

植被覆盖度的遥感估算

版权声明：本教程涉及到的数据提供下载，供练习使用，禁止用于商业用途。

目录

植被覆盖度的遥感估算	1
1、专题概述	2
2、处理流程介绍	2
3、详细处理过程	4
3.1 数据获取	4
3.2 数据读取与定标	4
3.3 FLAASH 大气校正	6
3.4 图像镶嵌与裁剪	7
3.5 NDVI 计算	8
3.6 掩膜文件制作	9
3.7 获取阈值	10
3.8 生成参数文件	12
3.9 植被覆盖度估算	12
3.10 植被覆盖度验证和分类	13
4、总结	14

1、专题概述

植被覆盖度是指植被（包括叶、茎、枝）在地面的垂直投影面积占统计区总面积的百分比。容易与植被覆盖度混淆的概念是植被盖度，植被盖度是指植被冠层或叶面在地面的垂直投影面积占植被区总面积的比例。两个概念主要区别就是分母不一样。植被覆盖度常用于植被变化、生态环境研究、水土保持、气候等方面。

植被覆盖度的测量可分为地面测量和遥感估算两种方法。地面测量常用于田间尺度，遥感估算常用于区域尺度。目前已经发展了很多利用遥感测量植被覆盖度的方法，较为实用的方法是利用植被指数近似估算植被覆盖度，常用的植被指数为 NDVI。

本课堂以 2 景覆盖北京市的 Landsat 5 TM 影像为数据源，成像时间为 2009 年 9 月份，采用改进的像元二分模型详细介绍植被覆盖度遥感估算过程。涉及 TM 影像大气校正、图像镶嵌与裁剪、NDVI 计算与统计、Bandmath 使用等。在 ENVI4.8 版本完成整个操作过程。

2、处理流程介绍

像元二分模型是一种简单实用的遥感估算模型，它假设一个像元的地表由有植被覆盖部分地表与无植被覆盖部分地表组成，而遥感传感器观测到的光谱信息也由这 2 个组分因子线性加权合成，各因子的权重是各自的面积在像元中所占的比率，如其中植被覆盖度可以看作是植被的权重。

下面简单介绍下在像元二分模型的基础上研究的模型（李苗苗等）：

$$VFC = (NDVI - NDVI_{soil}) / (NDVI_{veg} - NDVI_{soil}) \quad (1)$$

其中， $NDVI_{soil}$ 为完全是裸土或无植被覆盖区域的 NDVI 值， $NDVI_{veg}$ 则代表完全被植被所覆盖的像元的 NDVI 值，即纯植被像元的 NDVI 值。两个值的计算公式为：

$$NDVI_{soil} = (VFC_{max} * NDVI_{min} - VFC_{min} * NDVI_{max}) / (VFC_{max} - VFC_{min}) \quad (2)$$

$$NDVI_{veg} = ((1 - VFC_{min}) * NDVI_{max} - (1 - VFC_{max}) * NDVI_{min}) / (VFC_{max} - VFC_{min}) \quad (3)$$

利用这个模型计算植被覆盖度的关键是计算 $NDVI_{soil}$ 和 $NDVI_{veg}$ 。这里有两种假设：

1) 当区域内可以近似取 $VFC_{max}=100\%$ ， $VFC_{min}=0\%$ 。

公式 (1) 可变为：

$$VFC = (NDVI - NDVI_{min}) / (NDVI_{max} - NDVI_{min}) \quad (4)$$

$NDVI_{max}$ 和 $NDVI_{min}$ 分别为区域内最大和最小的 NDVI 值。由于不可避免存在噪声， $NDVI_{max}$ 和 $NDVI_{min}$ 一般取一定置信度范围内的最大值与最小值，置信度的取值主要根据图像实际情况来定。

2) 当区域内不能近似取 $VFC_{max}=100\%$ ， $VFC_{min}=0\%$

当有实测数据的情况下，取实测数据中的植被覆盖度的最大值和最小值作为 VFC_{max} 和 VFC_{min} ，这两个实测数据对应图像的 NDVI 作为 $NDVI_{max}$ 和 $NDVI_{min}$ 。

当没有实测数据的情况下，取一定置信度范围内的 $NDVI_{max}$ 和 $NDVI_{min}$ 。 VFC_{max} 和 VFC_{min} 根据经验估算。

利用 Landsat 5 TM 的像元二分模型植被覆盖度遥感估算的处理流程如下：

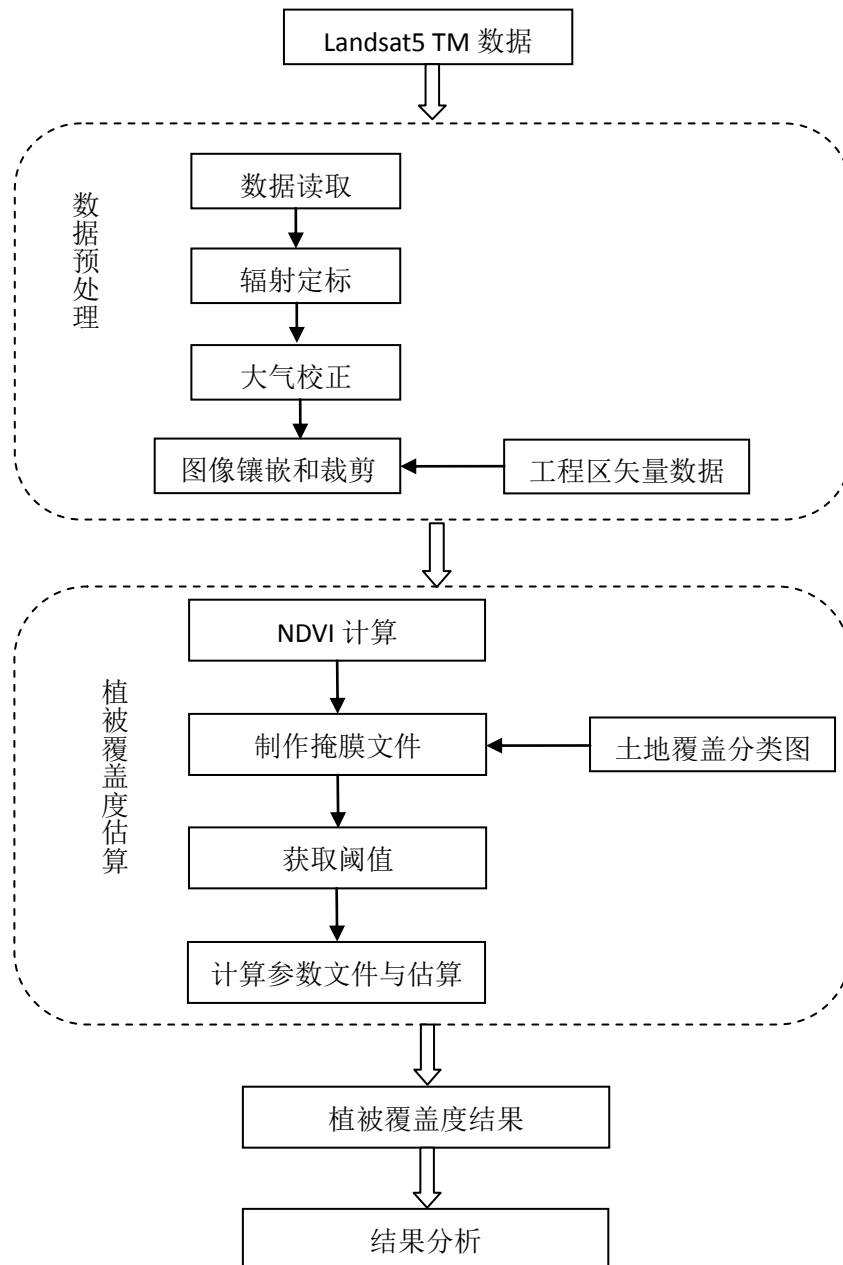


图 1：流程图

- (1) 数据预处理：使用的是 Landsat TM 的 L1T 级别数据，不做几何校正处理。北京市需要两景 TM 数据覆盖，本流程中分别对两个影像进行定标和大气校正处理，之后对两景影像进行镶嵌，再利用北京市行政边界裁剪得到北京市的影像。
注：如果想简化流程，可以先镶嵌和裁剪定标好的两景影像（同一天成像），之后进行大气校正。
- (2) 植被覆盖度估算：在像元二分法模型中， $NDVI_{veg}$ 代表着全植被覆盖像元的最大值，由于植被类型的影响， $NDVI_{veg}$ 值也会随着时间和空间而改变。因此，计算植被覆盖度时，即使同一景影像，对于 $NDVI_{soil}$ 和 $NDVI_{veg}$ 值不能取固定值。一般需要土壤图和土地利用图，以及野外实测数据，根据上述模型中的两种情况分别求解。由于辅助数据的限制，本课堂是利用土地覆盖图分别求解不同土地覆盖类型内的 $NDVI_{max}$ 和 $NDVI_{min}$ 作为 $NDVI_{veg}$ 和 $NDVI_{soil}$ ，这样就可以得到两个 $NDVI_{veg}$ 和 $NDVI_{soil}$ 的参数图像文件。

3、详细处理过程

3.1 数据获取

本课堂使用的数据下载地址：<http://datamirror.csdb.cn>。使用的数据是 2009 年 9 月 22 日的 123-032/123-033。

在下载数据时候，在下载数据列表中选择“查看详细信息”，得到两景影像的详细成像时间，用于后面的大气校正。



图 2：获取影像成像时间

123-032 开始时间：2009-09-22 02:43:08 ， 中心经纬度：40.32845， 116.70258

123-033 开始时间：2009-09-22 02:43:32 ， 中心经纬度：38.90284， 116.25526

注：有些数据中的*MLT.TXT 文件中的 SCENE_CENTER_SCAN_TIME 项目提供成像时间。

3.2 数据读取与定标

直接用 ENVI 中的 TM 定标功能，以 123-032 景数据为例介绍详细过程，123-033 操作基本一样。

第一步、传感器定标

- (1) 在 ENVI 主菜单中，选择 File-> Open External File-> Landsat-> GeoTIFF with Metadata，在文件选择对话框中选择 L5123032_03220090922_MTL.txt 文件，ENVI 自动将数据添加到波段列表中，并按照波长分成三个组：全色、热红外、可见光-红外。
- (2) 在 ENVI 主菜单中，选择 Basic Tools->Preprocessing ->Calibration Utilities-> Landsat Calibration，选择可见光-红外组（6 个波段），打开 Landsat 定标工具。

- (3) Landsat 定标工具会从元数据文件中自动获取相关的参数信息, 包括成像日期、定标参数等, 选择 Calibration Type: Radiance。
- (4) 选择输出路径和文件名 L5123032_03220090922_rad.img, 单击 OK 执行定标处理。

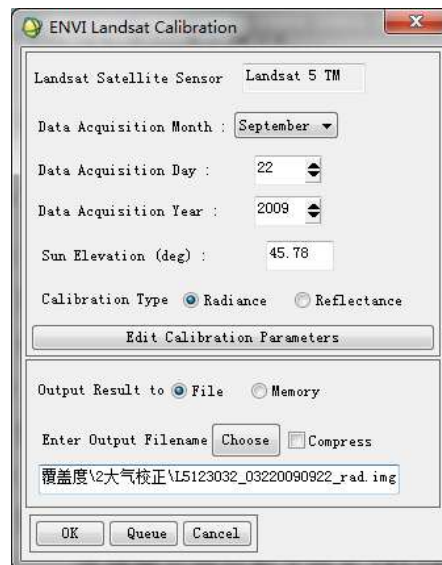


图 3: TM 数据定标

得到的辐射亮度值的单位为 $W/(m^2 \cdot sr \cdot \mu m)$, FLAASH 要求的辐射亮度值的单位为: $(\mu W) / (cm^2 \cdot nm \cdot sr)$, 两者差 10 倍关系。图像文件的储存顺序为 BSQ, 下面将定标结果进行单位换算和 BSQ->BIL 的转换处理。

第二步、储存顺便调整

- (1) 在主菜单中, 选择 Basic Tool-> Convert Data (BSQ, BIL, BIP), 在 Convert File Input File 对话框中选择上一步波段运算的结果。单击 ok 打开 Convert File Parameters 面板
 - (2) 选择 Output Interleave: BIP, Convert In Place: Yes (不生成新数据文件)。
 - (3) 单击 OK 执行处理。
- 这样我们就获得符合 FLAASH 要求的辐射亮度值。

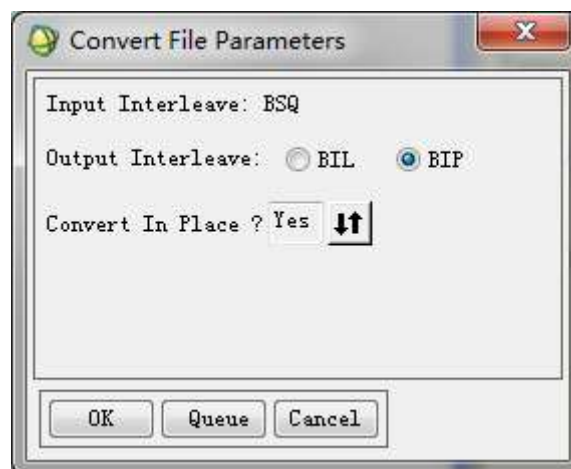


图 4: Convert File Parameters 面板

3.3 FLAASH 大气校正

在主菜单中，选择 Spectral->FLAASH，打开 FLAASH 功能将相关参数填入。

(1) 文件输入与输出信息项目

单击 Input Radiance Image 按钮，选择上一步准备好的辐射亮度值数据 L5123032_03220090922_rad.img。在 Radiance Scale Factors 对话框中选择 Use single scale factor for all bands (Single scale factor: 10.000000)。

单击 Output Reflectance File 按钮选择输出文件名和路径。

(2) 传感器与图像目标信息

- Lat: 40.32845, Lon: 116.70258 (从元数据文件中获取)
- Sensor Type: Landsat TM5
- Ground Elevation (km): 0.043 (从相应区域的 DEM 获得平均值)
- Flight Date: 2009-09-22 Flight Time: 02:43:08 (从元数据文件中获取)

(3) 大气模型 (Atmospheric Model): Sub-Arctic Summer

(4) 气溶胶模型 (Aerosol Model): Urban

(5) 气溶胶反演 (Aerosol Retrieval): 2-Band (K-T)

(6) 初始能见度 (Initial Visibility): 40。

(7) 多光谱设置 (Multispectral Settings)

- Defaults 下拉框: Over-Land Retrieval Standard (660: 2100)。

(8) 高级设置 (Advanced Settings): tile 设置为 100M，其余按照默认设置。

(9) 单击 Apply 按钮，执行 FLAASH。

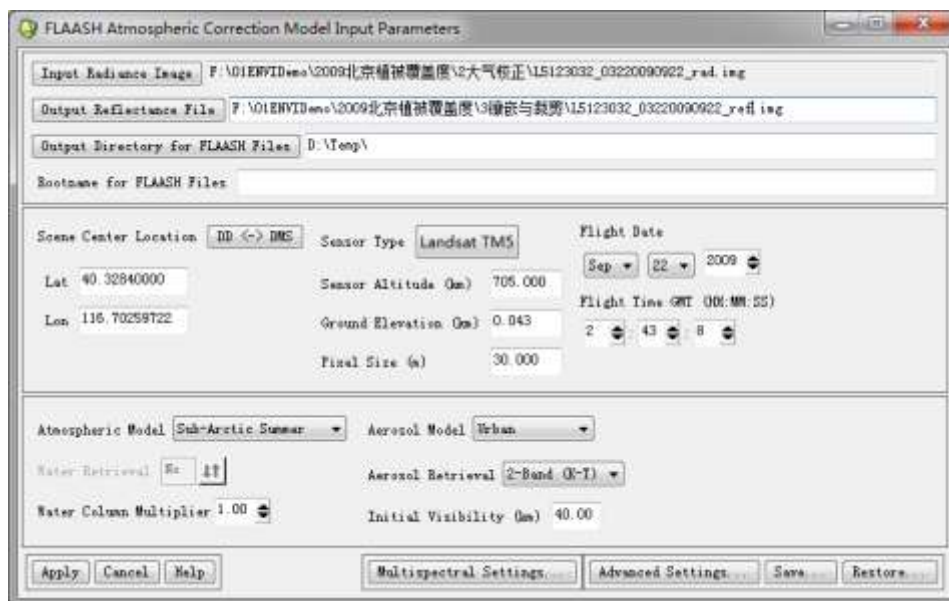


图 5：输入 FLAASH 参数

123-33 景采用类似的大气校正方法。

3.4 图像镶嵌与裁剪

第一步：镶嵌

- (1) 在 ENVI 主菜单中，选择 Map->Mosaicking->Georeferenced，打开 Map Basic Mosaic 面板。
- (2) 在 Mosaic 面板中，选择 Import-> Import Files，选择 123-32 和 123-33 大气校正结果导入。
- (3) 选择文件列表中最后一个文件，单击右键选择 Edit Entry。
- (4) 在 Edit Entry 面板中，设置 Data Value to Ignore: 0，忽略 0 值。
- (5) 在 Mosaic 面板中，选择 File->Apply，在 Mosaic Parameters 面板中，设置输出像元大小、重采样方式（立方卷积）、文件路径及文件名。

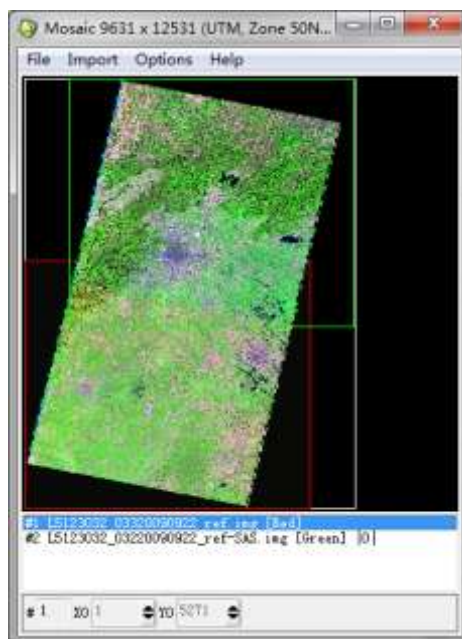


图 6：图像镶嵌

第二步：裁剪

使用北京行政边界裁剪图像。

- (1) 选择主菜单->File->Open Vector File，打开裁剪图像所在区域的 Shapefile 矢量文件（\北京市区矢量数据\北京市区.shp），投影参数不变，选择导入 Memory。
- (2) 在 Available Vector List 面板中，选择 File->Export Layer to ROI，在弹出的对话框中选择裁剪图像，单击 OK。
- (3) 在 Export EVF Layer to ROI 选择对话框中，选择将所有矢量要素转成一个 ROI(Convert all record of an EVF layer to one ROI)，单击 OK。
- (4) 选择主菜单->Basic Tools->Subset data via ROIs，选择裁剪图像。
- (5) 在 Spatial Subset via ROI parameters 中，设置以下参数：
 - 在 ROI 列表中（Select Input ROIs），选择绘制的 ROI。
 - 在“Mask pixels outside of ROI?”项中，选择 yes。
 - 裁剪背景值（Mask Background Value）：0。

- (6) 选择输出路径及文件名，单击 OK 裁剪图像。

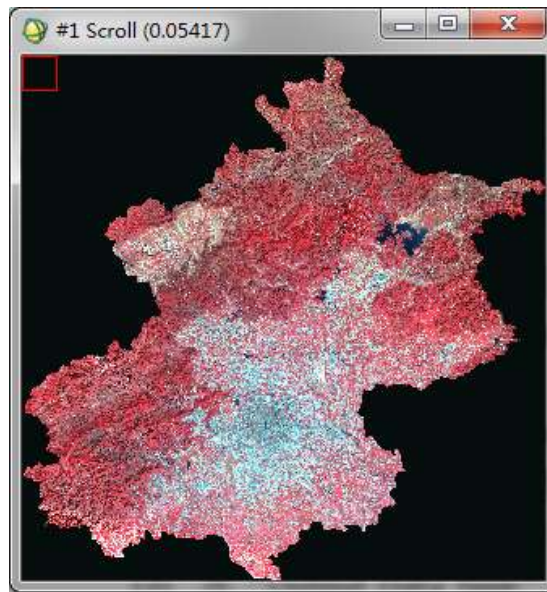


图 7: 图像裁剪结果

3.5 NDVI 计算

直接使用 ENVI 中的 NDVI 计算工具计算。

- (1) 在主菜单中，选择 Transforms -> NDVI。在 NDVI Calculation Input File 面板中，选择 TM 图像，点击 “OK”。
- (2) 在 NDVI Calculation Parameters 对话框中，单击 “Input File Type” 下拉菜单，选择 Landsat TM。用于计算 NDVI 的波段将被自动导入到 “Red” 和 “Near IR” 文本框中。
- (3) 在 “Output Data Type” 下拉菜单选择输出浮点型 (Floating Point)。
- (4) 选择输出路径及文件名，点击 “OK”。

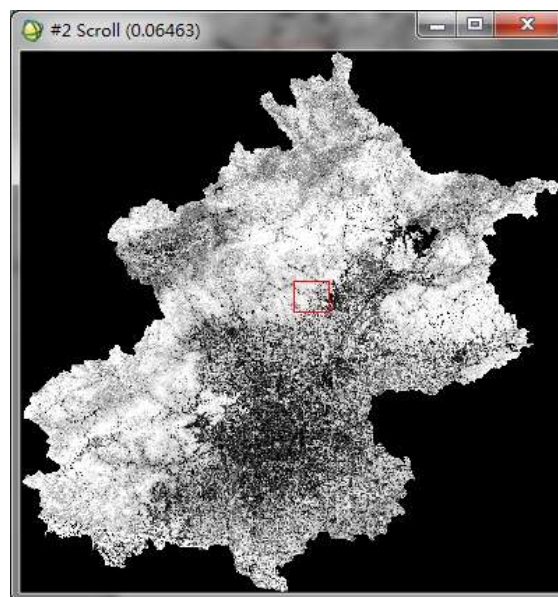


图 8: NDVI 计算结果

由于大气校正后的结果有部分像元为负值，主要集中在阴影地区，这部分区域计算得到的 NDVI 在 $[-1, 1]$ 之外，为了便于后面的分析，我们这里统一将这部分像元的 NDVI 值变成背景值 (0)，并生成掩膜文件并于后续处理。

- 生成背景掩膜文件

bandmath 表达式: $(b1 \text{ lt } -1) + (b1 \text{ gt } 1)$

- 去除异常值:

bandmath 表达式: $(b1 \text{ lt } -1) * 0 + (b1 \text{ gt } 1) * 0 + (b1 \text{ ge } -1 \text{ and } b1 \text{ le } 1) * b1$
B1: NDVI

3.6 掩膜文件制作

选择主菜单->File->Open image File, 打开..\土地覆盖分类图\classimage.img, 这个数据与 NDVI 数据严格空间配准。总共有 5 类土地覆盖类型:

- 林地: 1
- 农业用地: 2
- 城市用地: 3
- 水体: 4
- 其他: 5

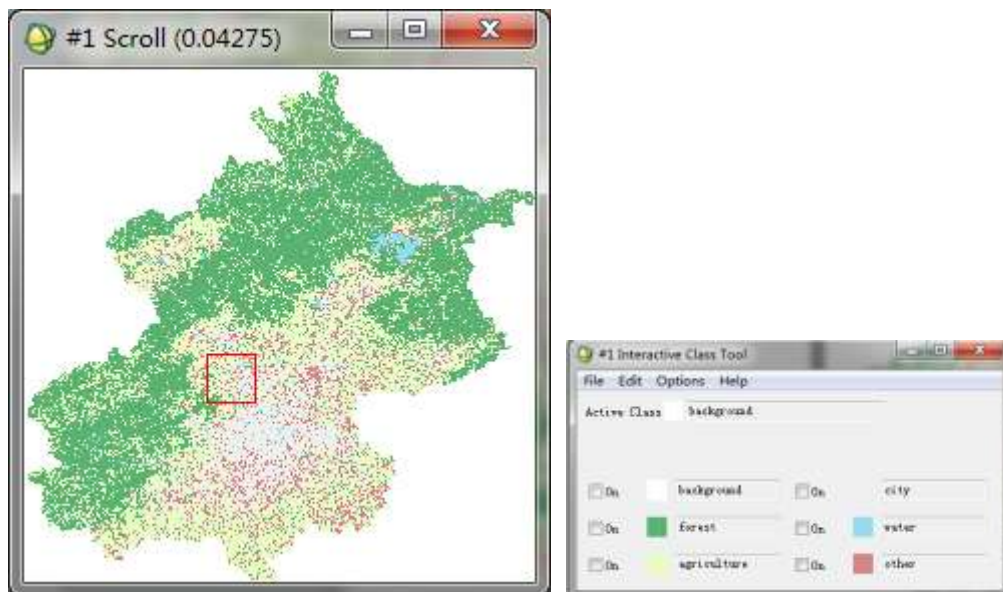


图 9: 土地覆盖分类图

我们利用这五种土地覆盖类型分别为 NDVI 生成 5 个掩膜文件。下面以林地为例介绍这个过程:

- (1) 在 display 中显示上面计算得到的 NDVI 结果。
- (2) 单击主菜单->Basic Tool->Masking->Build Mask, 在 Select Input Display 中选择 NDVI 图像文件所在的 Display 窗口, 这样系统会自动读取图像的尺寸大小作为掩膜图像的大小。

(3) 在 Mask Definition 面板中, 单击 Options->Import Data Range, 选择土地覆盖分类图。在最大、最小值中同时填入 1。

(4) 选择输出路径输出, 完成掩膜文件的生成。

不关闭 Mask Definition 面板, 分别输入其他土地覆盖类型的像元值生成其他四类掩膜文件。

注: 由于本例子中的土地覆盖类型图像与 NDVI 图像具有相同的行列数, 也可以用 bandmath 的方法生成掩膜文件, 如林地掩膜文件的表达是: $b1 \text{ eq } 1$ 。

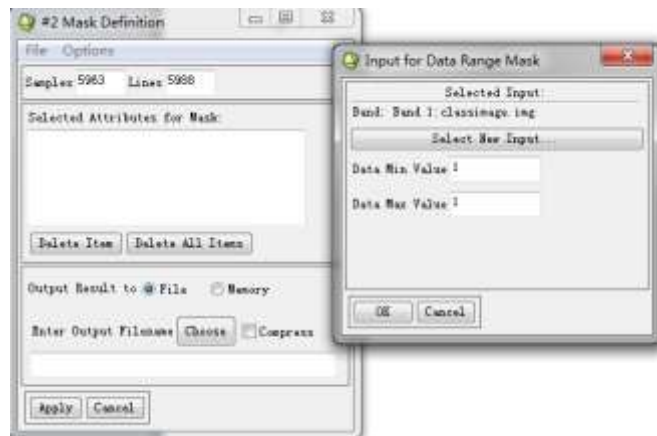


图 10: 生成掩膜文件参数

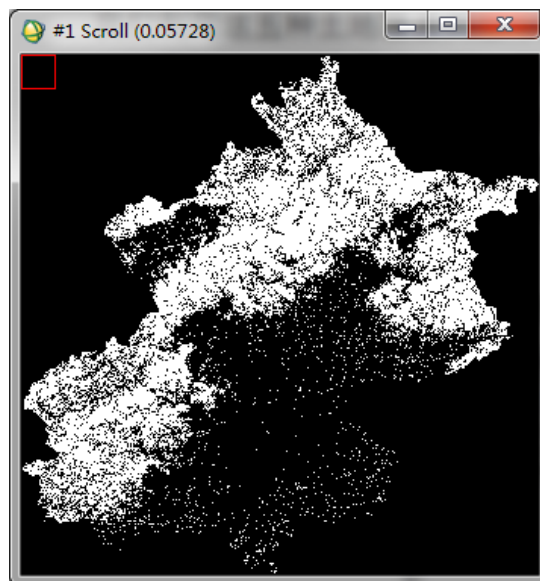


图 11: 林地覆盖掩膜文件

3.7 获取阈值

这一步就是求解 $NDVI_{max}$ 和 $NDVI_{min}$, 使用上一步获取的掩膜文件分别对 NDVI 图像文件进行统计, 在一定置信度范围内获取每个掩膜文件(也就是土地覆盖类型)对应的最大和最小 NDVI 值。下面以林地为例介绍这个过程:

- (1) 在主菜单中选择 Basic Tools->Statistics->Compute Statistics, 如图 12 所示, 分别选择 ndvi 文件作为统计文件, 以及掩膜文件。
- (2) 在统计类型面板中, 勾选直方图选项。

(3) 得到统计结果。

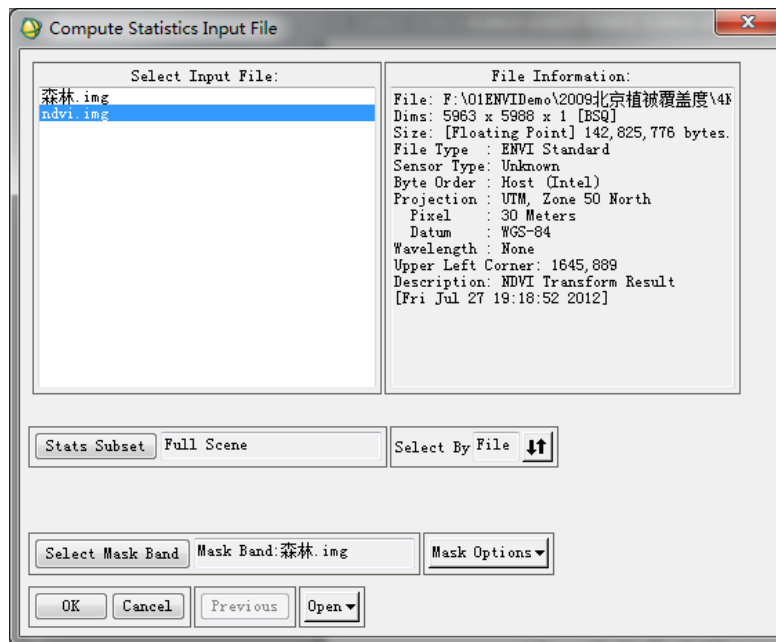


图 12: 选择统计文件和掩膜文件

下面我们分析统计结果，取一定的置信度获取最大和最小的 NDVI 值。如这里的林地覆盖区域的统计结果（图 13），这个过程带有很大的主观性，我们需要根据统计学原理自己制定一套规则，如这里我就以 NDVI 值对应像元数量增加到 5 位数字为置信区间，选择 NDVImin=0.4431，NDVImax=0.9216。

注：有些学者根据像元累加数的比重累划分，也就是查看统计结果中的最后一列，如 2%~98%为置信区间，找到对应的 NDVI 值。

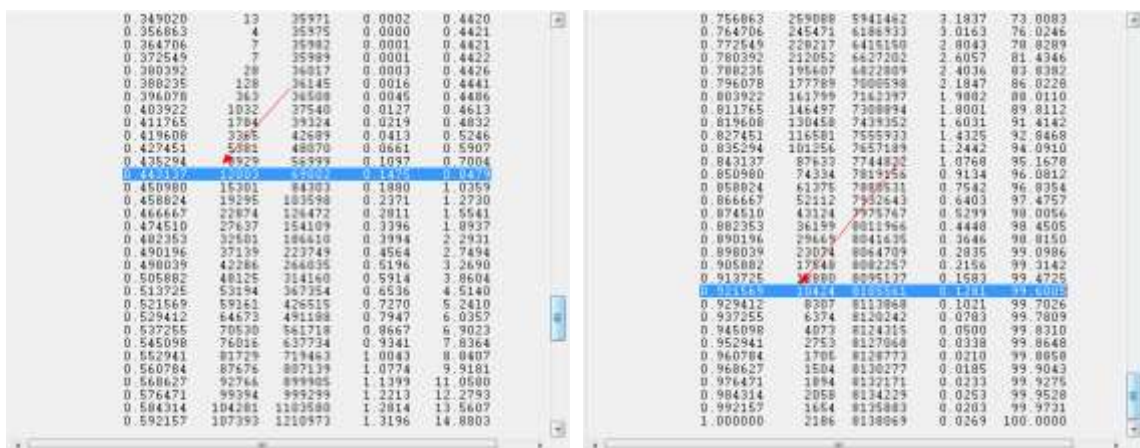


图 13: 统计结果

同样的方法得到其他地物覆盖类型的 NDVI 阈值，如下表：

土地覆盖类型	NDVImin (NDVIsoil)	NDVImax (NDVlveg)
林地	0.4431	0.9216
农业用地	0.3907	0.7896
城市用地	0.0756	0.4115
水体	0	0
其他	0.0198	0.6576

注：水体没有植被（水藻不属于植被），认为这部分区域的植被覆盖度为 0。

3.8 生成参数文件

这一步是根据上面得到的 NDVI 阈值分别生成 NDVIsol 和 NDVIveg 参数文件，主要使用 bandmath 工具，表达式如下：

NDVIsol: $b1*0.4431+b2*0.3907+b3*0.0756+b4*0+b5*0.0198$

其中 b1: 林地掩膜文件

b2: 农业用地掩膜文件

b3: 城市用地掩膜文件

b4: 水体掩膜文件

b5: 其他用地掩膜文件

NDVIveg: $b1*0.9216+b2*0.7896+b3*0.4115+b4*0+b5*0.6576$

其中 b1: 林地掩膜文件

b2: 农业用地掩膜文件

b3: 城市用地掩膜文件

b4: 水体掩膜文件

b5: 其他用地掩膜文件

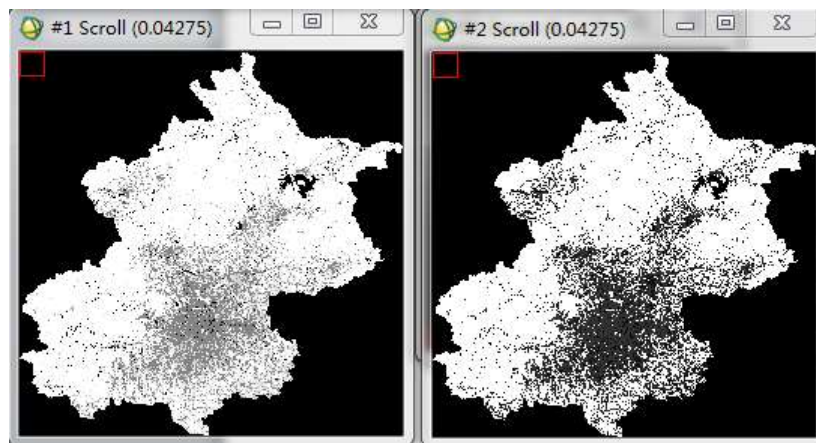


图 14: NDVIsol 和 NDVIveg 参数文件

3.9 植被覆盖度估算

利用上一步得到的 NDVIsol 和 NDVIveg 参数文件带入公式 (2)，使用 bandmath 进行计算：

表达式: $(b2 \text{ ne } 0.0)*(b1-b2)/(b3-b2)$

B1: NDVI(去除异常值)

B2: NDVIsol 参数文件

B3: NDVIveg 参数文件

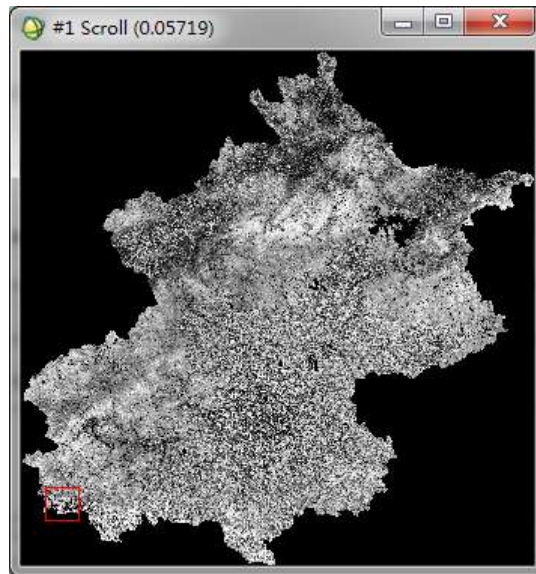


图 15: 植被覆盖度估算结果

我们分析下结果，会发现有一些异常值，即值在 $[0,1]$ 之外，这些异常值是在 NDVI 置信度之外的那部分像元产生的（也包括 NDVI 异常像元）。这些像元数量不多，大约占 1.7% 左右。还有背景和水体区域的植被覆盖度的值为 -NaN，即无效值，因为分母为 0 造成的。

第一种异常值可以将小于 0 的值变成 0，大于 1 的值变成 1，用 bandmath 工具即可，表达式为：

$0.0 > b1 < 1.0$, b1: 植被覆盖度

-NaN 可以用掩膜进行处理，即在 build mask 中用 -NaN 生成掩膜。

3.10 植被覆盖度验证和分类

● 验证

目前业内植被覆盖度的验证方法主要是通过野外调查结果进行验证，如下为一种方法：

以与地面垂直的角度用数码相机拍摄采样点的地面照片，使用 GPS 定位获得采样点的经纬度坐标。为获得准确的植被覆盖度实测数据减少像片边缘变形误差，将数码相机得到数字影像截取长、宽各三分之二的中心地带，采用非监督分类法分为 10 类，并将分类结果分为植被、非植被两类，以此来计算出植被覆盖度。为了保证验证时能够正确定位，野外一般选取 3×3 个像元大小的样方，即 $90\text{m} \times 90\text{m}$ ，并在样方中均匀拍摄多张照片。取从照片计算的平均值作为样方的植被覆盖，取样方中心点所在 3×3 像元的植被覆盖度平均值作为对应的遥感估算值进行验证。

● 分类

- (1) 在 Display 显示植被覆盖图。
- (2) 选择 Tools->Color Mapping->Density Slice，单击 Clear Range 按钮清除默认区间。
- (3) 选择 Options->Add New Ranges，依次添加 10 个区间，分别为每个区间设置一定的颜色，单击 Apply 得到如下的植被覆盖图。
- (4) 选择 File->Out Ranges to Class Image，将分割结果保存为分类结果，可以进行后续的制图、统计等操作。

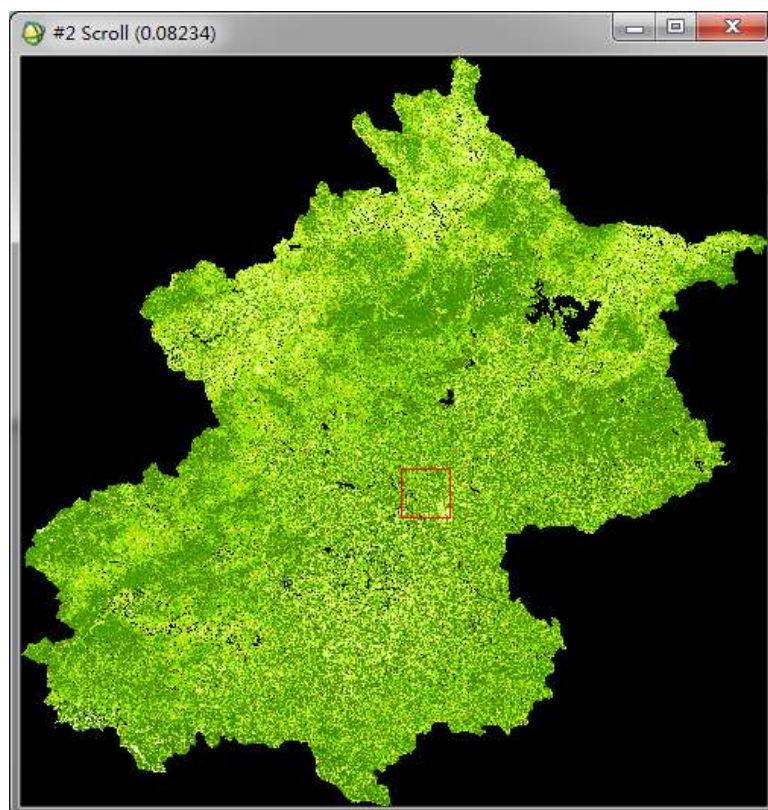


图 16: 植被覆盖度密度分割结果

4、总结

在 ENVI 下及灵活应用 Bandmath 工具，以 NDVI 值为参数，运用基于像元二分模型设计的植被覆盖度遥感估算方法技术路线简单、可操作性强，也适用于不同分辨率的遥感数据，如环境小卫星等。

