

## 第三章 研究区概况及研究方法

### 第一节 研究区概况

重庆市位于我国西南部、长江上游，地跨东经  $105^{\circ}17'$ — $110^{\circ}11'$ 、北纬  $28^{\circ}10'$ — $32^{\circ}13'$  的青藏高原与长江中下游平原之间的过渡地带，东接湖北、湖南，西邻四川，南与贵州接壤，北连陕西，全市辖区面积  $82\,402.95\text{ km}^2$ 。重庆市是我国四个直辖市之一，处于我国东部经济发达地区和西部资源丰富地区的结合部，是长江上游地区经济中心、金融中心、航运中心，是我国西部地区重要的水陆交通枢纽和重要经济增长极之一。

本书主要以重庆市都市区作为研究对象，重庆市都市区位于缙云山与明月山之间，长江与嘉陵江交汇处，城市被山水分隔，是我国著名的山地城市。都市区包括渝中区、大渡口区、江北区、沙坪坝区、九龙坡区、南岸区、北碚区、渝北区、巴南区等九个行政区，面积为  $5\,473\text{ km}^2$ ，占全市总面积的 6.6%。如图 3-1 所示。

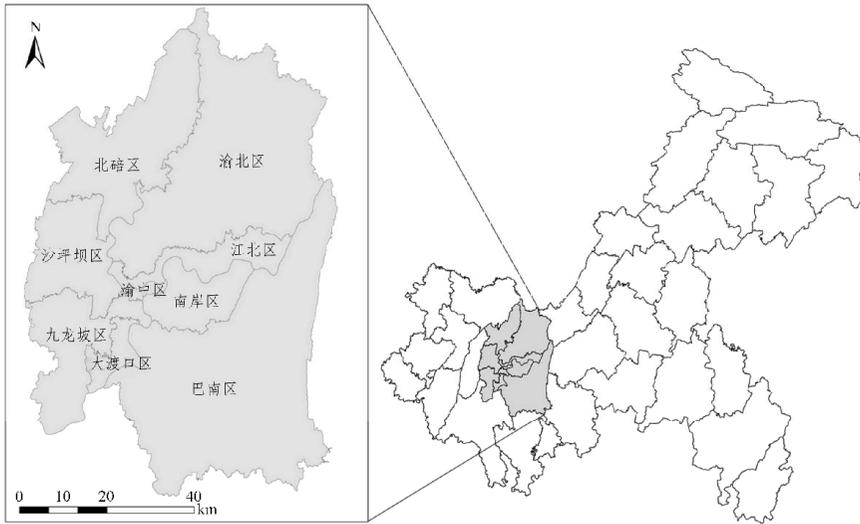


图 3-1 研究区位置图

重庆市都市区位于川东平行岭谷区，全区地形地貌条件较为复杂，缙云山、中梁山、铜锣山、明月山等多条华蓥山余脉从北至南嵌入城市，长江和嘉陵江自西向东切割山脉而过，“两江四山”形成了重庆市都市区的基本控制性地貌单元。整个地势大致为由南北两侧向中间河谷地带逐渐降低，整体地势起伏较大（图 3-2）。全区地貌类型主要有山地、丘陵、台地、平坝等，其中山地和丘陵较多，而台地和平坝分布较少，各地貌类型分布情况见表 3-1。都市区地处中亚热带季风性湿润气候区，具有夏热冬暖，光热同季，无霜期长，雨量充沛，湿润多阴等特点，多年平均气温为 17~18.8℃，多年平均降雨量为 975.1~1301.7 mm，相对湿度为 77%~83%。

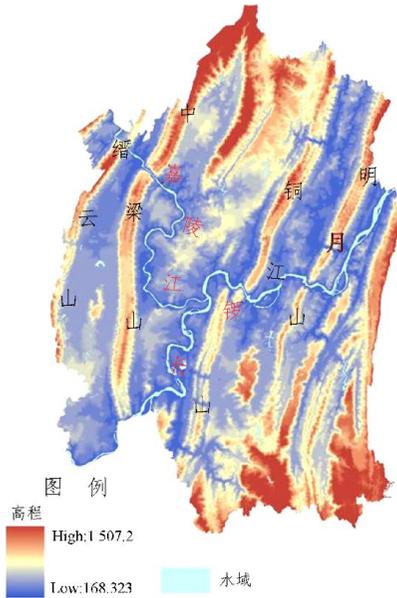


图 3-2 重庆市都市区DEM图

表 3-1 重庆都市区地貌类型统计表

类型	平坝	台地	丘陵				山地		水域	合计
			缓丘	低丘	中丘	高丘	低山	中山		
面积/km <sup>2</sup>	110.84	257.29	105.8	177.06	707.58	1 747.44	2 176.81	72.31	117.69	5 472.82
占总面积比/%	2.03	4.7	1.93	3.24	12.93	31.93	39.77	1.32	2.15	100

资料来源：刁承泰，赵纯勇等，《山地城市发展和规划的资源环境研究》。

重庆市都市区内人口密集，经济较为发达，城镇化水平较高，是全市的政治、经济、文化中心。重庆市直辖以来，都市区的城市建设快速发展，城市建设用地也迅速增长，城市的土地利用程度不断提高，基础设施建设也逐步完善。主城九区 2014 年总人口为 818.98 万人，占全市总人口的 24.26%，其中非农业人口 392.31 万人，占全市非农业人口总数的 43.8%，城镇化水平为 65.9%，地区生产总值 5 991.19 亿元，约占全市地区生产总值的 42%，2014 年人均地区生产总值达到 73 154.29 元。

重庆市是我国著名的山地城市，由于特殊的区位条件，而使城市的生态地位显得十分重要。近年来，重庆都市区城市用地的扩展速度加快，区内的生态系统服务功能也发生了巨大的变化，因此选取重庆市都市区作为研究对象，研究山地城市的空间扩展特征及城市生态效应的变化情况，比较有代表性。

利用 3S 技术和景观生态分析方法，对重庆市都市区近 30 年城市规模扩展过程中不同土地利用类型空间分布和景观格局以及城市生态环境质量的时空演变特征进行评价、模拟，并在此基础上探寻人类主导下的景观格局与生态环境响应机制研究，为重庆市城市的科学发展和管理提供决策支持，同时也可西南地区山地城镇土地用地规划，生态环境治理提供借鉴。

## 第二节 研究区主要数据来源及数据处理

本书应用的主要数据为研究区的土地利用数据和遥感数据。其中，遥感数据为 Landsat 的 TM/ETM 影像，其中 1978 年为 MSS 影像，获取年份依次为 1978 年、1985 年、1988 年、1996 年、2000 年、2002 年、2007 年、2010 年。土地利用的矢量数据主要年份为 1978 年、1985 年、1988 年、1996 年、2000 年、2002 年、2007 年、2010 年。

本书所选择的遥感数据来源于 Landsat 5 及 Landsat 7 两个传感器所接收到的 TM 和 ETM+ 影像。美国陆地卫星 (Landsat) Landsat-5 和 Landsat-7 运行于地面高约 705 km 的近圆形太阳同步轨道，每一圈运行时间约为 99 min，单景影像对应的实际地面面积均为 185 km×185 km，16 天即可覆盖全球一次。Landsat 数据被世界上十几个地面站所接收，主要应用于陆地的资源探测和环境监测，是世界上现在利用最为广泛的地球观测数据之一。Landsat TM/ETM+ 的波段范围、分辨率及各波段的描述列表分别见表 3-2。

表 3-2 TM/ETM+ 数据的波段、波长范围及分辨率

波段	波长范围/ $\mu\text{m}$	分辨率/m	应用特性
1	0.45 ~ 0.53	30	蓝绿波段，用于水域穿透，土壤植被分辨，植物胁迫的识别

2	0.52 ~ 0.60	30	绿色波段，识别植物对于水体有穿透作用，并对水体污染特别是金属和化学污染的研究效果好
3	0.63 ~ 0.69	30	红色波段，区分植物类型、覆盖度，用于研究泥沙流及迁移规律
4	0.76 ~ 0.90	30	近红外波段，用于植物识别分类、生物量调查及作物长势测定
5	1.55 ~ 1.75	30	中红外波段，反映植物和土壤水分含量敏感，易于区分雪和云
6	10.40 ~ 12.50	120 ( 60 )	热红外波段。探测常温的热辐射差异，进行热测定与热制图
7	2.08 ~ 2.35	30	中红外波段，分辨岩石/矿物，也可用于辨识植被覆盖和
8	0.52 ~ 0.90	15	全色波段，用于增强分辨率

注：TM 只有前面的 7 个波段；ETM 除包括 TM 所拥有的 7 个波段之外，还有一个全色波段 ( band 8 )；TM6 的分辨率为 120 m，ETM + 6 的分辨率是 60 m。

### 第三节 遥感图像预处理

图像处理的方法主要有两类：光学处理和计算机数字图像处理。近年来，随着计算机数字图像处理技术的发展，遥感图像的计算机处理越来越普及；而光学处理由于对仪器设备和处理环境要求较高，除专门的遥感资料信息中心外，使用者越来越少，并且光学处理的内容和形式大都可以运用计算机进行处理代替。因此，光学处理必然会被计算机处理所代替。

遥感信息资料获取过程，受地表物体大气传输特性、平台运行特征以及传感器系统等方面因素的影响，使所获取的图像发生强度、频率及空间的变化，出现对比度下降、边缘模糊、几何畸变等现象，这种在图像形成过程中产生的图像失真称为图像退化。针对图像退化的原因进行误差校正的过程就是图像预处理。

一幅数字图像表征了两方面的特性。其一是空间的，表明了一幅图像的几何分布特征，另一方面是辐射量的，描述了在某种几何分布上的光谱辐射特性。

相应的,图像退化可以分为两方面:辐射量上的图像退化和几何上的图像退化,对其处理方法有辐射校正和几何校正。对研究区遥感图像的预处理主要是几何校正。

在对遥感图像分析之前,需要对遥感数据进行预处理,包括几何校正和辐射校正。其中辐射校正对于遥感信息定量分析非常重要,是指消除遥感数据中依附在辐射亮度中的各种失真的过程。辐射校正主要包括对传感器特性引起的辐射误差校正、光照条件差异引起的辐射误差校正,以及大气的散射和吸收引起的辐射误差校正。本书所选用的遥感图像数据均为二级产品,已经完成辐射校正和系统级几何校正处理。

几何纠正是遥感图像预处理中一个必要环节。由于受到地形地貌、大气折射以及传感器等因素的综合影响,获取的原始遥感图像往往存在较大的几何畸变,因此需要对原始图像进行精确的几何纠正处理。图像配准纠正是指用同一区域的一幅图像(基准图像)对另一幅或多幅图像进行校准,使不同图像的同名像元与地面的地理位置匹配。本书选择经地面点配准纠正之后的 2000 年的 ETM+ 为基准图像,选取不小于 120 个控制点,对其他年份的每期图像进行了配准校正。控制点均匀分布于整幅图像,配准的均方根(RMS)误差小于 0.30。地面控制点多选取路交叉口、河流岔口、建筑边界、水体中的裸露植被,以及零星分布在陆地的坑塘水面。采用二次多项式进行几何纠正,后采用双线性内插法对于图像进行重采样。

遥感图像表征了地物波谱辐射能量的空间分布,辐射能量的强弱与地物的某些特征相关。现代遥感技术获取的资料容纳了大量的信息,如果仅用传统的目视解译方法进行解译,必然造成很大的浪费。为了挖掘遥感资料的信息潜力,提高解译效果,必须用先进技术方法对原始图像进行一系列的处理——图像处理,使图像更为清晰,目标物体的标志更明显突出,易于识别。图像处理虽然未增加图像的信息量,但改善了图像的视觉条件,提高了可辨性,是遥感图像分析研究的一种有效手段。遥感图像处理的内容包括:图像预处理、图像增加、图像融合和图像分类。

(1) 图像预处理。图像预处理是指借助某些方法,改正成像过程中因仪器性能弱点和大气干扰等因素所导致的误差,并期望使图像失真缩小到最低程度,图像预处理主要包括几何校正、大气校正、辐射校正等。

(2) 图像增强。图像增强是指利用光学仪器或计算机等手段, 改变图像的表现形式和图像特征, 使图像变得更为清晰可判, 目标物更加突出易辨。

(3) 图像融合。图像融合是对多遥感器的图像数据和其他信息的处理过程。它着重于把那些在空间或时间上冗余或互补的数据, 按一定的规则(或算法)进行运算处理, 获得比任何单一数据更精确、更丰富的信息, 生成一幅具有新的空间、波谱、时间特征的合成图像。

(4) 图像分类。图像分类指利用计算机或人工方法, 结合地物标志对目标地物进行分类, 获得解译结果的过程。

## 一、遥感图像几何校正

遥感图像的几何校正主要包括几何位置选校正和灰度重采样两个过程。本次研究对图像进行几何校正具体步骤是:(1) 首先根据 1:5 万地形图对 2000 年的 TM 图像进行几何校正。先在 1:5 万的地形图选择道路交叉点、河流交叉或弯曲点以及山峰点等容易识别的控制点(Ground Control Point, GCP)40 个, 控制点选择的原则是要对特征变化大的地区应多选些, 图像边缘部分一定要选取控制点, 以避免外推, 并且尽可能满幅均匀选取。然后在 2000 年的 TM 图像上选择相同位置的点, 可充分利用多光谱的色彩组合和 TM 的 30 m 空间分辨率来识别地物。通过采用二次多项式函数转化进行图像的几何位置校正, 均方根误差要满足小于 0.5 个像元的要求。(2) 接下来便是对遥感图像进行灰度值重采样, 重采样选取最邻近法, 将原始图像上的像素灰度值转化成校正后图像的灰度值。

图像的配准主要是指在图像之间进行的几何校正。本次研究以经过几何校正后的 2000 年 TM 图像为标准参照图像, 将其他年份的数据分别与其进行配准。然后以配准好的 2002 年 TM 图像为基准, 将 2002 年的 SPOT 图像根据时相相近原则分别进行配准, 配准的要求也应满足均方根误差不大于 0.5 个像元。

## 二、遥感图像增强处理与变换

图像预处理是为了消除伴随数据获取过程中的误差及变形, 使传感器记录的数据更接近于真实值。而图像增强与变换是为了突出相关的专题信息, 提高

图像的视觉效果，使分析者能更容易识别图像内容，从图像中提取更有用的定量信息。图像增强和变换通常都在图像校正和重建后进行，前者侧重于图像增强，后者侧重于变换和主要的特征信息提取。

图像增强和变换按其作用的空间一般分为光谱增强和空间增强两类。光谱增强和变换对应于每一个像元，与像元的空间排列和结构无关，因此又叫点操作。它是对目标物的光谱特征——像元的对比度、波段间的亮度进行增强和转换。主要包括对比度增加、各种指标提取和光谱转换等。空间增强和变换主要集中于图像的空间特征，它考虑每个像元及其周围像元亮度之间的关系，从而使图像的空间几何特征如边缘、目标物的大小、线性特征等突出或都降低，其中包括各种空间滤波、傅里叶变换，以及比例空间的各种变换如小波变换等。

### 三、遥感图像的光谱增强处理方法

遥感器记录来自地表各种物质和散射的辐射能量。由于有些区域的辐射强度很低，其有效亮度值没有达到其全部亮度值范围，导致图像显示时的低对比度。另外，一些地物在可见光、近红外或中红外波段具有相似的辐射亮度，当一幅图像中具有相似辐射亮度的地物比较集中时，也会导致图像的低对比度。在这些情况下，遥感图像需要增强处理，主要是进行对比度增强处理。

进行光谱增强处理的方法主要有：灰度阈值法、灰度级分割法、线性拉伸法、非线性拉伸法和比值法。

灰度阈值法是将图像中的所有亮度值根据指定的亮度值（阈值）分成高于阈值和低于阈值的两类，这样就可以直接分开对比度差异较大的地物。

灰度级分割法是将图像的亮度值分成一系列的用户指定的间隔，并将每一间隔范围内的不同的亮度值显示为相同的值。这种方法广泛用于显示热红外图像中不同的温度范围。

线性拉伸也称为最大-最小对比度拉伸，通常用的方法是将其亮度值范围扩展到整个输出显示范围，以扩大各地物间的对比度。

非线性拉伸主要根据各像元值的频率直方图选择一定的方法以扩大对比度。直方图均衡化是应用最为广泛的非线性拉伸方法，这种方法是根据原图像各亮度值出现的频率，使输出的图像中亮度值有相同的频率。经过直方图均衡

化后，原图像一些原来具有不同亮度值的像元则具有了相同的亮度值，而同时原来一些相似的亮度值则被拉开，从而增加了它们之间的对比度。对于正态分布直方图的图像，均衡化可以增强亮度值集中范围的对比度，而减弱图像中亮度值很低或很高部分的对比度。

比值法主要利用某一波段（某几个波段综合）与其他波段的比值来改变地物的对比度，帮助识别地物。由于受地形坡度、坡向、阴影、太阳高度和强度以及季节变化的影响，地物出现“同物异谱”和“异物同谱”的现象。比值法能够尽量减少这些环境条件的影响，使图像解译者或计算机自动分类能更准确地识别地物或土地利用类型。由于这一计算结果提供了单波段不具有的信息，因而在实际工作中运用较为广泛。

#### 四、研究区遥感图像光谱增强处理

研究区遥感图像光谱增强处理主要采用了非线性拉伸方法。经直方图均衡化处理，图像对比度明显增加，达到了更好识别地物的目的。研究区 2010 年 TM 图像拉伸前与拉伸后对比如图 3-3、3-4 所示。

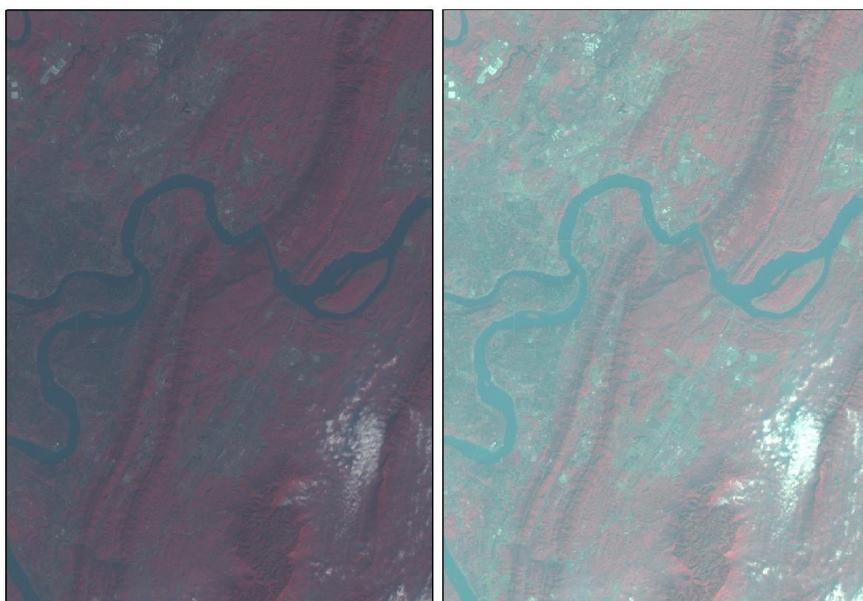


图 3-3 2010 年 TM 增强处理前图像      图 3-4 2010 年 TM 增强处理后图像

## 第四节 图像融合

随着遥感技术的发展，越来越多的不同类型传感器被用于对地观测。这些多传感器、多时相、多分辨率、多波段的遥感图像数据，各自显示自身的优势和局限。为了更充分地利用和开发这些数据资源，数字图像融合技术便应运而生。它作为遥感图像分析的一种有效工具，成为遥感研究的前沿，并得以迅速发展。

遥感图像融合是一种通过高级图像处理技术来复合多源遥感图像数据的技术，其目的是将单一传感器的多波段信息或不同类型传感器所提供的信息加以综合，消除多传感器信息之间可能存在的冗余和矛盾，加以互补，降低其不确定性，减少模糊度，以增强图像中信息透明度，改善解译精度、可靠性以及使用率，以形成对目标完整一致的信息描述。不同类型遥感图像之间的融合处理，必须具备四个条件，即：(1) 融合图像数据应包括不同空间和光谱分辨率；(2) 融合图像数据应是同一区域；(3) 图像应精确配准；(4) 在不同时间获取的图像中，其内容没有大的变化。

### 一、图像融合方法

目前已出现多种遥感图像融合技术，主要包括 IHS 变换、空间滤波、MLT 法变换、Brovey 变换、SFIM 变换等。

#### (1) IHS 变换

IHS 变换是基于 IHS 色彩模型和应用广泛的融合变换方法。IHS 色彩变换先将多光谱图像进行彩色变换，分离出强度 I、色度 H 和饱和度 S 三个分量。然后将高分辨率全色图像与分离的强度分量进行直方图匹配，再将分离的色度和饱和度分量与匹配后的高分辨率图像按照 IHS 反变化，进行彩色合成。此变换是为相关数据提供色彩增强、地质特征增强、空间分辨率的改善以及不同性质数据源的融合。

## ( 2 ) 空间滤波

空间滤波多用于不同空间分辨率的图像数据融合，可分为高通滤波 ( High-Pass ) 和低通滤波 ( Low-Pass )，常用于图像纹理和细节处理方面。图像的细节提取往往是通过高分辨图像进行高通滤波来实现。高通滤波变换的目的是提高图像高频细节，突出图像结构信息。其具体操作过程是先对高分辨率的图像进行较小的高通滤波，然后将滤波后的图像和低分辨率图像相加取均值。

## ( 3 ) MLT 法变换

Multiplication ( MLT ) 是以乘法为基础，将高分辨率图像上的像元分别与低分辨率图像上每个波段的相对应像元进行相乘，从而提高低分辨率图像的空间分辨率。

## ( 4 ) Brovey 变换

传统的 Brovey 方法是通过归一化后的 TM 三个波段与高分辨率图像乘积来增强图像的信息。此融合结果一个明显的表现就是色调非常良好，几乎完整保持了原始图像的色调信息，对于山地、水体、植被一类地物表现非常明显，建筑区内城区色调损失很小。在遥感动态监测中以卫星图像制图为目的的融合采用该变化融合图像是比较逼真的。但由于 Brovey 法只能对三个波段进行融合，不利于计算机分类和波段组合选择，为此对 Brovey 法进行了改进，允许更多的波段融合进来。

## ( 5 ) SFIM 变换

SFIM 法是近年来发展出来的一种融合方法，它是将高空间分辨率的纹理信息提取出来融合到低空间分辨率波段中，从而很好地保留了光谱和空间信息。该方法也和 HPF 法一样，先对高空间分辨率波段进行了滤波，但与 HPF 法不同的是采用了均值滤波。

## 二、图像融合

研究与进行图像融合的遥感数据类型主要是 TM 和 SPOT。在数据融合中首先选择最佳波段并合成 RGB 假彩色图像，然后再利用不同类型的遥感数据进行融合，以提高应用效果。

## 1. 多波段 TM 图像融合

遥感分波段记录了地物波谱的微弱差异，充分利用地物在不同波段的差异，可以更有效地识别地物。彩色合成主要选定 3 个波段的图像，分别赋予红 ( R )、绿 ( G )、蓝 ( B ) 三原色进行合成，生成彩色合成图像。这种彩色图像有利于对地物的识别，但同时也限制了融合波段的数量，即只能由三个波段合成。在 TM 和 SPOT 图像中，不同波段有不同的信息，各波段间也有不同的相似度，数据融合时要尽量减少数据的冗余，使合成的彩色图像更加清晰。因此，融合前必须进行最佳合成波段组合的选择。同时，不同目的多波段融合，组合方式也是不同的。

多波段图像融合主要提取土地利用/覆被信息，因而 3 波段融合时要求信息量大、相关性小、冗余度小，整体改善图像质量。为达到这一目标，对各波段进行了统计特征分析、各波段数据主成分分析和相关性分析以选择最佳组合波段。

### ( 1 ) 各波段数据统计特征分析

对各波段数据统计特征进行分析，主要是对各波段信息量进行判断，以选择信息量最多的波段进行数据融合。各波段信息量可以用各波段亮度值范围和亮度值标准差进行判断。利用 ENVI4.0 对 TM 各波段特征进行统计分析 ( 表 3-3、图 3-5 )。可以看出，TM7 个波段中，TM7 和 TM2 亮度值范围最大，TM3 亮度值范围最小；虽然 TM2 和 TM7 亮度值最大，但从图 3-7 可以看出，这两个波段真正的亮度值范围也并不大，即说明这两个波段真正信息量也不一定是丰富的。结合标准差进行分析，标准差最大的为 TM3，其次是 TM1、TM2、TM4。标准差最大，说明该波段内地物的亮度值与平均值的离散度最大，地物间的差异可以最大，信息量也可以是最丰富的。

表 3-3 研究区 2000 年各波段亮度值统计

Band	Min	Max	Mean	Stdev
1	20	160	71.382 1	32.501 94
2	1	255	64.708 4	30.218 56
3	106	148	123.100 1	53.244 24
4	62	154	81.103 3	38.157 38

5	42	139	67.726 9	29.824 62
6	31	160	64.462 0	28.831 77
7	1	255	44.061 4	22.008 54

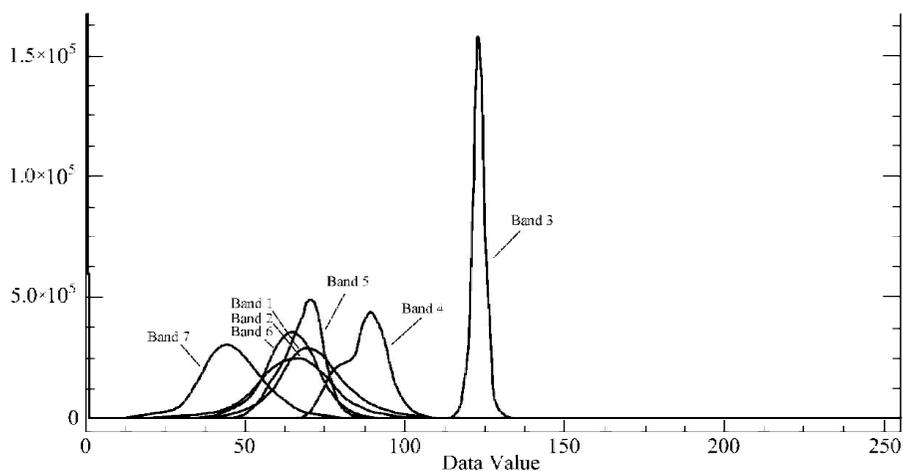


图 3-5 研究区 2000 年 TM 图像各波段亮度值分布

### (2) 各波段数据的主成分分析

主成分分析是在统计特征基础上的多维正交线性变换，它将多波段空间中的图像数据映射到所选取的主成分空间中，各主成分由各波段协方差矩阵的特征向量为加权系数的线性组合而成。利用 ENVI4.0 进行各波段统计，获得主成分分析结果（表 3-4）。

表 3-4 2000 年研究区 TM 图像主成分分析结果

	方差 百分比	各波段分析结果						
		Band1	Band2	Band3	Band4	Band5	Band6	Band7
第一组合	0.923	0.347	0.321	0.585	0.418	0.327	0.314	0.230
第二组合	0.038	- 0.395	- 0.637	0.321	0.349	0.197	0.114	- 0.402
第三组合	0.02	- 0.627	0.142	- 0.341	0.160	0.185	0.433	0.472
第四组合	0.01	0.484	- 0.157	- 0.639	0.278	0.341	0.275	- 0.252

从表 3-4 可以看出，TM 7 个波段中各个波段包含的信息差异很大。第一主

成分量的信息占有所有波段的 92.3%，在构成第一主成分的向量中，TM3 贡献最大，其次是 TM4、TM1、TM5、TM2。由此可见，TM7 个波段中，TM3 信息量最丰富，其次是 TM4。

### (3) 各波段数据的相关分析

对各波段数据进行相关性分析，以减少波段融合后的数据冗余。波段数据相关性大，则波段间数据重叠比较多，相关性小，则波段的独立性较好。利用 ENVI4.0 进行分析，其结果见表 3-5。

表 3-5 2000 年研究区 TM 图像各波段相关性统计

Band	Band1	Band2	Band3	Band4	Band5	Band6	Band7
1	1						
2	0.956 315	1					
3	0.951 545	0.931 686	1				
4	0.934 068	0.921 378	0.986 009	1			
5	0.938 644	0.930 38	0.981 62	0.997 093	1		
6	0.920 593	0.936 284	0.967 979	0.988 012	0.992 357	1	
7	0.903 648	0.978 892	0.911 819	0.914 365	0.925 289	0.944 914	1

从表 3-5 可以看出，研究区 TM5 和 TM4 间相关系数最大 ( $R = 0.997 093$ )，其次是 TM5 和 TM6 ( $R = 0.997 093$ )；相关性最小的是 TM7 和 TM1。

### (4) 研究区 2010 年 TM 图像合成

基于以上分析，从理论上讲，利用 TM7、TM3 和 TM1 合成的图像，各波段独立性较好。但本书主要用于土地资源分析，传统的 TM4、TM3 和 TM2 波段组合要比 TM7、TM3 和 TM1 好 (图 3-6、图 3-7)。



图 3-6 TM4、TM3 和 TM2 波段组合图

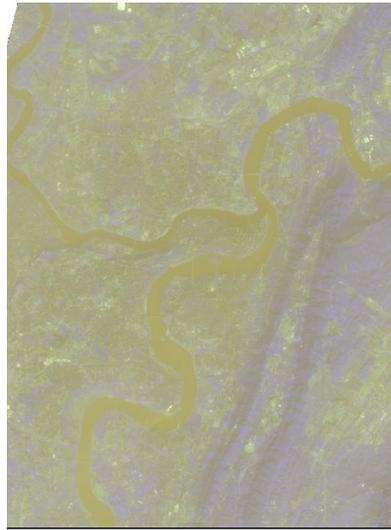


图 3-7 TM7、TM3 和 TM1 波段组合

## 2. 研究区 TM 与 SPOT 图像融合

不同类型的遥感图像具有不同的分辨率，将不同类型、不同平台的遥感数据融合有利于充分利用各类遥感数据的优势，克服单一类型遥感数据的局限性，修补图像数据的缺陷，扩大遥感应用的范围和效果。

本次研究将多波段合成的 TM 图像与单波段的 SPOT 图像进行融合。多波段合成的 TM 图像为彩色图像，色彩丰富，空间分辨率为 30 m (图 3-8)，单波段 SPOT 图像空间分辨率为 5 m (图 3-9)，为灰度图像。将两者进行融合更易于对地物的识别 (图 3-10)。

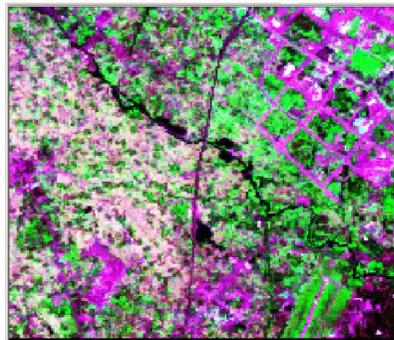


图 3-8 多波段TM彩色影像

图 3-9 单波段SPOT灰度图像



图 3-10 TM与SPOT融合图像

## 第五节 遥感图像分类

图像分类总的目的是将图像中每个像元根据其在不同波段的光谱亮度、空间结构特征或者其他信息，按照某种规则或算法划分为不同的类别。最简单的分类是只利用不同波段的光谱亮度值进行单像元自动分类，另一种则不仅考虑像元的光谱亮度值，还利用像元和其周围像元之间的空间关系，如图像纹理、特征大小、形状、方向性等对像元进行分类。根据分类中人工参与程度可分计算机自动识别和目视判读，计算机自动识别又可分为监督分类和非监督分类。

### 一、目视判读

判读是对遥感图像上的各种特征进行综合分析、比较、推理和判断，最后提取出有用的信息。目视判读是一种传统的遥感图像分类方法，通过人工提取遥感信息，即使用眼睛观察，凭借人的经验、知识和相关资料，通过人脑的分析、推理和判断，最终提取信息。

## 1. 目视判读标志

判读标志是指遥感图像中用于区别某种地物与其他地物差异的标志。判读标志包括直接解译标志和间接解译标志。

直接解译标志包括色调、阴影、图型、位置和相关布局。色调是地物电磁辐射能量在图像上的模拟记录，在黑白图像上表现是灰阶，在彩色图像上表现为色别或色阶。阴影是指一部分地面反射或发射信息所遮挡而不能达到传感器的图像特征。阴影可造成立体感，根据阴影的形状可以判断地物的性质，但阴影内的地物却很难判断。图型是地物整体在图像上的相似记录，是地物在图像上的模型，这些模型包括地物的形状、大小、纹理和质地。位置是指地物所处环境在图像上的反映，即图像上地物与背景的关系。相关布局表明地物与地物之间的相互有一定依存关系。

运用间接解译标志主要需要自然地理学、地貌学、地质学等相关专业知识对非肉眼判断的地物进行分析。这种运用间接解译标志进行判读的过程实质是一种“相关分析”。

## 2. 影响目视判读的因素

根据直接判读标志和间接判读标志判读地物还需要考虑影响地物的各种因素，这些影响因素包括地物本身的复杂性、传感器的影响、目视能力的影响。

地物本身的复杂性由于地物种类繁多造成地物特征复杂变化，导致判读困难。从大的种类来看，种类不同，构成了光谱特征的不同及空间特征的差别，这给区分地物类别时带来了好处。但对于同一大类中的不同子类，它们在空间特征及光谱特征上很相似或相近，这给判读带来很大的困难。

传感器特性对判读标志影响最大的是分辨力。分辨力的影响可从几何、辐射、光谱及时间几个方面来分析。空间分辨力的大小并不等于判读像片时能可靠地（或绝对地）观察到像元尺寸的地物，这与传感器瞬时视场跟地物的相对位置有关。几何分辨力太差的图像使得像元包含的类别不纯，引起辐射亮度改变，特别是在地物交界处十分明显，因此判读时应与周围地物结合分析或对判读区建立混杂地物的判读标志。

目视能力的限制主要是由于人眼对空间分辨能力的限制所造成的判读困难，这一限制可以通过放大图像的比例尺进行克服。

## 二、监督分类

监督分类又称为训练分类法，即用被确认类别的样本像元法去识别其他未知类别像元的过程。已被确认类别的样本像元是指那些位于训练区的像元，在这种分类中，分析者在图像上对每一类别选取一定数量的训练区，计算机计算每种训练样区的统计或其他信息，每个像元和训练样本作比较，按照不同规则将其划分到和其最相似的样本类。

## 三、非监督分类

非监督分类也称为聚类分析或点群分析。即在多光谱图像中寻找、定义其自然相似光谱集群组的过程。非监督分类不需要人工选择训练样本，仅需极少的人工初始输入，计算机按一定规则自动地根据像元光谱或空间等特征组成集群组，然后都将每个组和参考数据比较，将其划分到某一类别中去。长期以来，已经发展了近百种不同的自然集群算法，如 ISODATA、链状方法等。

## 四、研究区遥感图像分类

### 1. 研究区土地利用分类体系

遥感数据获取的速度快、周期短、受地面条件限制少，因而能保证提取的土地利用与覆被信息具有较强的现势性和实时更新能力。因此，基于遥感数据源的土地分类系统的研究具有重要的意义。建立分类系统的一个重要原则是类别间要相互排他，无类别重叠且分区要彻底分尽，保证任何土地类型都要在分类体系中有所体现。目前主要有两种分类体系：① 美国地质调查局 1976 年的土地利用覆被分类系统；② 中国科学院土地资源分类系统。

本书主要采用中国科学院“八、五”期间“国家资源环境遥感宏观调查、动态分析与遥感技术前沿的研究”项目中所制定的分类体系。该体系将土地利用划分为 6 大类，26 个次一级类型。一级主要根据土地利用属性分为 6 类；二级主要根据各土地资源特点、利用方式和覆盖特征等分为 26 个类型。根据成都市

土地利用的特点，在中科院土地利用体系的基础上，去掉一些研究区不存在的土地利用类型，得到该区土地利用分类体系（表 3-6）。

表 3-6 研究区土地利用分类体系

一级类型	二级类型	含 义
耕地	水田	指有水源保证和灌溉设施，在一般年景能正常灌溉，用以种植水稻、莲藕等水生农作物的耕地，这里主要指夏季种植水稻的耕地
	旱地	指无灌溉水源及设施，靠天然降水生长作物的耕地；有水源和浇灌设施，在一般年景不能正常灌溉的旱作物耕地；这里主要指夏季不种植水稻的耕地

续表 3-6

一级类型	二级类型	含 义
林地	有林地	指树木覆盖度超过 30%的林地
	灌木林地	指树木的郁闭度超过 30%、高度在 2 米以下的矮林地和灌丛林地
	疏林地	指树木覆盖度在 10%~30% 的林地
	其他林地	这里主要指苗圃和果园
草地	包括人工草地、自然荒草地	
水域	包括河流、水库、坑塘、滩地	
建设用地	城镇用地	指城镇居民点和城区工业交通用地
	农村居民点	指乡镇及以下的居民点用地
	独立工矿、 交通用地	指独立于各级居民点以外的厂矿、大型工业区、油田以及交通道路机场码头等

## 2. 研究区遥感图像分类标志

遥感图像上的色调、几何形状、大小、阴影、纹理、结构以及由这些特征

共同构成的能反映地理相关关系的图像结构，构成了图像的判读标志。一般而言，建立判读标志，一是要求各类地物的标志能表现其影响特征的最大差异和最清晰的特征；二是对各类地物应尽量建立多种标志，包括直接和间接标志，不要仅按单项标志作为判读依据；三是建立的判读标志应便于判读人员掌握和应用；四是建立的判读标志应注意农作物的物候变化。植物的光谱特征随不同的物候期发生变化，不同的发育过程和生长阶段，它们对不同波段电磁波的反射率也不同，其图像上反映的颜色也不同。五是要结合研究区地形图、地貌类型图、当地地物生长特点和规律以及已有的知识经验对图像上同类地物进行对比分析，注意“同物异谱”和“异物同谱”的现象，建立该区的图像解译标志。按建立的土地利用分类系统，建立的土地利用解译标志见表 3-6，同时，根据分类系统对各类土地利用类型在遥感图像各波段中的特征进行了分析和统计(表 3-7)，以便于进行自动分类。

表 3-7 研究区TM解译标志

类型		图像特征			
		形态	色调	纹理	图像显示
耕地	水田 (11)	几何特征明显,边界清晰,形状规则	有作物期间颜色基调为粉红色,根据作物和时间不同,有深浅之别	图像质地均一、细腻	
	旱地 (12)	几何特征明显,边界清晰,丘陵区几何特征不规则,地块小而分散	图像色调丰富,有作物期间呈粉红、鲜红、暗红等,颜色较杂	图像结构较粗糙	
林地	有林地 (森林) (21)	形状较不规则;面积大小不均而且分散	针叶林深红(偏紫)、暗红;阔叶林稍亮	单一树种图像结构均匀、细腻;混交林结构细腻,但不均匀	
	灌木林 (22)	受人类活动的影响,形状多呈条带状,地块小,分布量很少	一般呈浅红色,由于覆盖度不同,其深浅有差异,多沿道路分布	图像结构细腻	
	疏林 (23)	受人类活动影响,边界有一定的规律性、较圆滑,形状不规则	一般与草、灌共生,色调较杂、界限不清晰	纹理较粗糙	

	其他林地 (主要为 苗圃、果 园)(24)	轮廓清晰,形状 较规则。	一般呈鲜艳的红色	图像结构较 均一	
	草地(31)	呈块状、面状和条 带状;边界较清晰 大小不一	枯萎期呈黄褐色 或浅黄色,生长期呈 鲜红色	图像结构较 均一	
建 设 用 地	城镇 (51)	轮廓清晰,一般 呈较规则块状	灰白色,色调不 均,局部呈亮白色	图像结构不 均,图案复杂	
	农村居民 地(52)	轮廓较清晰,形状 不规则,大小不一	灰白色、青灰色	图像结构不均	
	交通工 矿用地 (53)	轮廓清晰,形状 较规则,呈块状或 线状	白色、亮白色或灰 白色	图像结构不均	
	水域 (河流、湖 泊、水库、 坑塘)(41)	几何特征明显, 自然弯曲或局部 平直,均匀流畅, 边界清晰	深蓝、蓝色或浅 蓝,色调均匀	图像结构均 一,纹理细腻	

### 3. 研究区遥感图像分类

研究区利用合成图像结合监督分类与目视判读两种方法结合进行分类。利用 ERDAS8.7 对研究区 2002 年合成图像进行监督分类,发现监督分类结果远未达到研究所需要的精度,比如河流的某些部分被分成了水田,某些旱地被误分为建设用地,部分草地被误分为旱地等等。因此,为了使分类结果达到精度要求,我们在监督分类的基础上,以“宏观探道、微观求真”为指导思想,充分认识到研究区遥感图像“同物异谱、异物同谱”的复杂现象,运用地学综合分析的方法,结合研究区气候、地貌、土壤、农业土地利用资料等进行了人工识别、分类和修改。图像经过人工修改后,对修改成果进行了野外验证。然后,从 ERDAS8.7 中输出矢量数据 shape 文件,再将 shape 文件转换成具有拓扑关系的 coverage,形成了 2002 年研究区土地利用/覆被图。

为了满足所有年份土地利用数据的一致性,将 2002 年分类成果作为分析其他年份的土地利用变化信息的基础图。以提取各年的动态图斑,并利用收集到的相关年份其他验证资料(如当年或同一时期土地利用现状图)进行对比验