

ASTER 遥感影像在土地利用调查的应用 ——以广州花都区为例

学 院 地理科学学院
专 业(方向) 地理信息系统
班 级 03 地理信息系统
姓 名 魏永杰
学 号 0307442128
指导教师 陈健飞 教授
答辩时间 2007 年 6 月 3 日

ASTER 遥感影像在土地利用调查的应用 ——以广州花都区为例

地理信息系统 魏永杰

指导老师：陈健飞

摘要 土地资源是社会经济发展最基本的物质基础，利用遥感技术可对土地资源进行分类调查。在对地观测方面，ASTER 与一般遥感影像相比，它包括了可见光—近红外（VNIR）、短波红外（SWIR）和热红外（TIR）3 个通道的遥感数据，能提供更高质量的信息源。本文在 ENVI 4.3 的支持下，对 ASTER 数据进行预处理、波段选取、图像增强等工作，然后运用监督分类方法对广州花都区土地利用信息进行分类，再经过中值滤波输出分类结果，提取出该地图空间信息，最后统计土地利用情况。

关键词 ASTER；土地利用；监督分类；图像增强；花都区

Extraction of land use classification information of suburb of Guangzhou Huadu using ASTER image

ABSTRACT Land resources are essential substance foundation for development of society and economy. Land resources can be classified and investigated by using remote sensing information. It is shown that high spectrum resolution images can better offer higher quality information source in observing the earth' s surface in comparing with previous common remote sensing images. This text is in the ENVI4.3 of under support carry on preparing works, such as the processing, wave band selection and the picture to build up...etc. to the ASTER data, then status map about suburb of Guangzhou Huadu was classified by using supervised classification method, withdraw a map' s space information, the end statistics the land make use of a circumstance.

KEY WORDS Aster; land use; supervised classification; picture strengthen; Huadu

目 录

1. 前 言	4
2. ASTER主要技术参数和特点及其应用领域	4
3. ASTER影像数据处理	6
3.1 ASTER数据的预处理	6
3.1.1 图像的校正与配准	6
3.1.2 图像裁切	6
3.2 波段选取	7
3.2.1 波段选取意义	7
3.2.2 影像统计特征分析	7
3.2.3 各波段的相关系数分析	8
3.3 图像增强	9
4. ASTER影像的计算机分类	10
4.1 计算机分类意义	10
4.2 选取训练场地	11
4.3 影像分类	11
4.4 分类后期处理	13
4.5 精度评价	14
5. 结论与讨论	14
致谢	15
参考文献	16

1. 前言

1999年12月18日,洛马公司宇宙神-2AS运载火箭,成功发射了EOS AM-1,即地球观测系统(EOS)第1颗上午星^[1],之后改名为TERRA(地神),2000年2月24号开始采集科学数据,其总体战略目标是实现从单系列极轨空间平台上对太阳辐射、大气、海洋和陆地进行综合观测,获取有关海洋、陆地、冰雪圈和太阳动力系统等信息,进行土地利用和覆盖研究、气候季节和年际变化研究、自然灾害监测和分析研究、长期气候变率和变化研究以及大气臭氧变化研究等,进而实现对大气和地球环境变化的长期观测和研究^[1]。ASTER是极地轨道环境遥感卫星Terra(EOS-AM1)上载有的5种对地观测仪器之一,它提供了可见光—近红外(VNIR)、短波红外(SWIR)和热红外(TIR)3个通道的遥感数据^[2]。包含从可见光到热红外范围的14个波段,分辨率从15 m到90 m。ASTER的主要目的是深入了解地球表面或近地面以及较低大气层发生的各种局部和区域尺度过程,其中包括地表和大气的相互作用。ASTER影像在冰川、水文、城市扩展、火山预报、蒸散/地表温度、地质6个方面有着广阔的应用前景^[2]。

本文使用2003年10月16日ASTER数据对广州花都区土地利用信息进行分类。

2. ASTER 主要技术参数和特点及其应用领域

ASTER是一个成像仪器,它是NASA和日本国际贸易与产业部合作的成果。在某种意义上,ASTER充当Terra上其他仪器的一个“变焦透镜”,它拥有的空间分辨率是这些仪器中最高的。ASTER包含有三个独立的仪器子系统,每个工作在不同的光谱区,它们使用独立的光学系统,并且由不同的日本公司制造。这些子系统分别工作在可见光与近红外(VNIR)、短波红外(SWIR)、热红外(TIR)上。

ASTER影像的第一至第三波段位于可见光/近红外部分,空间分辨率为15m,是迄今空间分辨率最高的多光谱数据,具有航向与旁向两个方向的立体成像能力,检测地表成分和制图综合能力优于目前资源调查领域应用最广的TM和SPOT数据,可用于生成全球高质量数字地形图^[3];第四至第九波段位于短波红外部分,空间分辨率为30m;第十至第十四波段位于热红外部分,地面分辨率为90m(图1)

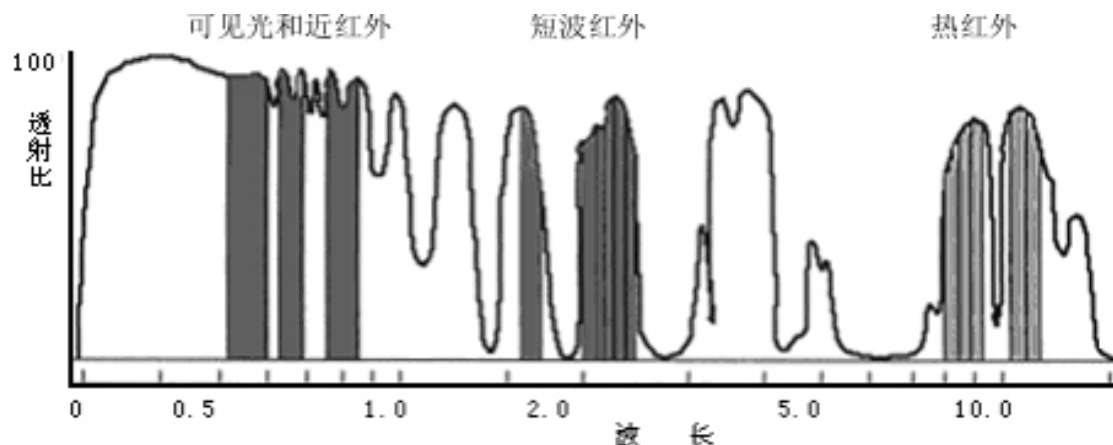


图1 ASTER 各波段的波长与大气透射比

ASTER 共有 3 个通道,其技术参数如表 1 所示。由表 1 以看出,ASTER 数据具有以下特点: 1) 可见光通道图像的空间分辨率较高;

2) 热红外通道($8\sim 12\mu\text{m}$) 具有 5 个波段;

3) 可见光—近红外通道($0.78\sim 0.86\mu\text{m}$) 具有底视和后视功能

表1 ASTER 主要技术参数

通道	波段编号	波谱范围/ μm	空间分辨率/m
VNIR	1	0.52~0.60	15
	2	0.63~0.69	
	3N (后视)	0.78~0.86	
	3N (前视)	0.78~0.86	
SWIR	4	1.600~1.700	30
	5	2.145~2.185	
	6	2.185~2.225	
	7	2.235~2.285	
	8	2.295~2.365	
	9	2.360~2.430	
TIR	10	8.125~8.475	90
	11	8.475~8.825	
	12	8.925~9.275	
	13	10.25~10.95	
	14	10.95~11.65	

与 SPOT / HRV、TM、JERS / OPS 相比较, ASTER 数据相关性能得到很大改善: 1)提高基高比(从 0. 3 提高到 0. 6), 改善表面高度的精度; 2)增加 SWIR 区域的波段, 增强表面岩性制图能力; 3)在 TIR 区加入 5 个波段, 生成精确的表面温度

和发射。通过改善辐射分辨力和精度，从而提高解译能力。

ASTER产品可以分为以下几个级别：L1A；L1B；Relatively Spectral Emissivity 2A02、2A03V、2A03S；Surface Radiance 2B01V、2B01S2B01T；Surface Reflectance 2B05V、2B05S；Surface Temperature 2B03；Surface Emissivity 2B04；Semi-Standard Product: Orthographic Image 3A01；Digital Elevation Model Relative 4A01Z^[1]。ASTER的主要目的是深入了解地球表面或近地面以及较低大气层发生的各种局部和区域尺度过程，其中包括地表和大气的相互作用^[1]。ASTER 影像在冰川、水文、城市扩展、火山预报、蒸散 / 地表温度、地质6个方面有着广阔的应用前景^[4]。

3. ASTER 影像数据处理

3.1 ASTER 数据的预处理

3.1.1 图像的校正与配准

本文是基于ASTER L1B影像（AST_L1B#00310162003031534_10292003094859），利用ENVI 4.3 对其进行读取，可知该影像生成于 2003-10-16，03:15:34.8530000。同时查看其Map Info，可以看出L1B级别的影像已经过辐射纠正和几何纠正。几何纠正的精度为：绝对误差在 50m之内，相对误差在 15m之内。相对误差在一个像元之内，达到了一般的误差要求，可以用来做分析。几何纠正后的影像为UTM投影^[8]。遥感图像的几何校正一般包括以下一些步骤：转换方案选择、校正方法选择、控制点获取、输出图像的边界和像素尺寸的确定及图像灰度重采样等。ASTER L1B 影像已经过辐射纠正和几何纠正，但为了使之适合研究区应用，仅对影像作由 UTM 到高斯-克吕格的投影变换，指定其为第 20 分带。

3.1.2 图像裁切

图像裁切是指对原始遥感图像进行裁切，其目的是为了提取感兴趣的区域范围。本文所研究范围为广州花都区，而该原始ASTER图像范围为广州北部，所以仅对花都区进行裁切。影像裁切通常利用ROI进行，也可以先建立掩膜再对它进行裁切^[5]。本文采用的是利用引入文件类型为shape的花都边界建立ROI，进行裁切。

3.2 波段选取

3.2.1 波段选取意义

在遥感图像分类以前,通常需要进行特征选择和特征提取。在进行波段选取时,原则上是以进行统计特征分析,主成分分析和相关分析为主,但在实际操作中更注重人的视觉效果,视觉效果最好,容易判读就可以。同时可借鉴各种分析结果。对多光谱遥感数据进行基本的单元和多元统计分析通常会对显示和分析遥感数据提供许多必要的有用信息^[4]。

由于 ASTER 遥感数据中的热红外波段(TIR)主要是用来研究地表热环境变化,而 3B 主要是用来生成地表高程,本文只对上述这两个波段以外的其他 9 个波段进行光谱信息统计分析。

3.2.2 影像统计特征分析

在 ENVI4.3 下运用 `resize data` 命令对 30m 分辨率的 6 个短波红外波段进行重采样,使其分辨率为 15m,用 `save file as ENVI standard` 命令把重采样后的短波红外波段和 3 个 15m 分辨率的可见光和近红外波段放在同一个文件下。

在 ENVI4.3 下实施统计,得到了 9 个波段光谱的一般特征的统计资料(见表 2)。

表 2 各波段光谱的一般特征

波段编号	最小值	最大值	平均值	标准差	特征值
波段 1	0.000000	171.703995	22.569930	28.041932	2050.086742
波段 2	0.000000	179.832001	14.009769	19.708900	105.772046
波段 3	0.000000	218.947998	25.518816	31.009668	7.937737
波段 4	0.000000	55.219601	3.944463	4.973283	1.014778
波段 5	0.000000	17.678400	0.866642	1.111369	0.050435
波段 6	0.000000	15.875000	0.810241	1.060834	0.003253
波段 7	0.000000	15.163800	0.715466	0.952387	0.002850
波段 8	0.000000	10.591801	0.440371	0.598849	0.001240
波段 9	0.000000	8.077201	0.273842	0.346083	0.000597

根据表 2 分析可以看出:

1) 各个波段的直方图均值都很小,最大的才 25.518816,这说明该影像属于低灰度图像;

- 2) 各个波段的最小值都为 0，说明研究区存在较低反射覆盖物；
- 除了波段 1、2、3 外，其余的波段的最大值都比较小，说明研究区地物覆盖光谱信息量少；
- 3) 就各个波段的方差数值的比较可以看出，波段 3 具有最大的标准差 31.009668，这说明波段 3 具有最大的光谱信息含量，即在该波段的地物放射光谱差异较大，适合于区别各类地物。其余波段光谱信息含量较大的依次为波段 1、波段 2 和波段 4。
- 4) 波段 1、2、3 的特征值都比较高，说明对地物的特性有明显的反映。

3.2.3 各波段的相关系数分析

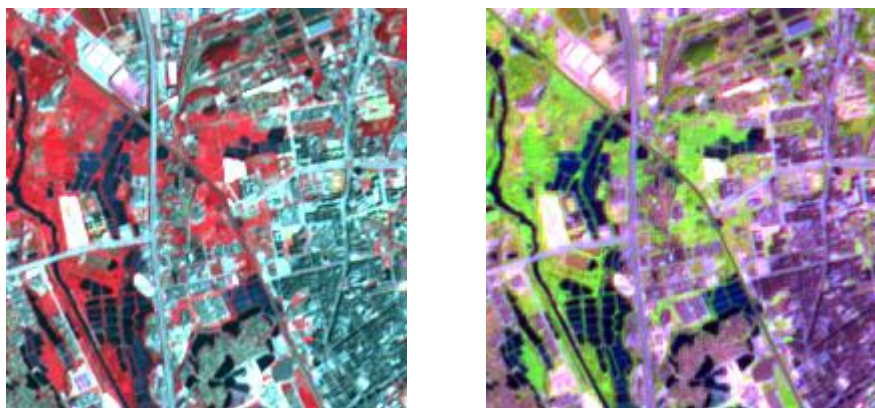
在 ENVI4.3 下进行统计得到 9 个波段的协方差矩阵和相关矩阵（表 3）：

表3 波段相关矩阵

波段号	波段 1	波段 2	波段 3	波段 4	波段 5	波段 6	波段 7	波段 8	波段 9
波段 1	1.000000								
波段 2	0.973869	1.000000							
波段 3	0.922658	0.852727	1.000000						
波段 4	0.952277	0.926534	0.957633	1.000000					
波段 5	0.965676	0.950950	0.921181	0.984374	1.000000				
波段 6	0.956519	0.948659	0.909911	0.981714	0.996655	1.000000			
波段 7	0.954543	0.955315	0.895435	0.975701	0.994675	0.996381	1.000000		
波段 8	0.947390	0.955111	0.875758	0.965476	0.989758	0.993819	0.996456	1.000000	
波段 9	0.971089	0.949437	0.921027	0.977708	0.995589	0.991830	0.990136	0.985512	1.000000

从表 3 可以得出：从总体上看，9 个波段之间的相关关系都比较密切；从波段 4 到波段 9，他们之间的相互关系都相当密切，相关系数均在 96% 以上；波段 1 和波段 3 之间相关系数小，信息量大；波段 3 和波段 2 之间相关系数小，信息量大，波段 1、波段 2 和波段 3 相对来说具有较好的独立性。

进行统计特征分析的同时，选取不同波段组合，也注重其视觉效果。对波段 321 (如图 2a 所示)，波段 431 (如图 2b 所示)，波段 751，543 等不同组合的结果进行分析比较，最终确定波段 3，2，1 (RGB) 的组合效果最佳。城市呈青灰色，较为清晰，植被为红色，不同覆盖度的地区红色色调有明显的不同，植被与非植被区分较为明显。



a 波段321组合（局部图）

b 波段431组合（局部图）

图2 波段间组合图

3.3 图像增强

未经增强处理的影像直接用于解译或分类，其效果是不理想的，影像的亮度很少，平均亮度值偏低，轮廓、边界辨认不清等等。从资源遥感的目的来说，遥感影像主要提供地表或地下资源的特征信息，这种信息通常可以分为两类，对于地表出露的资源，如农、林、海岸带、生物、土壤以及出露的矿体，在影像上有相对稳定的亮度值分布特性，可以使用概率密度函数来描述这种信息，从而进行分析和识别地表的资源；另一类是地表下的或者是覆盖的资源，如地下矿体或地下水，遥感影像可能提供的是岩体与覆盖的地表物相关的信息，如某些控矿构造的地表线性特征、地貌形态，与矿体相关的地球化学特性、土壤富水性、植被种类和长势等待，这种信息往往是复杂多变的，难以用确定的亮度值或概率密度函数来描述它，需要对影像进行某种变换处理，以便增强或提取其中有用的信息，结合其他资料，综合分析后作出判断。无论是地表出露的或者与地下资源相关的遥感信息，可以归纳为影像亮度值统计特性和亮度值的空间频率特征，这种信息的显示，能否为人眼所接受、感觉，需要经过一定的增强处理，因此影像增强实际是改善影像的质量以获得最好的主观效果。因而也可以说增强是损坏了原影像的保真度，匹配人眼的亮度值观察特性，实现改善影像的视觉效果，从而增加影像的可判释性为目的的一种处理技术。

当分析影像数据时，为了使分析者能容易确切地识别影像内容，必须按照分析目的对影像数据进行加工，这一处理过程叫图像增强（image enhancement）。影像校正是消除伴随观测而产生的误差及畸变，使观测数据更接近于真实值为主要目的的处理，而图像增强则把重点放在使分析者能从视觉上便于识别影像内容这一点上

^[8]。典型的影像增强有灰度变换、彩色合成、HIS变换等。常用的增强处理方法有：变换(对比度扩展、彩色变换、比例尺变换)，滤波（空间域滤波、频率域滤波）等。

本文通过运用多种方法比较发现经过 2% 线性拉伸和锐化处理后(如图 3 所示)的图像纹理清晰，地物轮廓清楚，比未增强的图像（如图 4 所示）更利于往后监督分类的训练区划分。



图3 线性拉伸和锐化后图像（局部图）



图4 处理前（局部图）

4. ASTER 影像的计算机分类

4.1 计算机分类意义

计算机技术对影像分类的促进与发展。计算机技术的引进解决了影像分类中海量数据的计算与管理问题；计算机技术支持下的GIS用来辅助影像分类，主要通过四种模式进行：GIS数据作为影像分析的训练样本和先验信息；利用GIS技术对研究区域场景和影像分层分析；GIS建立面向对象的影像分类；提取和挖掘GIS中的知识进行专家分析。这些模式促进了GIS与遥感的结合，提高了影像分类精确性和准确性，使得影像分类迈入新的天地^[9]。

用计算机对遥感影像进行分类是模式识别技术在遥感技术领域中的具体应用，是遥感数字影像处理的一个重要内容。虽然影像增强和影像分类都是为了增强和提取遥感影像中的目标信息，但是，影像增强主要是增强影像的视角效果，提高影像的可解读性。因此，可以说影像增强分类给目视解译提供的信息是定性的，而影像分类直接着眼于地物类别的区分，所以说影像分类给目视解译提供的是定量信息^[8]。遥感影像分类的理论依据是：遥感影像中的同类地物在相同的条件下（纹理、地形、光照以及植被覆盖等等），应具有相同或相似的光谱信息特征和空间信息特征，从

而表现出同类地物的某种内在的相似性，即同类地物像元的特征向量将集群在同一特征空间区域；而不同地物的光谱信息特征或空间信息特征不同，因而将集群在不同的特征空间区域。

本文采用监督分类对影像进行分类。监督分类亦叫“训练场地法”、“先学习后分类法”等。所谓监督分类，就是在影像上抽取已知地面类型的区域，并提取出每种特征类型的光谱属性，对采样像元进行分析，得到一些判别原则，从而可对整幅影像进行分类识别，重复“抽取信息—判别—修改抽取信息—判别”的过程，直到分类完成^[4]。

4.2 选取训练场地

训练场地和训练样本的选择在监督分类中是十分重要的，在监督分类中由于训练样本的不同，分类结果就会出现极大的差异。因此，在工作区仔细选择各类训练场地，正确地选择有代表性的训练样本，是分类能否取得良好效果的一个关键性问题。用于监督分类的训练场地应该是光谱特征比较均一的地区，一般在影像显示中根据均一的色调估计有一类地物，而且一类地物的训练场的可选取一块以上。同时，训练样本的数目至少要能够满足建立分类用辨别函数的要求，以克服各种偶然因素的影响，而对于光谱特征变化较大的地物，训练样本的数目要更多一些，以反映其变化范围。一般情况下，要得出可靠的统计数据，每类至少有 10~100 个训练样本数据。在实际的样本选取操作中，经过多次选取和分类，发现尽可能多选类别，同时各类别地物训练样本选的越多，效果越好，可以减少分类误差^[4]。

另外，为了使监督分类具有较高的精度，尽可能多地利用一些已知的有用资料，来确定训练场地和训练样本，使训练样本具有较好的代表性。本文利用 Google Earth 软件来进辨别地貌。

本文在 ENVI4.3 下将其分为 9 类：1 林地，2 荒地，3 耕地，4 湖泊及水库，5 河流，6 深蓝色鱼塘，7 青色鱼塘，8 旧式城镇居民点及交通工矿用地，9 新式城镇居民点和交通工矿用地。

4.3 影像分类

选完训练样本保存之后，就可以进行监督分类。监督分类方法有多种，包括平

行六边形分类法(Parallelepiped)、最小距离分类法 (Minimum Distance)、最大似然比分类法(Maximum likelihood)、马氏距离分类法(Mahalanobis Distance)等。本文采用的是极大似然分类法(Maximum likelihood)。

最大似然比分类法，也称为贝叶斯 (Bayes) 分类，是基于图像统计的监督分类法，也是典型和应用最光的监督分类方法。它建立在Bayes准则的基础上，偏重于集群分布的统计特征，分类原理是假定训练样本数据在光谱空间的分布是服从高斯正态分布规律的，做出样本的概率密度等值线，确定分类，然后通过计算标本（像元）属于各组（类）的概率，将标本归属于概率最大的一组。用最大似然分类法，具体分为三步：首先确定各类的选练样本，再根据训练样本计算各类的统计特征值，建立分类判别函数，最后逐点扫描影像各像元，将像元特征向量代入判别函数，求出其属于各类的概率，将待判断像元属于最大判别函数值的一组。Bayes判别分类是建立再Bayes决策规则基础上的模式识别，它的分类错误最小精度最高，是一种最好的方法^[9]。

在 ENVI4.3 下运用 “Classification” 下拉菜单中的 “Maximum likelihood” 命令对影像进行计算机分类。得到分类结果如图 5：

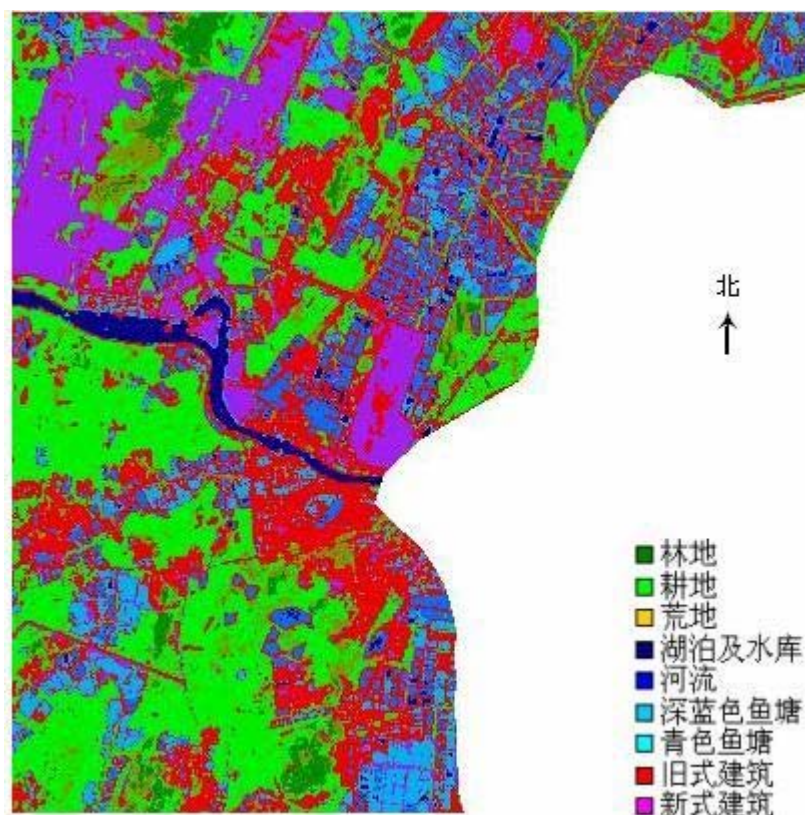


图 5 最大似然比分类法的分类结果（局部图）

4.4 分类后期处理

在遥感影像分类中，由于混合像元的存在以及分类算法是针对每个像元单独进行的，结果在分类影像中会出现一大片同类地物中夹杂着散点分布的异类地物的不一致现象，它们在分类影像上表现为噪声。为了克服这种与实际情况不相符合、也不满足分类要求的情形，要进行分类后期处理，通常可通过平滑出来减少或消除类别噪声的影像。

本文通过聚类分析（Clump Classes）进行分类后期处理。*Clump Classes*选项运用形态学算子将临近的类似的分类区域合并成块解决了这个问题。被选的分类首先用一个扩大的操作合并到一块，然后用参数对话框中指定了大小的变换核对分类图像进行侵蚀操作^[10]。本文采用滤波器的内核（Kernel）是以 3×3 矩阵进行平滑处理，效果较以 5×5 矩阵好。

聚类分析后，接着对分类图像进行类别删除和类别合并。因为花都区正处于高速的发展中，为了更好表现区内的发展情况，本文并没有将新旧城镇居民点及交通工矿用地进行合并，只是对深蓝色鱼塘与青色鱼塘、湖泊及水库与河流进行合并。

处理后的分类图见（图 6）：

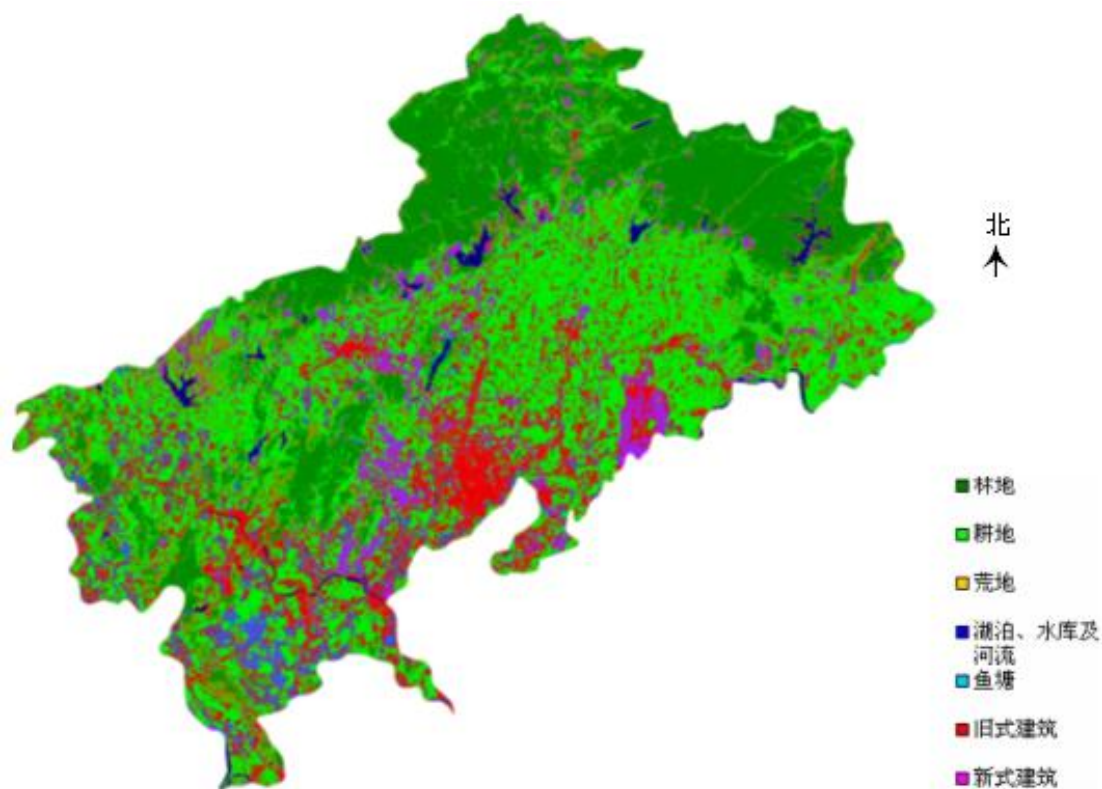


图 6 花都区主要土地利用类型解译结果图

4.5 精度评价

用计算机进行影像分类的准确性是至关重要的，所以，对分类结果需进行误差分析。误差分析是指随即抽查检验分类的精度和可靠性，当精度与可靠性较差时，可从以下两方面进行改善：1) 重新选择训练样本，使训练样本更具有代表性，并使分类类别数更加与实际相符；2) 当前者以满足时，对判别函数进行评价和选择，并对参加分类的变量或统计量进行选择。

最常采用的是建立误差矩阵（或称混淆矩阵）和 Kappa 分析，以此计算各种统计量并进行统计检验，最终给出对于总体和基于各种地面类型的分类精度值。

通过 ENVI4.3 统计工具（Class Confusion Matrix）得出本次计算机分类精度为：误差矩阵 Overall Accuracy = (77284/84812) 91.1239%；Kappa Coefficient = 0.8219。根据精度分析可知，本次监督分类的精度是比较可信的。

而由于没有实地考察，本文采用借助 Google Earth 软件进行取样的验证和目视解译。验证得知成果图中的鱼塘与河流之间区分度较低，效果不够理想，由于道路在选取训练区时没有被单独划分出来，这导致出现一条公路包含新旧建筑物 2 种土地利用类型。而林地和耕地的分类比较成功。

5. 结论与讨论

利用 ENVI4.3 中的统计工具（Computer Statistics），可计算出每种土地利用类型在图中所占的比例，这也可以初步统计花都区土地利用情况（见图6）：

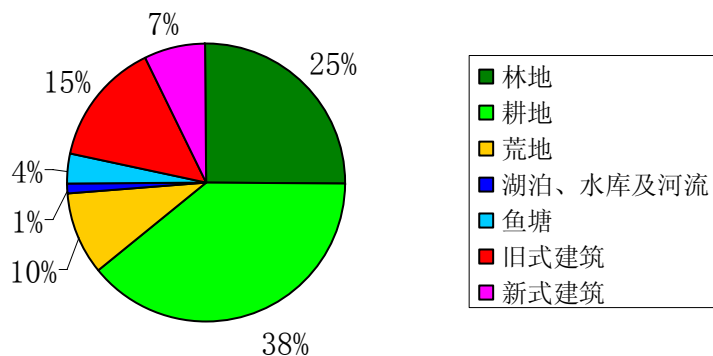


图 6 花都区土地类别比例图

在本次利用 ASTER 遥感影像对广州花都区进行空间信息提取的过程中, ASTER 数据在预处理方面比 TM 遥感影像具有明显的优势, 无须配准和校正的前期工作; 选取波段是基本步骤, 提取出遥感影像大部分信息, 又减少往后的工作量; 而图像增强是进行监督分类之前提高目视解译度的有效办法, 本文经用锐化和 2% 线性拉伸的处理后的图像, 使新旧人工建筑物间和植被间有了明显的区分度, 有利于往后训练区的选取。另外, 在选取训练样本和分类后验证的过程中, 本文利用 Google Earth 软件进行地形地貌的判断, 虽然缺少实地考察, 但也使整个分类过程具有较高的精度。

而本次监督分类过程中, 也存在一定的不足之处, 由于鱼塘和河流的光谱特征类差异少 (部分鱼塘直接引入河流水养殖), 训练样本的选取时容易出现误判, 导致在分类图中出现鱼塘和河流混淆的情况, 使之后的土地利用统计信息出现误差, 这也说明仅仅依靠监督分类进行土地分类是不足够的。如何将水产养殖的空间信息单独提取, 是日后研究的又一课题。

致 谢

本文是在陈健飞老师的悉心指导下完成的。陈健飞老师在论文选题、研究思路、写作方法等方面给予了莫大的帮助。由于我是在紧张的工作之余进行论文写作, 相比在校时所作的论文前期准备而言, 压力和难度都增大了。感谢陈健飞老师耐心的指导、关切的鼓励使我得以克服困难, 顺利完成论文。同时亦要衷心感谢林征师兄无私的帮助, 在如何运用 ENVI 4.0 方面提供了十分宝贵建议。

感谢母校给了我广阔成长的空间, 以及四年来在学习生活中教导和帮助我的学院各位任课老师, 在他们的教导之下, 我学到的丰富专业知识为论文的成功完成打下了基础。

参考文献

- [1] 郭亚东, 史舟. 先进星载发射和反发射辐射仪 (ASTER) 的特点及应用[J]. 遥感技术与应用, 2003,18(5):346-352
- [2] 朱黎江, 秦其明, 陈思锦. ASTER 遥感数据解读与应用[J]. 国土资源遥感, 2003,15(2):59-63
- [3] 袁运平. 现代自然科学概论[M]. 上海: 华东师范大学出版社, 2002.10.
- [4] 郭文娟, 张佳. 利用 ASTER 遥感资料提取南京城郊土地利用信息的研究[J] 农业工程学报,2005,9(21):62-66
- [5] 陈冬花, 李 虎, 杨昕矗. 孙伟. 基于 ENVI 软件的 ASTER 卫星正射影像图研制——以阜康地区为例[J]. 地球信息科学, .2000.9(8):37-40
- [6] 钱乐祥. 遥感数字影像处理与地理特征提取[M]. 北京 科学出版社, 2004.7
- [7] 王春兰, 陈健飞. ASTER 高光谱影像在人工建筑物提取中的应用. 福建师范大学学报 (自然科学版) [J], 2004,20 (1) :88-91
- [8] 李德仁, 周月琴, 金为铎. 摄影测量与遥感概论[M]. 北京:测绘出版社, 2001.1
- [9] 赵春霞, 钱乐祥. 遥感影像监督分类与非监督分类的比较 [J]. 河南大学学报 (自然科学版), 2004,3(34):90-93
- [10] ENVI 用户指南