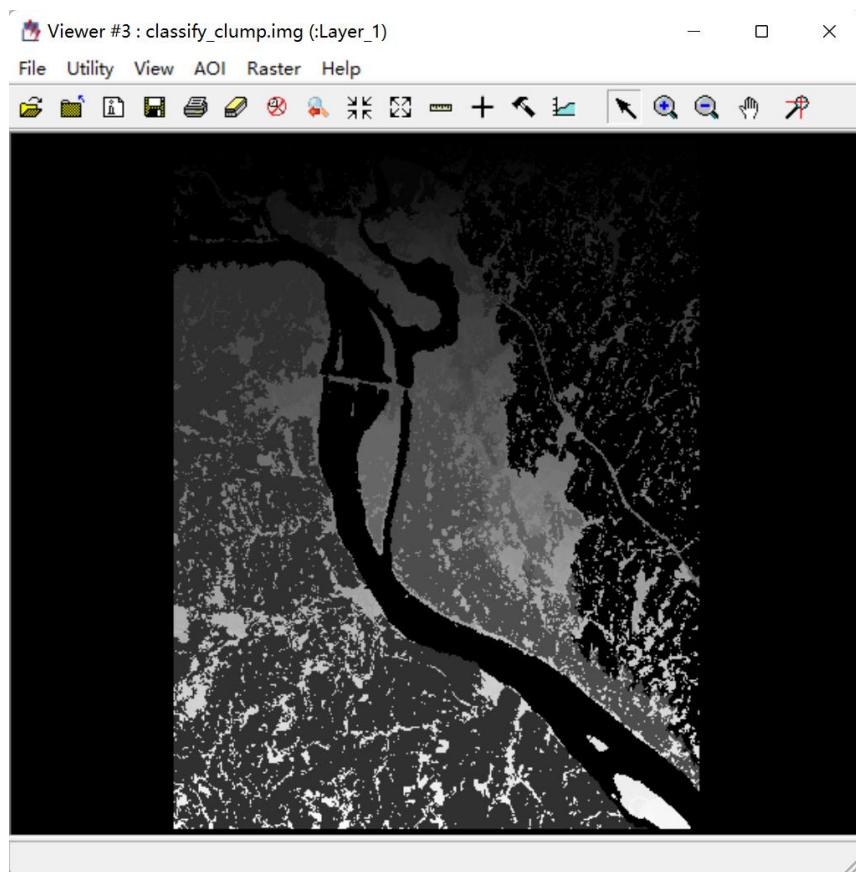


图 38 Clump 结果图

完成 Clump 处理后还需要去除图像中的小图斑，使用 Interpreter 栏中的 GIS Analysis 下的 Eliminate 工具。可以调节去除斑块的门限 Minimum 如下图 39，不同门限得到的结果如下图 40：

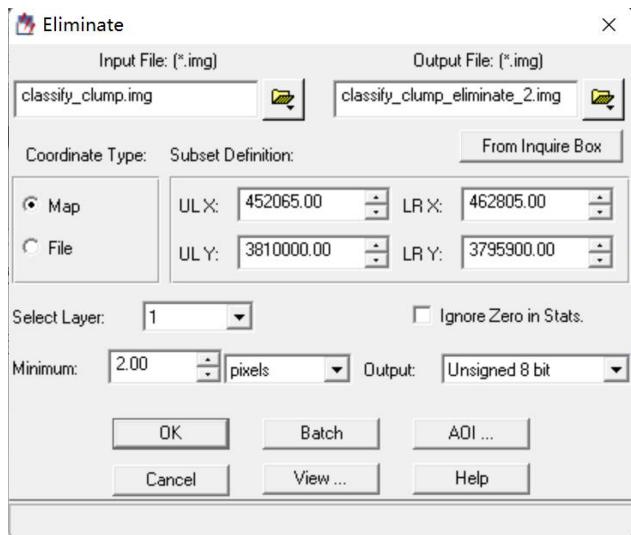


图 39 Eliminate 工具窗口

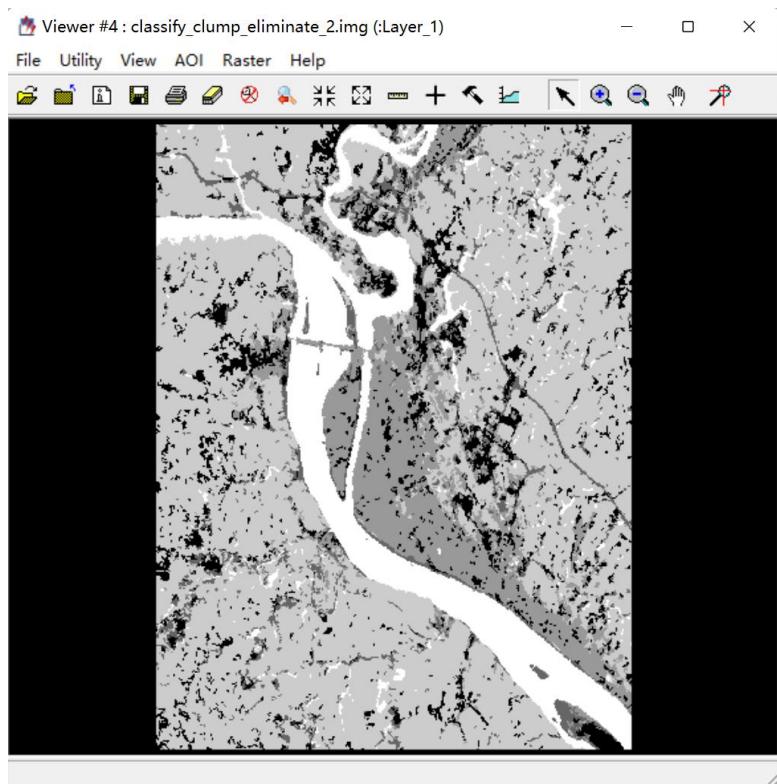


图 40-1 Eliminate 结果图（门限为 2）

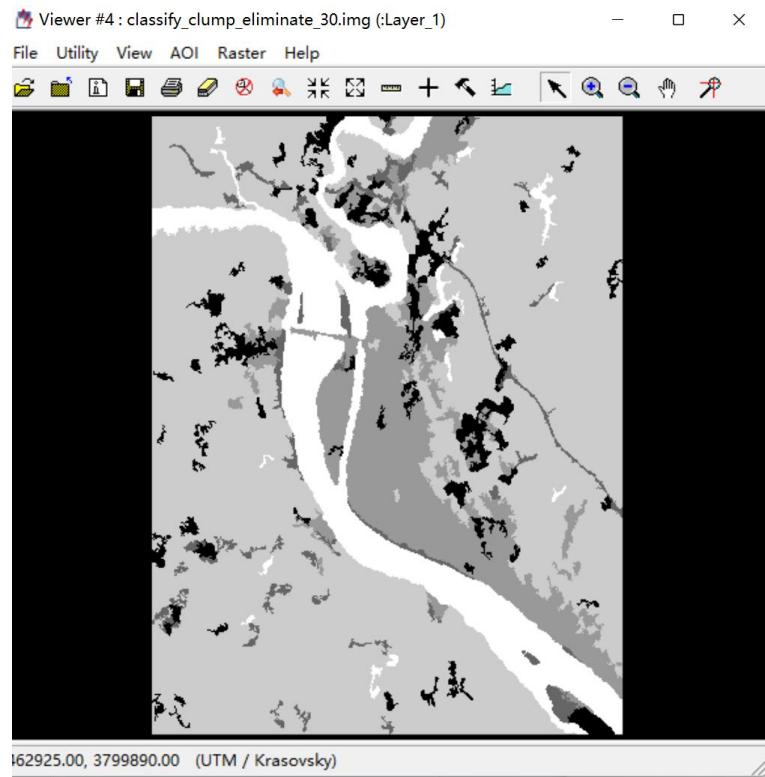


图 40-2 Eliminate 结果图（门限为 30）

在一个新的 Viewer 中，加载上一步的结果图，在 Attribute 中为不同类别设置不同的颜色，得到最终的底图，，如下图 41 所示：

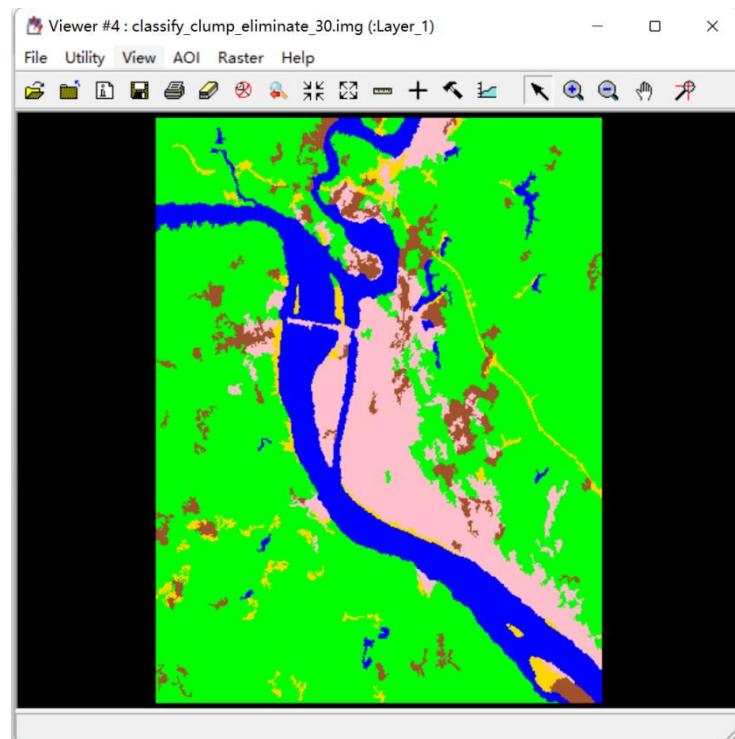


图 41 最终底图

### 3.1.10 制作专题地图

完成分类处理后需要将其输出为专题地图。在 ERDAS 完成制作输出地图的全过程。

首先新建地图文件，打开 Map Composer 中的 New Map Composition 设定地图文件的尺寸和文件名如下图 42：

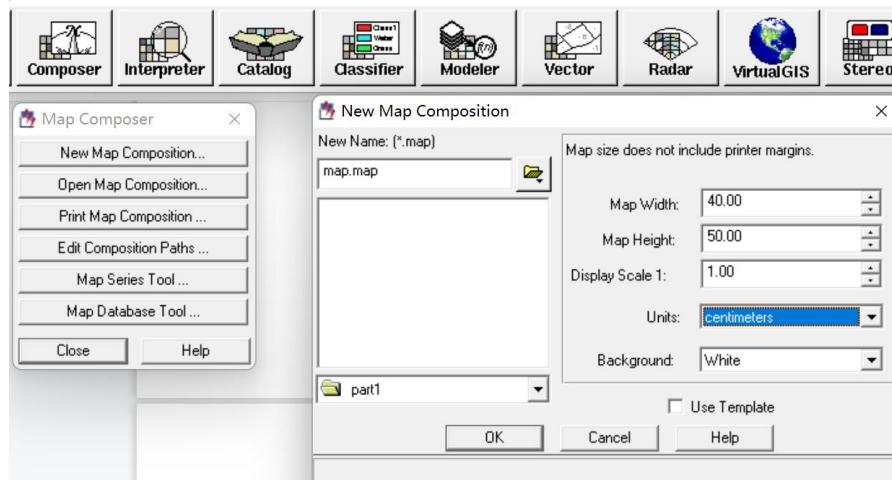


图 42 新建地图文件

之后，使用 Map Composition Size 来设置地图文件的尺寸，再新建图框范围，即确定地图底图及其放置的位置。具体过程为点击 Annotation 中的第四排第二个工具再点击白色地图区域，点击后会提示选择底图，用鼠标单机打开有分类结果的图像的 Viewer 即可。

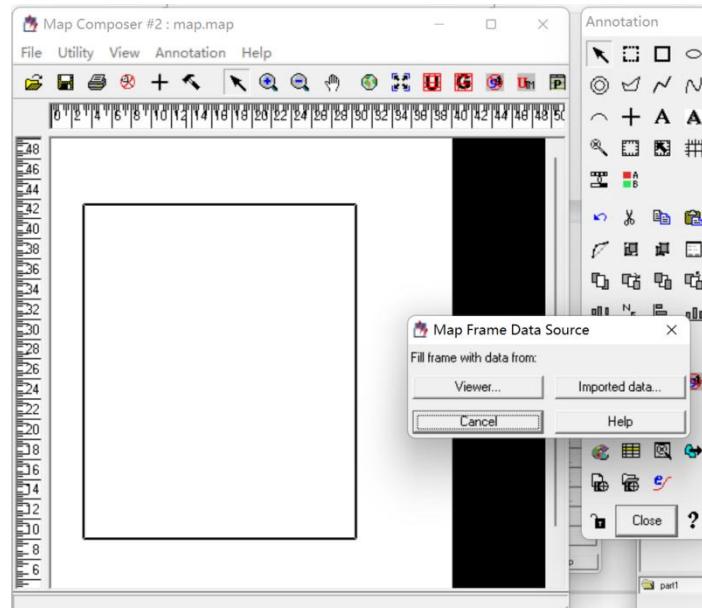


图 43 新建图框结果，加载底图

最后，在 Viewer 中调整图框的覆盖位置，保证大部分的底图都能在地图中展示出来。

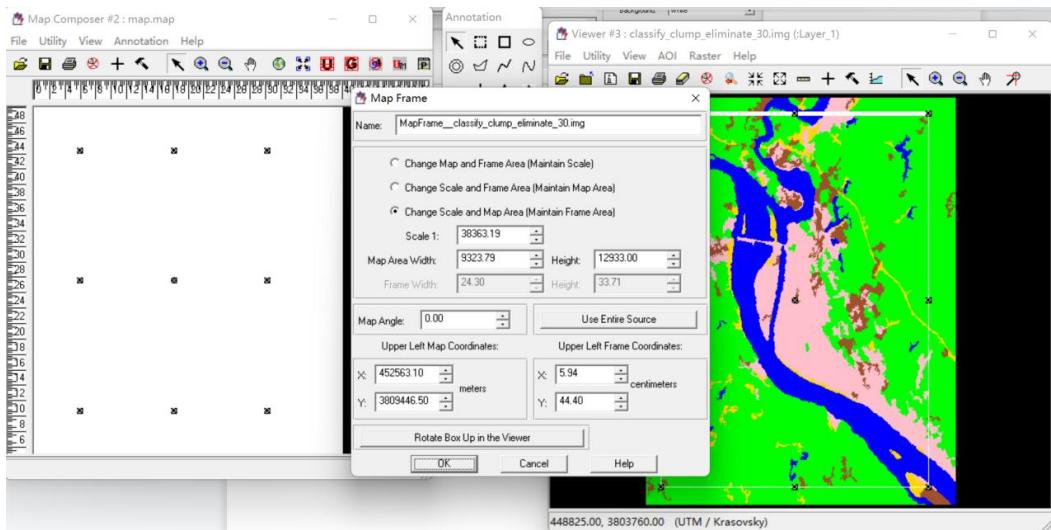


图 44 新建图框结果，加载底图

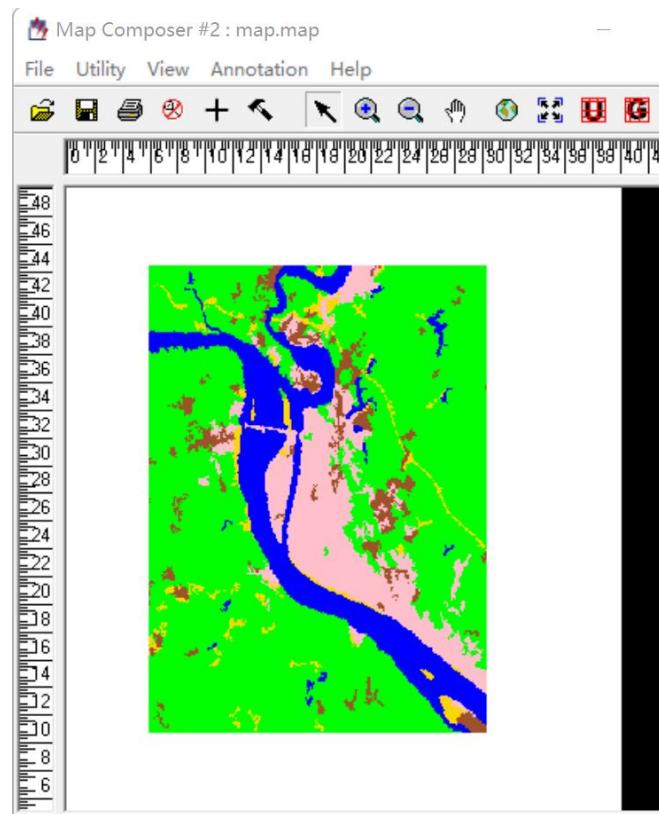


图 45 加载底图结果

下一步是为底图添加坐标格网，点击 Annotation 中第四排最后一个工具后再点击底图即可唤醒 Set Grid 的对话框后需要点击选择 Use Full Grid，更改单位为 Centimeters 如下图 46，结果如下图 47：

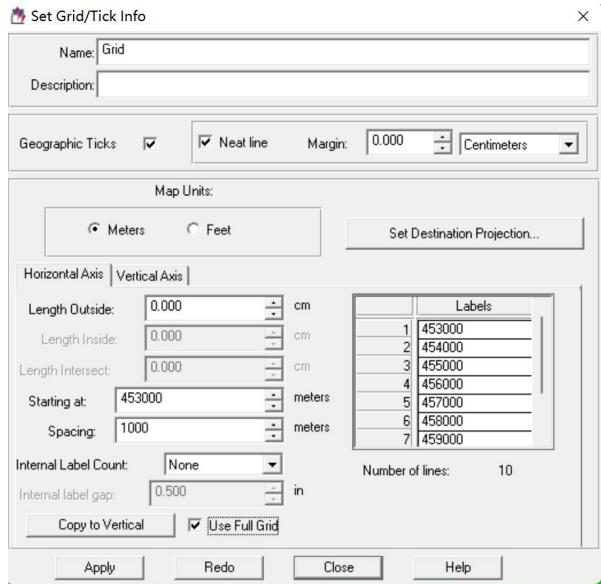


图 46 格网设置窗口

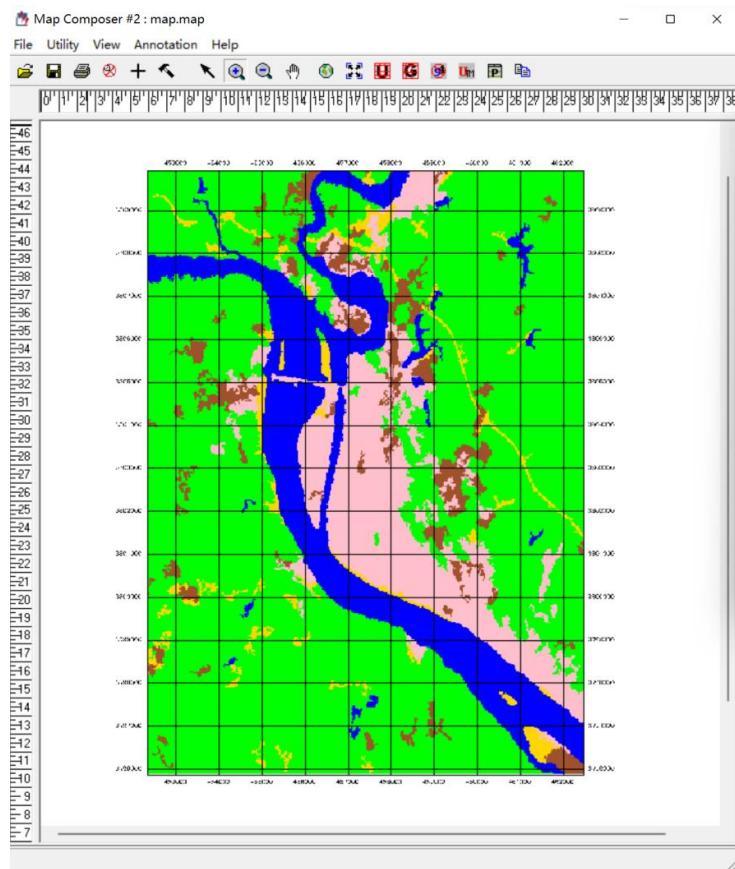


图 47 添加格网结果

添加格网结果后需要添加图例，点击 Annotation 中的第五排第二个工具，再点击底图即可唤醒 Legend Properties 窗口，按住 Shift 选择需要添加图例的五个类别如下图 48：

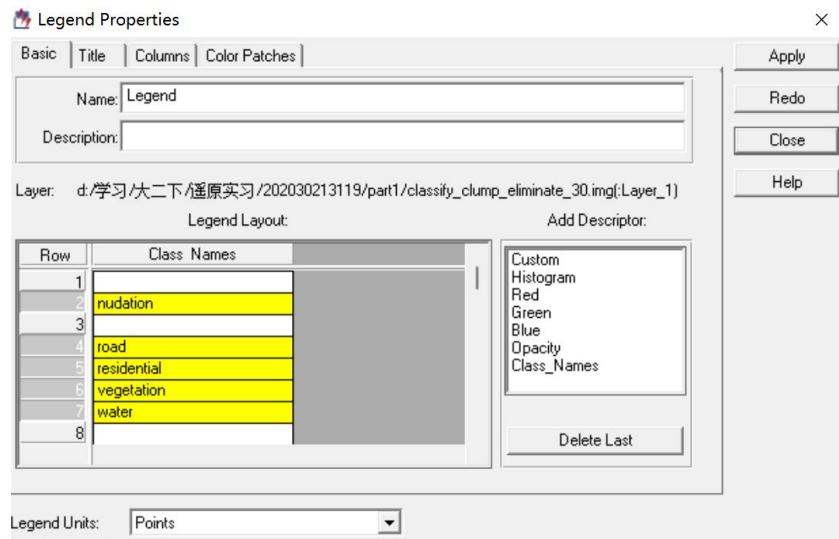


图 48 图例设置窗口

添加图例后，需要添加指北针。选择 Annotation 中的 styles...，打开 Style for map，选择 Symbol Style，选择 more，再在下拉框中选择 North Arrows 即可选择指北针样式。完成选择后点击 Annotation 中的十字标工具点击地图添加。其过程如下图 49：

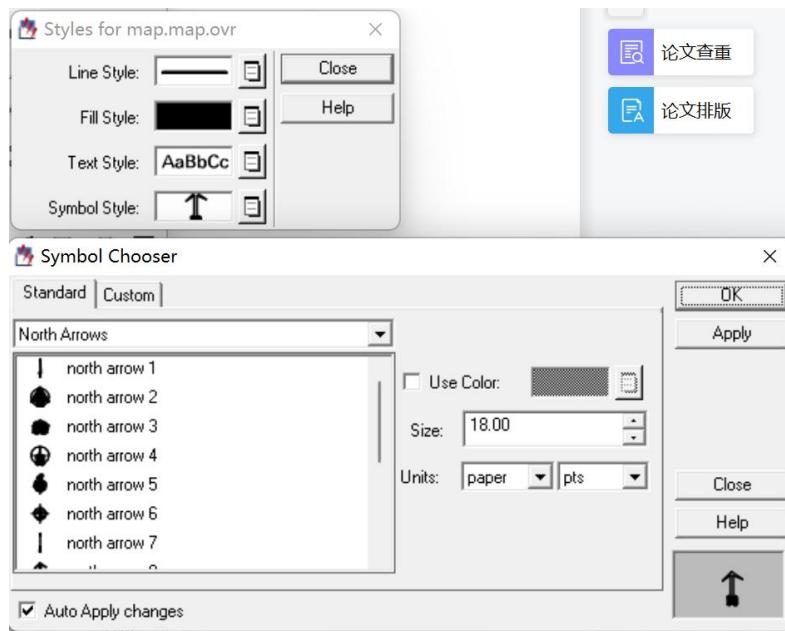


图 49 指北针设置窗口

下一步还需要添加比例尺，点击 Annotation 中的第五排第一个工具，再点击底图即可唤醒 Scale Bar Properties 窗口，设置比例尺相关参数，主要是更改 Unit 单位为 Kilometers，如下图 50：

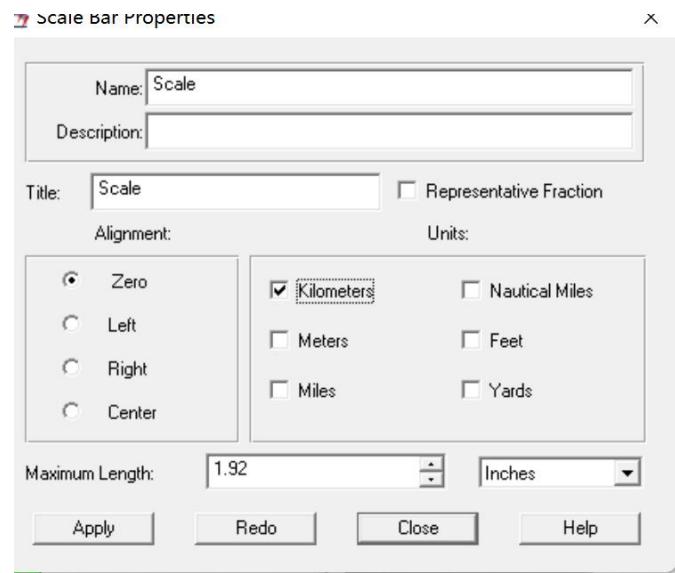


图 50 图例设置窗口

最后需要添加标题和制图者信息完成成图。添加标题和制图者信息需要点击 Annotation 第三排第三个工具如下图 51：



图 51 设置文本框窗口

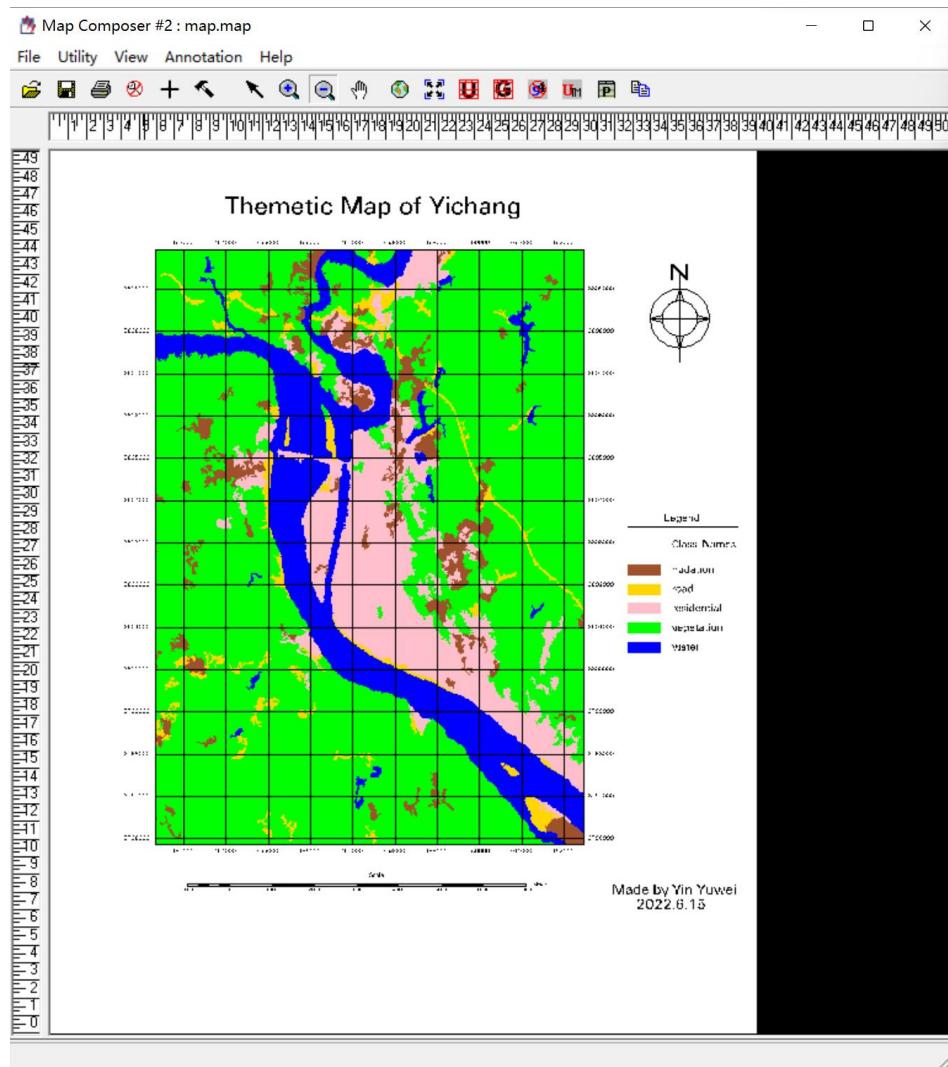


图 52 分类专题图制图结果

最后，点击 Map Composer 窗口中第二行第 11 个类似地球的图标，即可快捷地同时输出 jpg 格式地图和 html 格式地图。

### 3.2 基于特征指数的遥感专题信息提取

本次实习主要采用 C++ 编程方法，使用 opencv 库完成特征指数专题图制作，并将计算得到的特征指数图与 ERDAS 生成的特征指数图进行比较。

#### 3.2.1 VS+Opencv

首先按照给定的特征指数函数表达式代入相应的波段计算，再对结果进行 0-255 的线性拉伸，以完成规定化。最后，再通过最大类间误差法（OTSU）或迭代法对特征指数进行阈值分割，以突出专题信息。主要流程如下图 53 所示：

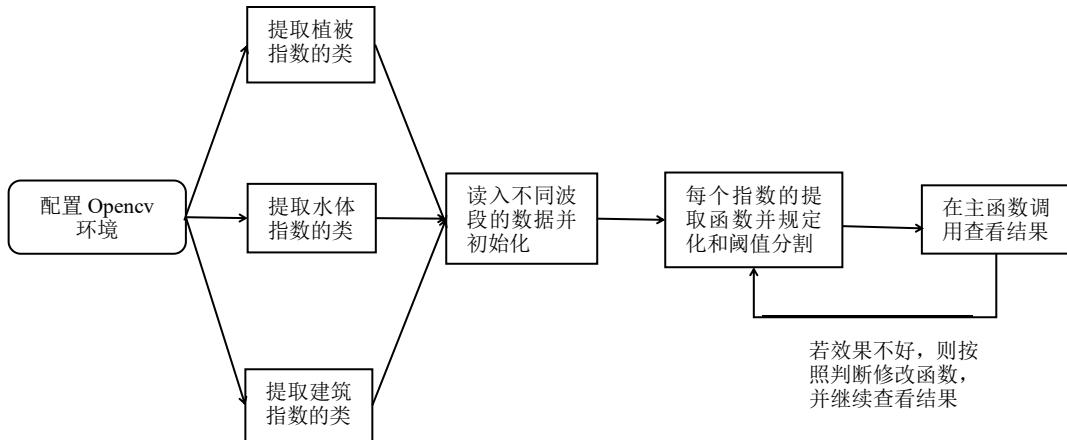


图 53 特征指数专题制图流程图

专题指数图像可以突出专题与其他地物之间的光谱差异，但是要提取专题边界，还需要使用阈值对指数图像进行分割。实际中仍需要根据具体的场景，对阈值进行确定，以达到最优的分割效果。因此，本次实习主要采用了两种阈值分割算法，如下图 54、55 所示：

```

void OTSUSeg(const Mat& inputImg, Mat& outputImg) /*最大类间差法求阈值*/
{
    double minv, maxv, value;
    minMaxLoc(inputImg, &minv, &maxv);
    Mat tmp;
    divide(inputImg - minv, maxv - minv, tmp, 1, CV_32F);
    tmp = tmp * 255;
    tmp.convertTo(tmp, CV_8U);
    threshold(tmp, outputImg, 128, 255, ThresholdTypes::THRESH_BINARY | ThresholdTypes::THRESH_OTSU);
}

```

图 54 最大类间误差法

```

void ItrSeg(double* p, double minGray, double maxGray, int row, int col, float &z)           /*迭代法求阈值*/
{
    float z1, z2, z3;
    z3 = 0;
    z = (maxGray + minGray) / 2;
    while (abs(z - z3) > 0.001)
    {
        z3 = z;
        float num1 = 0;
        float num2 = 0;
        float sum1 = 0;
        float sum2 = 0;
        for (int i = 0; i < row; i++)
        {
            for (int j = 0; j < col; j++)
            {
                if (p[i * col + j] > z)
                {
                    num1 += 1;
                    sum1 += p[i * col + j];
                }
                else
                {
                    num2 += 1;
                    sum2 += p[i * col + j];
                }
            }
        }
        z1 = sum1 / num1;
        z2 = sum2 / num2;
        z = (z1 + z2) / 2;
    }
}

```

图 55 迭代法

以计算比值植被指数 RVI 为例，提取过程及结果如下图 56-60 所示：

```

class CVI {                                         /*各种植被指数的类*/
public:
    CVI() {};
    ~CVI() {};

    int row, col;          //影像行列数
    Mat R, NIR;           //红光和近红外波段影像
    double* pRVI, * pNDVI; //存储计算数值结果的数组
    Mat RVI0, NDVI0, RVI, NDVI; //用于输出的比值植被指数图像和NDVI图像

    void SetVal(string file_red, string file_nearR) {      /*给定路径初始化函数*/
        R = imread(file_red);
        NIR = imread(file_nearR);
        cvtColor(R, R, CV_BGR2GRAY);                         //转为灰度
        cvtColor(NIR, NIR, CV_BGR2GRAY);
        col = R.cols;
        row = R.rows;
        RVI0.create(row, col, CV_8U);                        //定义单波段的结果图
        NDVI0.create(row, col, CV_8U);                       //定义三波段的结果图
        RVI.create(row, col, CV_8UC3);
        NDVI.create(row, col, CV_8UC3);
        pRVI = new double[row * col];
        pNDVI = new double[row * col];
    }
}

```

图 56 定义提取植被指数的类

```

for (int i = 0; i < row; i++) {                   //数组中先得到计算的数值结果
    for (int j = 0; j < col; j++) {
        if (R.data[i * col + j] != 0)
            pRVI[i * col + j] = NIR.data[i * col + j] / (double)R.data[i * col + j];
        else pRVI[i * col + j] = 0;
    }
}

```

图 57 计算比值植被指数 RVI

```

double minGray = 999, maxGray = -999;
for (int i = 0; i < row; i++) {           //找出计算结果灰度的最大值和最小值
    for (int j = 0; j < col; j++) {
        if (pRVI[i * col + j] < minGray)
            minGray = pRVI[i * col + j];
        else if (pRVI[i * col + j] > maxGray)
            maxGray = pRVI[i * col + j];
    }
}
double k = 255 / (maxGray - minGray);      //计算结果转换为灰度的线性变换系数
double b = -k * minGray;
for (int i = 0; i < row; i++) {           //将计算结果规定到0-255灰度范围并存储到RVI0中
    for (int j = 0; j < col; j++) {
        RVI0.data[i * col + j] = (int)(k * pRVI[i * col + j] + b);
    }
}

```

图 58 灰度值规范化

```

OTSUSeg(RVI0, RVI0);           //进行OTSU阈值分割
for (int i = 0; i < row; i++) {   //把阈值分割后的灰度给到RVI图像的绿色波段
    for (int j = 0; j < col; j++) {
        RVI.data[(i * col + j) * 3 + 0] = 0;
        RVI.data[(i * col + j) * 3 + 1] = RVI0.data[i * col + j];
        RVI.data[(i * col + j) * 3 + 2] = 0;
    }
}
imwrite("RVI.jpg", RVI);
namedWindow("RVI");
imshow("RVI", RVI);
waitKey(0);
destroyWindow("RVI");

```

图 59 阈值分割并赋值绿色波段输出

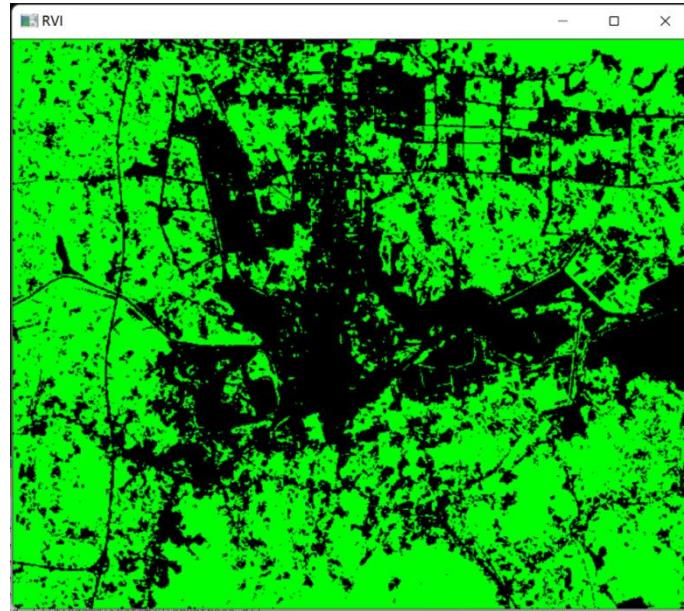


图 60 比值植被指数 RVI 提取结果

不难发现，通过最大类间误差法（OTSU），只能得到二值化图像，不能直观表示特征指数的大小。

因此，对于 NDVI，使用了迭代法，图中亮度越亮代表 NDVI 值越大。

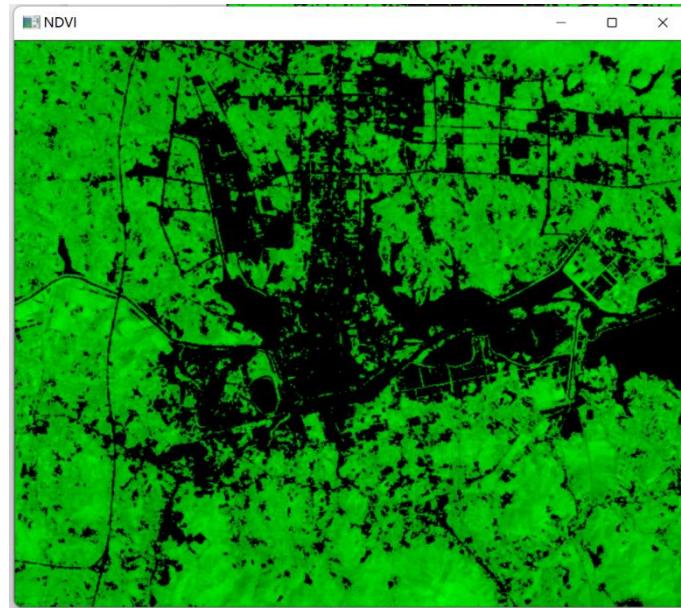


图 61 归一化植被指数 NDVI 提取结果（迭代法）

### 3. 2. 2 ERDAS

本次实习使用 ERDAS 的 Model 工具提取了 NDVI，用于验证代码的正确性，流程如下：

建模工具点击 Modeler，点击其中 Model Maker 如下图 62，可以点击 File 中 Open 打开 ERDAS 已有模型 NDVI 如下图 63：

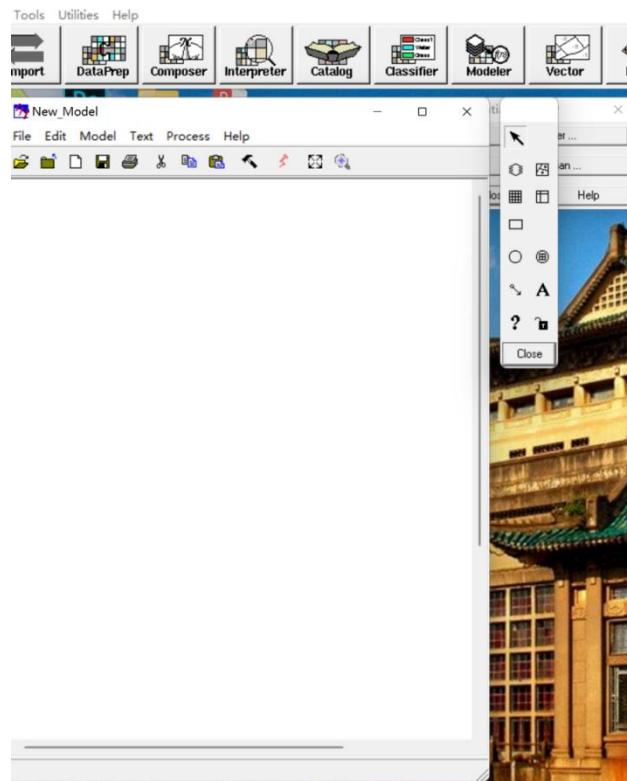


图 62 建模工具

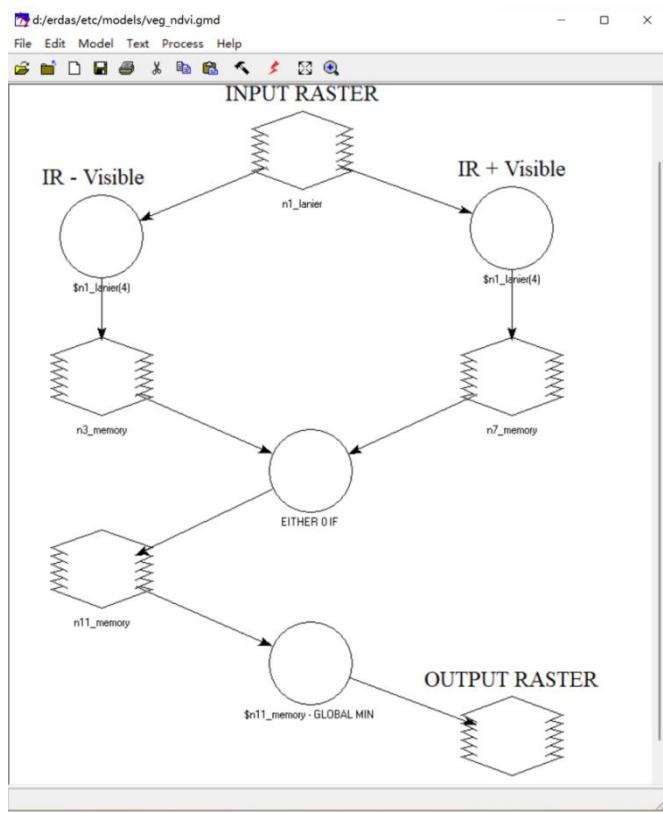


图 63 现有的 NDVI 模型

为了方便建模运算，需要先对多波段进行叠置，方便在模型中作为一个统一的参数。使用 Interpreter 中的 Utilities 下的 Layer Stack，进行叠置如下图 64：

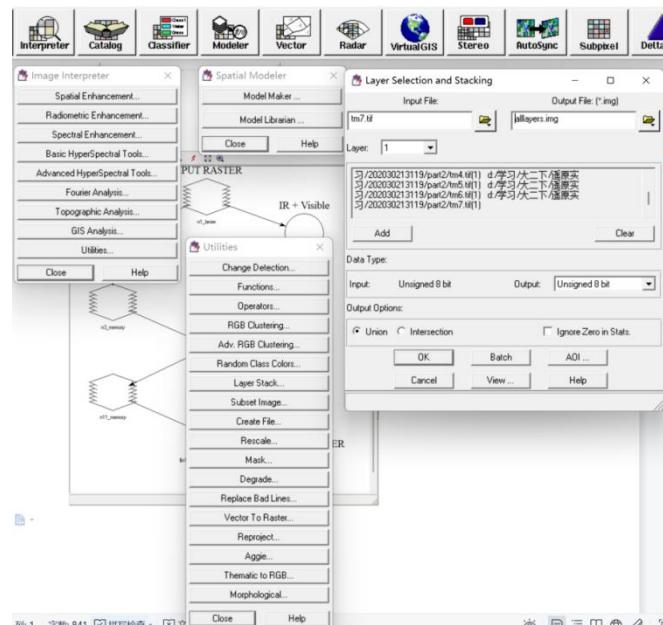


图 64 叠置多光谱影像

修改输入输出路径，即可得到 NDVI 计算结果图像。

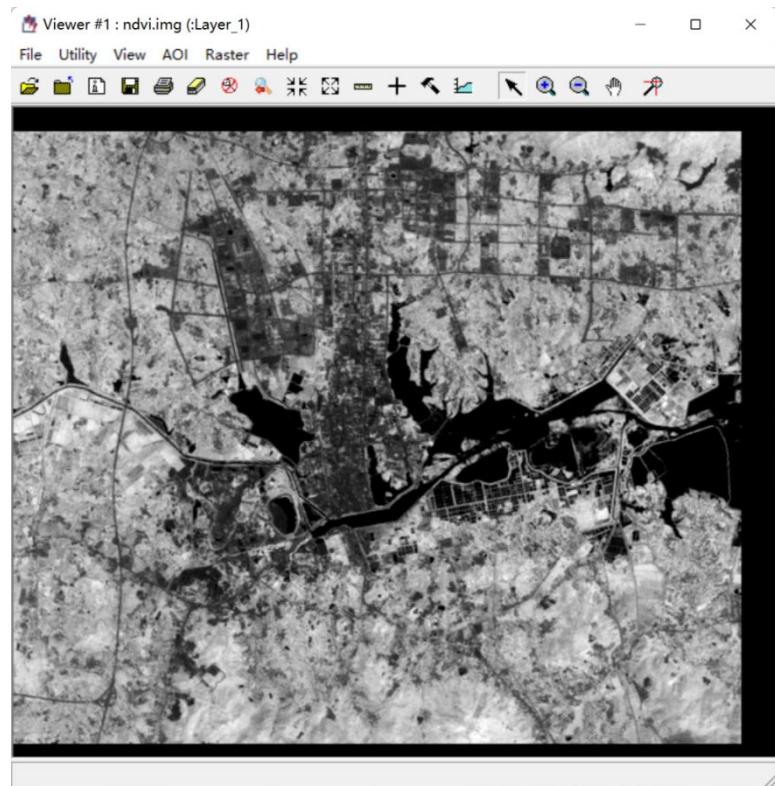


图 64 NDVI 提取结果图

还可以利用 ERDAS 查看影像的灰度直方图，选择阈值对其进行二值化处理。灰度直方图查看过程如图 65、66。

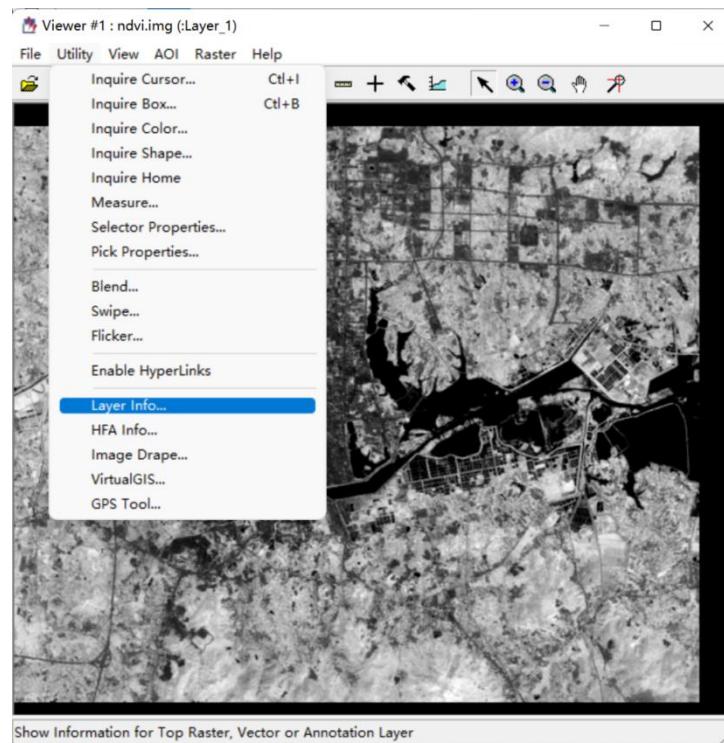


图 65 查看图像信息

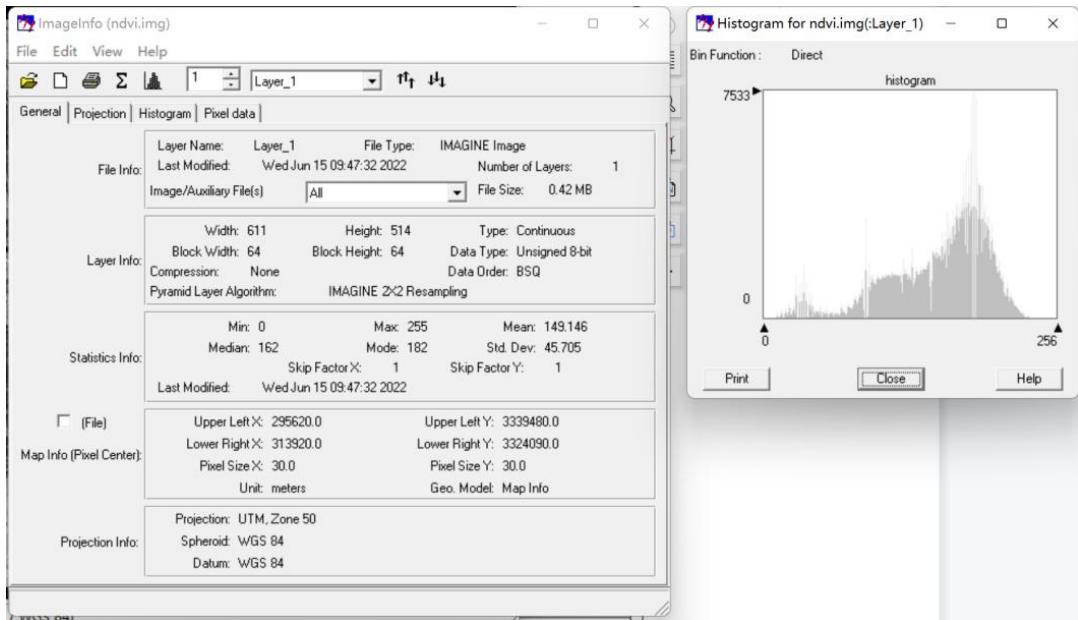


图 66 查看图像灰度直方图

### 3.3 遥感影像阴影检测

#### 3.3.1 基于 HSV 彩色空间的阴影检测

基于 HSV 变换的阴影检测的主要过程是：对图像进行 RGB→HSV 变换，变换后计算参数 M，再对参数进行二值化输出，即可得到阴影检测结果。其中，RGB 格式转换也可以使用 opencv 自带的函数。过程如下图所示：

```
//读入图像
Mat image = imread(file_name, IMREAD_COLOR);

int height = image.rows;
int width = image.cols;

Mat B(height, width, CV_8UC3);
Mat G(height, width, CV_8UC3);
Mat R(height, width, CV_8UC3);
```

图 67 读入图像

```

//将影像分为三个波段
for (int i = 0; i < height; i++)
{
    for (int j = 0; j < width; j++)
    {
        B.at<uchar>(i, j) = image.at<Vec3b>(i, j)[0];
        G.at<uchar>(i, j) = image.at<Vec3b>(i, j)[1];
        R.at<uchar>(i, j) = image.at<Vec3b>(i, j)[2];
    }
}

//以浮点数形式存储
//Store pixel as double
double* b = new double[height * width];
double* g = new double[height * width];
double* r = new double[height * width];

for (int i = 0; i < height; i++)
{
    for (int j = 0; j < width; j++)
    {
        b[i * width + j] = (double)(B.at<uchar>(i, j) / 255.0);
        g[i * width + j] = (double)(G.at<uchar>(i, j) / 255.0);
        r[i * width + j] = (double)(R.at<uchar>(i, j) / 255.0);
    }
}

```

图 68 将图像分波段以浮点数格式存储

```

//计算V分量
for (int i = 0; i < height; i++)
{
    for (int j = 0; j < width; j++)
    {
        V[i * width + j] = (double)((b[i * width + j] + g[i * width + j] + r[i * width + j]) / 3.0 * 180.0);
    }
}

```

图 69 计算 V 分量

```

//计算S分量
for (int i = 0; i < height; i++)
{
    for (int j = 0; j < width; j++)
    {
        if (b[i * width + j] + g[i * width + j] + r[i * width + j] != 0)
        {
            S[i * width + j] = (double)((double)(1.0) - (double)(3.0 * min(min(b[i * width + j], g[i * width + j]), r[i * width + j]) /
                (b[i * width + j] + g[i * width + j] + r[i * width + j])) * 180.0);
        }
    }
}

```

图 70 计算 S 分量

```

//计算theta
for (int i = 0; i < height; i++)
{
    for (int j = 0; j < width; j++)
    {
        if (sqrt(pow((r[i * width + j] - g[i * width + j]), 2) + (r[i * width + j] - b[i * width + j]) * (g[i * width + j] - b[i * width + j])) != 0)
        {
            theta[i * width + j] = (double)(acos(0.5 * ((r[i * width + j] - g[i * width + j]) * (r[i * width + j] + b[i * width + j]) /
                sqrt(pow((r[i * width + j] - g[i * width + j]), 2) + (r[i * width + j] - b[i * width + j]) * (g[i * width + j] - b[i * width + j]))) * 180 / PI);
        }
    }
}

```

图 71 计算  $\theta$  (用于计算 H 分量)

```

//计算H分量
for (int i = 0; i < height; i++)
{
    for (int j = 0; j < width; j++)
    {
        if (b[i * width + j] <= g[i * width + j])
        {
            H[i * width + j] = theta[i * width + j];
        }
        else
        {
            H[i * width + j] = (double)(360.0 - theta[i * width + j]);
        }
    }
}

```

图 72 计算 H 分量

```

//计算参数矩阵M
for (int i = 0; i < height; i++)
{
    for (int j = 0; j < width; j++)
    {
        M[i * width + j] = (double)((S[i * width + j] - V[i * width + j]) / (H[i * width + j] + S[i * width + j] + V[i * width + j]));
    }
}

```

图 73 计算 M 参数矩阵

计算所得到 M 是浮点数矩阵，不能直接作为结果图像输出，还需要后处理。

后处理包括：排除图中未知信息区域，排除一定不是阴影的已知区域，二值化处理，分别对应下图 74 中三段代码。

对于未知信息区域，使用 PS 读得其波段信息为 34, 34, 50，将其排除。图中有两处完全为白色的区域，相当于完全反射，这是不正常的，但可以确定其一定不是阴影，故将其排除。对于二值化处理，由于之前存储的各波段信息经过处理均控制在 0-1 之间，故此处只需在 0-1 之间选择阈值即可。

最终经过多次对比实验，0.35 是最佳阈值，阴影检测结果如图 75 所示。

```

//参数矩阵后处理
Mat M_final = Mat::zeros(height, width, CV_8UC1);

for (int i = 0; i < height; i++)
{
    for (int j = 0; j < width; j++)
    {
        //排除未知区
        if (image.at<Vec3b>(i, j)[0] == 34 && image.at<Vec3b>(i, j)[1] == 34 && image.at<Vec3b>(i, j)[2] == 50)
        {
            M_final.at<uchar>(i, j) = 0;
        }
        //排除白色区
        else if (image.at<Vec3b>(i, j)[0] == 255 && image.at<Vec3b>(i, j)[1] == 255 && image.at<Vec3b>(i, j)[2] == 255)
        {
            M_final.at<uchar>(i, j) = 0;
        }
        //设定阈值二值化
        else
        {
            if (M[i * width + j] > 0.35)
            {
                M_final.at<uchar>(i, j) = 255;
            }
            else
            {
                M_final.at<uchar>(i, j) = 0;
            }
        }
    }
}

```

图 74 参数矩阵 M 后处理



图 75 HSV 阴影检测结果

### 3.2.2 基于 C1C2C3 彩色空间的阴影检测

基于 C1C2C3 的阴影检测方法的过程为：对图像进行 RGB->C1C2C3 变换并存储 C3 波段，最后对 C3 和 B 波段使用双阈值法确定阴影区域。具体过程如下图 76、77 所示，结果如图 78 所示：

```
//计算C3分量
for (int i = 0; i < height; i++)
{
    for (int j = 0; j < width; j++)
    {
        C3[i * width + j] = atan(b[i * width + j] / max(r[i * width + j], g[i * width + j]));
    }
}
```

图 76 计算 C3 分量

```

//C3分量后处理
Mat C3_final = Mat::zeros(height, width, CV_8UC1);

for (int i = 0; i < height; i++)
{
    for (int j = 0; j < width; j++)
    {
        //排除未知区
        if (image.at<Vec3b>(i, j)[0] == 34 && image.at<Vec3b>(i, j)[1] == 34 && image.at<Vec3b>(i, j)[2] == 50)
        {
            C3_final.at<uchar>(i, j) = 0;
        }
        //双阈值法二值化
        else
        {
            if (C3[i * width + j] > 0.1 && b[i * width + j] < 0.1)
            {
                C3_final.at<uchar>(i, j) = 255;
            }
            if (C3[i * width + j] <= 0.1 || b[i * width + j] >= 0.1)
            {
                C3_final.at<uchar>(i, j) = 0;
            }
        }
    }
}

```

图 77 双阈值法处理



图 78 C3+B 双阈值法阴影检测结果

## 4 实验结果与分析

### 4.1 遥感影像分类专题信息提取与专题制图

#### 4.1.1 几何校正误差



The figure consists of two side-by-side tables of data from a geospatial software. Both tables have columns for Point #, Point ID, Color, X Input, Y Input, X Ref., Y Ref., Type, X Residual, Y Residual, RMS Error, Contrib., and Match.

**Top Table (Left Image):**

Point #	Point ID	Color	X Input	Y Input	Color	X Ref.	Y Ref.	Type	X Residual	Y Residual	RMS Error	Contrib.	Match
2	GCP #2		899.563	-3823.688	Yellow	453787.500	3803562.500	Control					
3	GCP #3		1003.063	-3901.188	Yellow	456508.750	3801391.250	Control					0.896
4	GCP #4		987.563	-4021.688	Yellow	456418.750	3797761.250	Control					
5	GCP #8		994.188	-3651.313	Red	456598.444	3808840.000	Check	0.241	1.066	1.093	1.638	0.915
6	GCP #12		859.125	-3732.375	Red	452705.374	3804447.445	Check	0.675	0.214	0.708	1.060	0.913
7	GCP #20		1057.875	-3894.625	Red	4578261.133	3801636.559	Check	0.453	-0.014	0.453	0.679	0.934
8	GCP #21		911.125	-4008.625	Red	454515.329	3798057.165	Check	0.056	-0.212	0.219	0.328	0.900
9	GCP #10		1004.375	-4085.625	Red	456395.556	3795882.405	Check	0.525	-0.042	0.527	0.790	0.843
10	GCP #11				Red			Check					

**Bottom Table (Right Image):**

Point #	Point ID	Color	X Input	Y Input	Color	X Ref.	Y Ref.	Type	X Residual	Y Residual	RMS Error	Contrib.	Match
1	GCP #1		1093.813	-3713.063	Yellow	458277.761	3807135.642	Control					
2	GCP #2		1149.188	-3862.688	Yellow	459363.625	3802693.093	Control					
3	GCP #3		1115.125	-4075.125	Yellow	459663.728	3796269.866	Control					
4	GCP #4		1208.625	-3679.125	Yellow	460959.048	3808295.415	Control					0.556
5	GCP #5		1045.250	-3745.250	Yellow	457160.000	3806996.558	Check	-1.128	-0.344	1.179	1.303	0.801
6	GCP #6		1162.750	-3815.250	Red	460200.574	3804135.000	Check	0.779	-0.286	0.830	0.917	0.973
7	GCP #7		1275.250	-3927.750	Red	463166.136	3800865.117	Check	0.245	-0.918	0.950	1.049	0.900
8	GCP #8		1092.063	-4059.563	Red	459059.757	3796850.537	Check	-0.077	0.749	0.753	0.832	0.848
9	GCP #9		1054.281	-3927.594	Red	457625.009	3800629.797	Check	-0.737	-0.078	0.741	0.818	0.924
10	GCP #10				Red			Check					

图 79 几何校正误差（上图为左侧影像，下图为右侧影像）

左右图像几乎所有的检查点误差都在一个像素以内，最后总误差也都控制在一个像素内，满足几何校正的精度要求。

#### 4.1.2 影像镶嵌



图 80 影像镶嵌

从镶嵌结果来看，影像间对应物体几何位置的严格对应，无明显的错位现象；左右图像也无灰度差异导致的灰度突变现象，镶嵌结果较好。

#### 4.1.3 影像融合



图 81 影像融合

从融合效果来看，影像比原来的 SPOT 影像具有较高的光谱分辨率，比 TM 影像具有较高的空间分辨率，但是存在一定的色彩偏移，导致重影等现象。

#### 4.1.4 分类精度评价

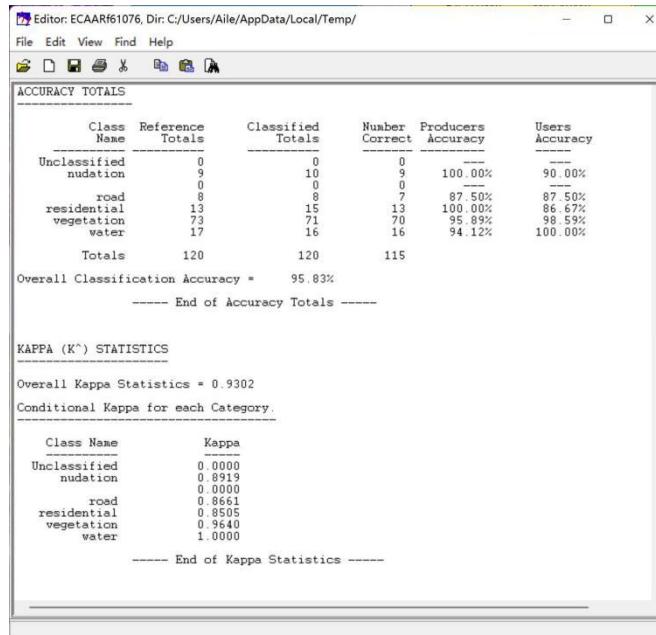


图 82 精度评价图

对影像进行分类精度评价时，采用随机撒点的方式。部分地物面积较小，可能导致撒点较少，少数点类的真实类别判断会对最终精度有较大影响，分类精度评价不具有代表性。

在进行随机撒点时，使用最小距离法监督分类的结果作为系统判别撒点类别的依据，加载兼具高光谱分辨率和高空间分辨率的融合影像作为撒点目视判别类别的底图，使精度评定更为准确。

最后，总体分类精度达到95%以上，说明分类精度较高，达到要求。

#### 4.1.5 分类专题信息图

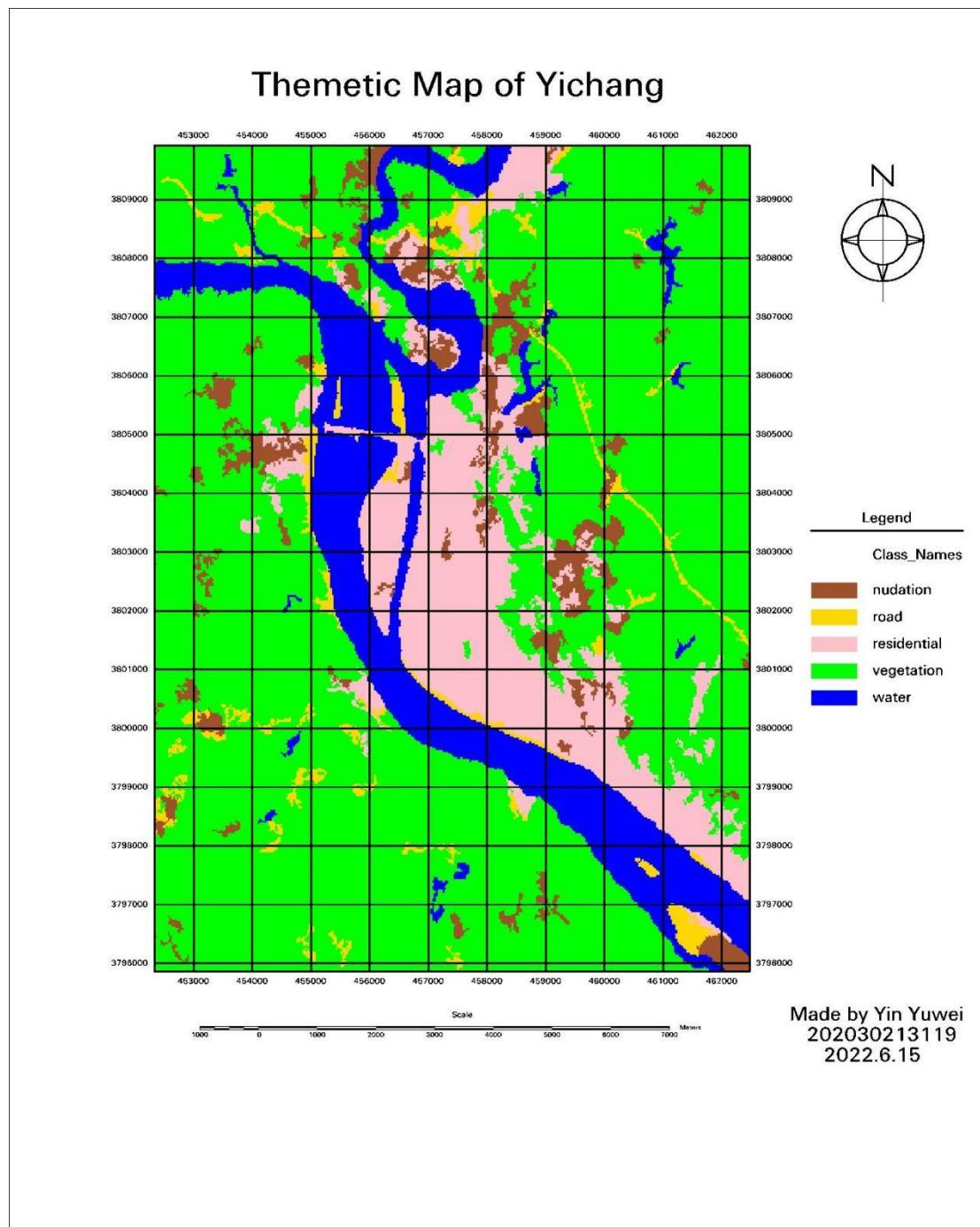


图 83 分类专题信息图

不同地物颜色差异较大，专题信息突出，且经过聚类和图斑合并后，底图总体较美观。

## 4. 2 基于特征指数的遥感专题信息提取

### 4. 2. 1 特征指数据提取结果

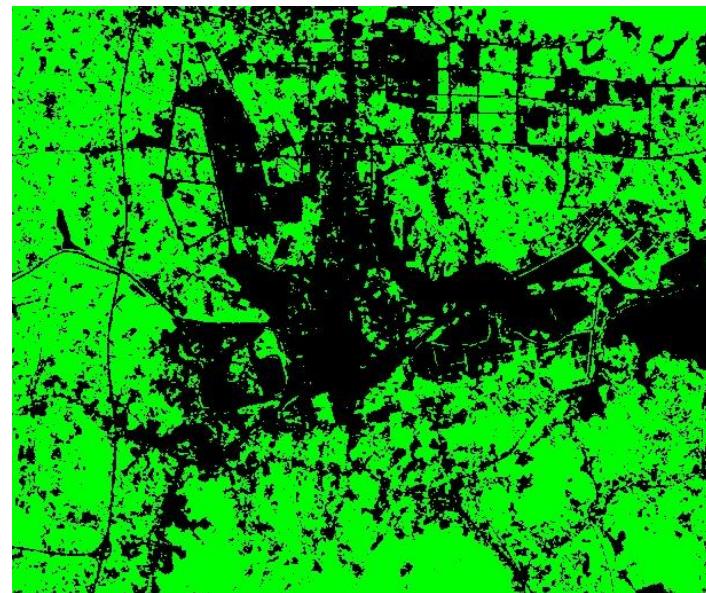


图 84 RVI

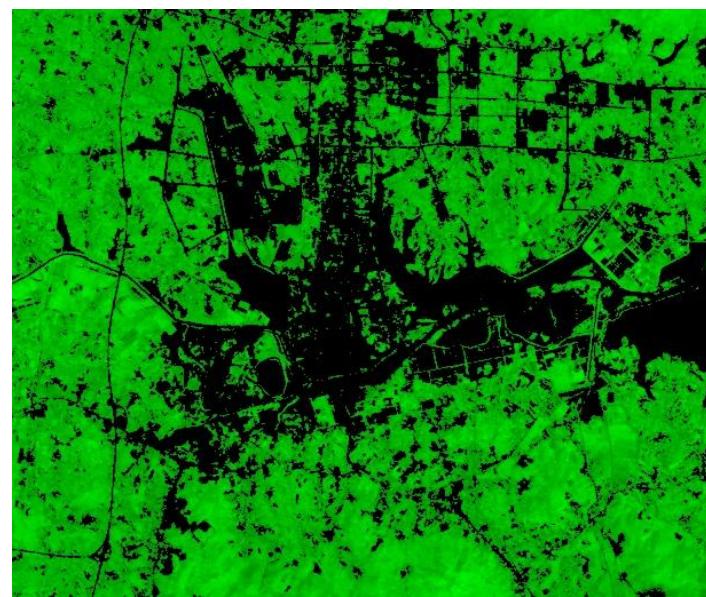


图 85 NDVI

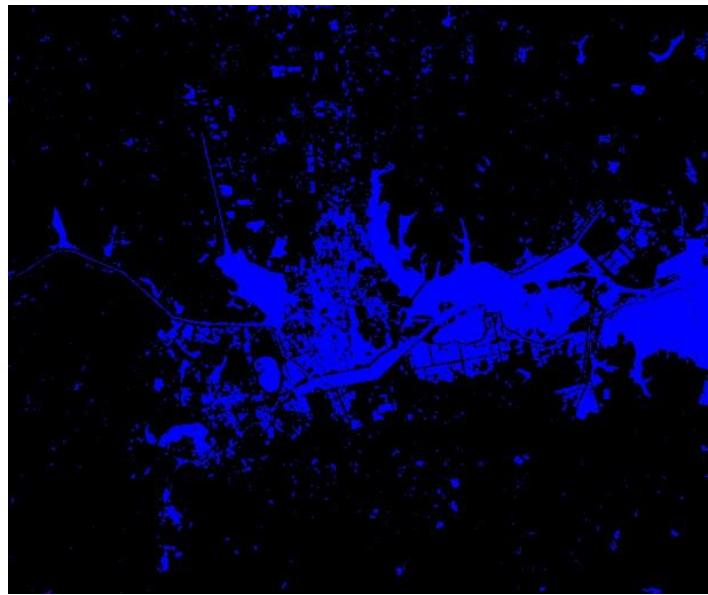


图 86 NDWI

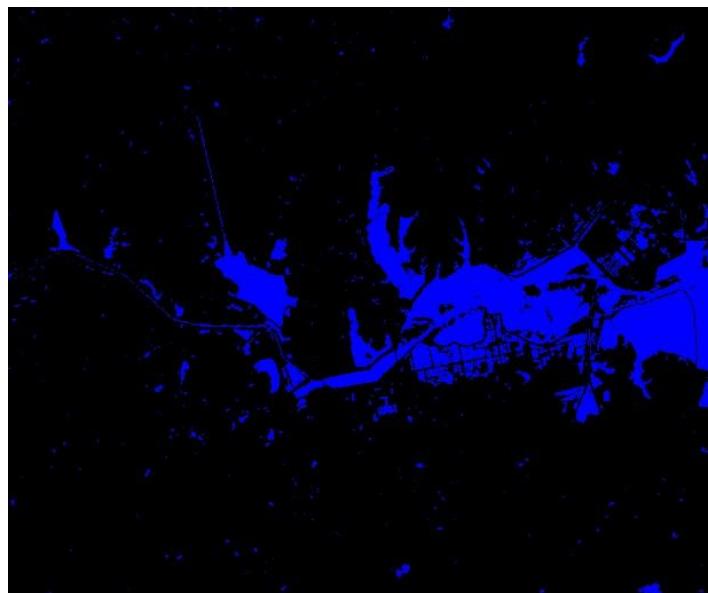


图 87 MNDWI

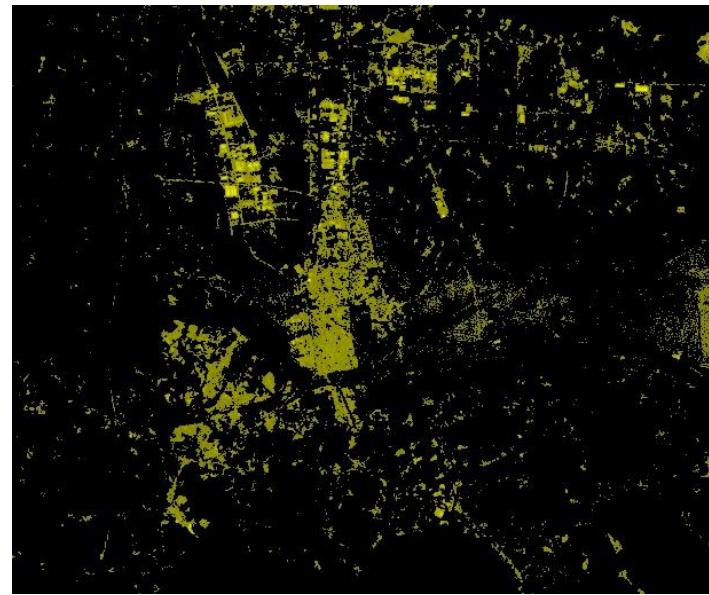


图 88 DBI

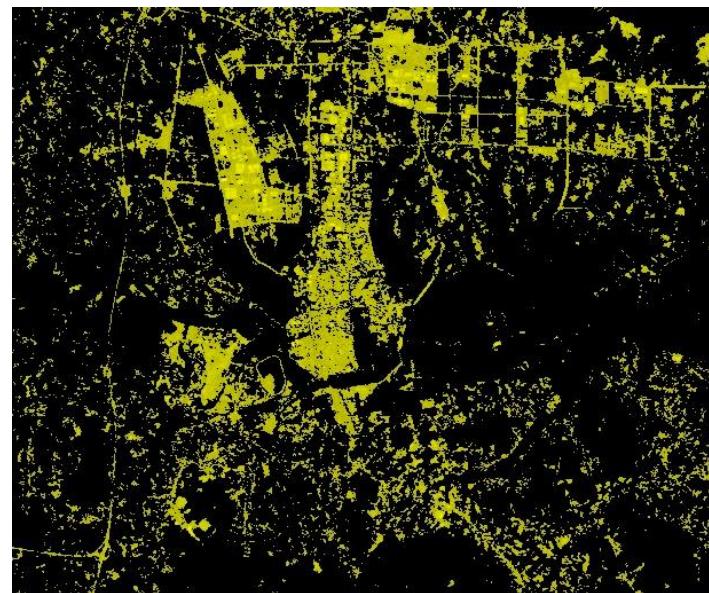


图 89 NDBI

将特征指数提取结果与实习 PPT 上的参考结果图基本吻合。通过 ERDAS 自带的 Model 也计算出了 NDVI 的专题信息图，将其与自己编写代码得出的结果图相比，也基本一致，说明特征指数专题信息提取效果较好。

#### 4.2.2 阈值分割方法比较

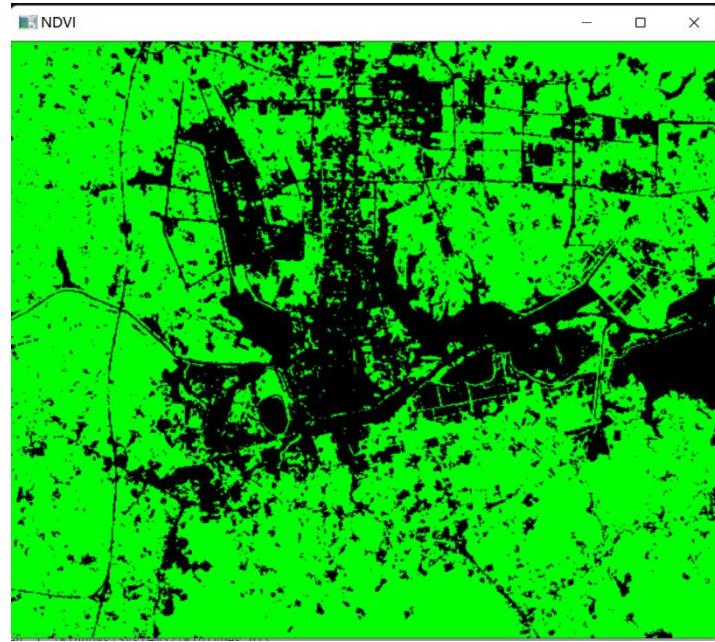


图 90 最大类间误差法（OTSU）（NDVI）

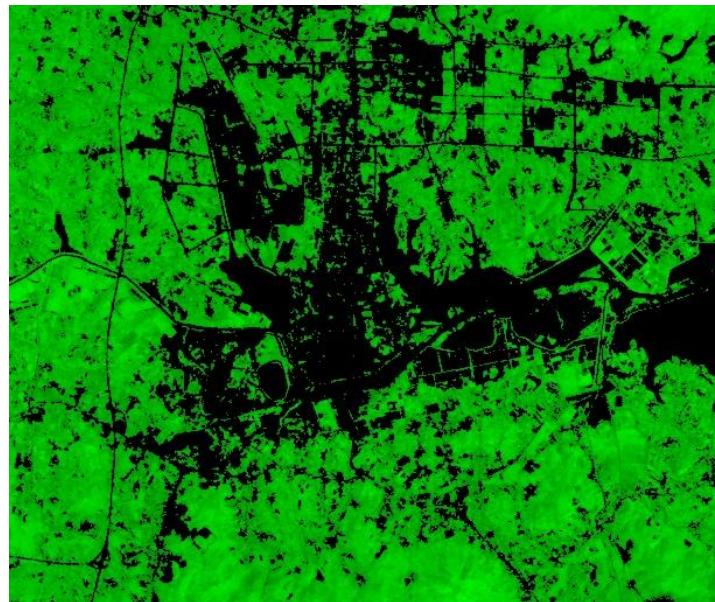


图 91 迭代法（NDVI）

最大类间误差法（OTSU）是一种确定图像二值化分割阈值的算法。算法假设图像像素能够根据全局阈值，被分成背景和目标两部分。然后，计算该最佳阈值来区分这两类像素，使得两类像素区分度最大。因方差是灰度分布均匀性的一种度量，背景和前景之间的类间方差越大，说明构成图像的两部分的差别越大，当部分前景错分为背景或部分背景错分为前景都会导致两部分差别变小。因此，使类间方差最大的分割意味着错分概率最小。但是，它对图像噪声敏感，当目标和背景大小比例（面积）悬殊、类间方差函数可能呈现双峰或者多峰，这个时候效果不好。

迭代法是通过迭代找出合适的阈值，再根据得到的阈值进行分割的方法。通过迭代法来求出分割的最佳阈值，具有一定的自适应性，这种方法适用于物体的和背景有较大的区分，即其直方图有相当清楚的波谷。

因此，对于同一块区域的不同特征指数，应该根据地物的特征指数信息特征，选择合适的阈值分割方法。从最后效果来看，最大类间误差法（OTSU）只能将图像进行二值化，不能表示特征指数的大小。而迭代法只是找到了分割的阈值，最后可以将图像以线性拉伸后的亮度值显示出来，不同的颜色亮度代表不同的特征指数大小，颜色越亮，特征指数值越大。

## 4.3 遥感影像阴影检测

### 4.3.1 阴影检测结果图



图 92 HSV



图 93 C3+B

从结果图来看，基于 C1C2C3 彩色空间比基于 HSV 彩色空间的阴影检测精度更高，效果较好。

#### 4.3.2 阈值选取

无论是基于 HSV 彩色空间还是 C1C2C3 彩色空间，最后都要设定一个阈值以显示阴影区域。经过不断的尝试，发现在所给的这张图像中，对于 HSV 空间的矩阵 M，0.35 是最佳阈值，对于 C1C2C3 空间，C3 和 B 通道的阈值都是 0.1。

通过联想猜测，对于不同影像，使用同一算法，阴影检测的阈值应该会受光照、大气条件、地物光谱特性等的影响，从而导致不同，

## 5 实习总结和感想

通过本次实习，我熟悉并掌握了在 ERDAS9.2 中进行遥感影像处理的基本方法，回顾了数字图像处理中 opencv 库的配置方法以及其基本用法，实现了彩色空间转换和阴影检测。实习中经过操作遥感影像信息提取与专题制图，我掌握了遥感影像预处理在 ERDAS 中的操作方式包括：几何纠正，影像镶嵌，影像融合，分类后处理，专题制图等。经过进行特征指数专题信息提取，我掌握了利用 ERDAS 模型和 VS+Opencv 进行特征指数计算的基本方法。

我在阅读实习指导书和传统文献资源基础上，充分利用网络资源获取专题信息提取方面的技术、方法，完成并改进了实习成果。充分利用现有的模型，对特征指数机型计算，并与自己编写的代码得出的结果进行比较，检验代码的正确性。我没有拘泥于指导书中提供的方法，对不同的方法进行了探索。例如，在监督法分类精度评定中，我将融合后的影像作为底图，使得目视判别地物类别更加准确。

在实习过程中，我也遇到了不少问题：

在选取控制点进行几何纠正时，因为图像空间分辨率不够高，造成控制点选取精度不够，最后检查点计算的误差难以控制在一个像素以内。最后，经过不断调整控制点的位置，终于使检查点精度满足了要求。后来对左右两侧图像进行镶嵌时，也通过目视可以发现，影像镶嵌区域没有明显变形，说明几何纠正效果较好。

在对监督分类后的影像进行精度评定时，对撒点的类别进行一一目视标注。每次在判别到 80 个点左右时，表格会出现不停闪现的现象，并且无法直接关闭，如下图 94。

3801210.000	5	5
3801300.000	5	5
380310.000	1	1
380670.000	5	3
379950.000	5	5
380810.000	4	4
3804120.000	4	4
380570.000	6	6
3802470.000	5	
3800790.000	5	
3797600.000	3	
3797190.000	5	
3797950.000	5	5
3806310.000	6	5
3805750.000	5	5
380160.000	5	5
379860.000	4	
378740.000	5	
3807300.000	6	6
3802230.000	5	
3798830.000	5	5
3802530.000	1	1
3798290.000	5	
3804240.000	1	3
3804640.000	4	4
3797310.000	5	5
379360.000	1	
379380.000	5	
3804850.000	5	5
3801960.000	6	6
3809370.000	5	5
3808050.000	5	5
3804510.000	5	5
3802380.000	5	5
3807240.000	5	55
3802920.000	5	5
3806440.000	4	5
3796710.000	4	
3806220.000	5	5
3808960.000	5	5
3800190.000	1	1
3805770.000	4	4

图 94 软件出错

在对特征指数进行提取时，发现并不是一种方法对所有特征指数都适用，因此需要采用多种方法结合的方式，对每种特征参数选取最优的方法。

在进行遥感影像阴影检测时，老师所给的文件中有格式的影像资料，需要先利用gdal库对影像进行格式转换。由于之前没有使用过gdal库，所以花费了较多的时间在网上查找相关资料进行了学习了解。

本次实习也让我明白了“实践是检验真理的第一标准”。尤其是在选取阴影检测的阈值时，只有经过多次实践，才能得到最佳阈值。

总的来说，本次实习巩固了我遥感原理的理论知识，提高了我的实践能力。实习安排在考试周让我们没有充足的时间对ERDAS软件的相关操作进行更多的探索，但是，对于老师安排的实习任务，我还是保质保量完成了。

最后，感谢崔老师在实习过程中对我的指导，您辛苦啦！