



国家示范性高等院校核心课程规划教材

工程测量技术专业及专业群教材

# 遥感数字图像处理

YAOGAN SHUZI TUXIANG CHULI

主 编 李 玲  
主 审 邓 军

51.1-43



重庆大学出版社

<http://www.cqup.com.cn>

# 遥感数字图像处理

主 编 李 玲  
主 审 邓 军

重庆大学出版社

## 内 容 简 介

本书以遥感分类专题图的制作为知识主线,较为系统地讲述了遥感数字图像处理必备的基础知识,遥感图像预处理、增强处理、遥感图像的监督分类和非监督分类等基本理论。在讲述理论的同时,结合具体实例,以 ERDAS 遥感图像处理软件系统为处理平台,详细介绍了遥感图像预处理、增强处理和遥感图像分类的实践操作步骤。

本书的特点是边讲述理论边介绍实践操作,理论知识与实践操作密切结合。理论知识的广度和深度以实践需求为导向,没有过分深入进行理论上的深度挖掘。因此,本书主要用于专科类型的遥感、测量、地理信息系统及相关专业的遥感课程教材,也可作为本科或者从事遥感图像处理相关岗位专业人员的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

遥感数字图像处理/李玲主编. —重庆:重庆大学出版社,2010.1

(工程测量技术专业系列教材)

ISBN 978-7-5624-5184-6

I. 遥… II. 李… III. 遥感图像—数字图像处理—高等学校—教材 IV. TP751.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 209464 号

### 遥感数字图像处理

主 编 李 玲

主 审 邓 军

责任编辑:周 立 袁素萍 版式设计:周 立

责任校对:郭小梅 责任印制:张 策

重庆大学出版社出版发行

出版人:张鹤盛

社址:重庆市沙坪坝正街174号重庆大学(A区)内

邮编:400037

电话:(023) 65102378 65105781

传真:(023) 65103666 65103665

网址: <http://www.cqup.com.cn>

邮箱: [fxk@cqup.com.cn](mailto:fxk@cqup.com.cn) (营销中心)

全国新华书店经销

自贡新华印刷厂印刷

\*

开本:787×1092 1/16 印张:10 字数:250千

2010年1月第1版 2010年1月第1次印刷

印数:1—3 000

ISBN 978-7-5624-5184-6 定价:18.00元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换  
版权所有,请勿擅自翻印和用本书  
制作各类出版物及配套用书,违者必究

# 编写委员会

编委会主任 张亚杭

编委会副主任 李海燕

## 编委会委员

唐继红

黄福盛

吴再生

李天和

游普元

韩治华

陈光海

宁望辅

粟俊江

冯明伟

兰 玲

庞 成

# 序

本套系列教材是重庆工程职业技术学院国家示范高职院校专业建设的系列成果之一。根据《教育部 财政部关于实施国家示范性高等职业院校建设计划 加快高等职业教育改革与发展的意见》(教高[2006]14号)和《教育部关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高[2006]16号)文件精神,重庆工程职业技术学院以专业建设大力推进“校企合作、工学结合”的人才培养模式改革,在重构以能力为本位的课程体系的基础上,配套建设了重点建设专业和专业群的系列教材。

本套系列教材主要包括重庆工程职业技术学院五个重点建设专业及专业群的核心课程教材,涵盖了煤矿开采技术、工程测量技术、机电一体化技术、建筑工程技术和计算机网络技术专业及专业群的最新改革成果。系列教材的主要特色是:与行业企业密切合作,制定了突出专业职业能力培养的课程标准,课程教材反映了行业新规范、新方法和新工艺;教材的编写打破了传统的学科体系教材编写模式,以工作过程为导向系统设计课程的内容,融“教、学、做”为一体,体现了高职教育“工学结合”的特色,对高职院校专业课程改革进行了有益尝试。

我们希望这套系列教材的出版,能够推动高职院校的课程改革,为高职专业建设工作作出我们的贡献。

重庆工程职业技术学院示范建设教材编写委员会  
2009年10月

# 前言

随着遥感技术的飞速发展,遥感在越来越多的领域得到应用,遥感应用人才的需求也越来越大。在专科和高职院校中的遥感和相关专业中,遥感数字图像处理成为测绘类高等应用人才必备的一项技能。但是,目前遥感图像处理教材基本上都是针对本科及以上类型教育的研究型教材,不适用于专科层次和高职类型的遥感课程教学。本书立足于满足专科和高职遥感应用课程教学需要,系统介绍了遥感数字图像处理的基本理论,同时以 ERDAS 遥感图像处理系统为平台,结合遥感图像处理实例,介绍了常规遥感图像处理的实践操作方法。

根据遥感数字图像处理的工作过程和知识由易至难的学习规律,把生产岗位工作过程融入教学过程,形成了全书的三个教学情境。学习情境 1 介绍了遥感数字图像处理的基础知识,包括遥感数字图像、遥感图像获取、遥感图像处理流程与特点和市场上的主要遥感图像处理系统等。学习情境 2 主要讲述遥感图像的预处理,包括遥感数据的输入输出与格式转换、辐射校正、几何校正、图像镶嵌、图像裁剪等基本理论和相应的实践操作。学习情境 3 讲述了遥感图像的增强处理、监督分类与非监督分类处理和专题制图的基本理论和相应的实践操作。

本书由 5 人合作完成,其中学习情境 1 由柏雯娟老师(重庆工程职业技术学院)编写,学习情境 2 由吕利萍老师(中国地质大学(武汉)信息工程学院)编写,学习情境 3 中的子情景 1 由朱红侠老师(重庆工程职业技术学院)编写,子情景 2 和子情景 3 由李玲老师(重庆工程职业技术学院)编写。全书由李玲老师统稿,邓军老师主审。本书的出版得到了重庆大学出版社的大力支持,在此一并表示感谢。

由于作者水平有限,书中难免有疏漏和不足,敬请读者批评指正。

作者

2009 年 9 月

# 目 录

学习情境 1 遥感数字图像处理基础知识学习 .....	1
学习导入 .....	1
子情境 1 遥感数字图像 .....	2
1.1.1 图像与数字图像 .....	2
1.1.2 遥感数字图像 .....	6
1.1.3 遥感图像数据的变换 .....	12
1.1.4 遥感数字图像数据的数据格式 .....	16
1.1.5 遥感数据产品 .....	17
知识能力训练 .....	21
子情境 2 遥感数字图像的获取 .....	21
1.2.1 遥感系统与遥感传感器 .....	21
1.2.2 传感器与电磁波 .....	24
1.2.3 遥感信息源的特征 .....	27
1.2.4 常用遥感传感平台及其特征 .....	31
知识能力训练 .....	33
子情境 3 遥感数字图像处理 .....	33
1.3.1 遥感数字图像处理的过程 .....	34
1.3.2 遥感数字图像处理的特点 .....	36
知识能力训练 .....	40
子情境 4 遥感数字图像处理系统 .....	40
1.4.1 硬件系统 .....	40
1.4.2 软件系统 .....	41
1.4.3 遥感图像处理发展现状及趋势 .....	47
知识能力训练 .....	48
学习情境 2 遥感图像基础数据产品生产 .....	49
子情境 1 遥感数据的输入输出与格式转换 .....	49
2.1.1 遥感数据输入输出与格式转换的基本知识 .....	49

2.1.2	遥感图像数据的输入与格式转换操作	51
技能训练 1		54
知识能力训练		55
子情境 2	遥感图像预处理	55
2.2.1	遥感图像辐射校正的基本理论与操作	55
技能训练 2		61
2.2.2	遥感图像几何校正的基本理论与操作	61
技能训练 3		70
2.2.3	遥感图像镶嵌的基本知识与操作	71
技能训练 4		74
2.2.4	遥感图像分幅裁剪的基本知识与操作	75
技能训练 5		77
知识能力训练		78
学习情境 3	遥感专题图制作	79
子情境 1	遥感图像增强处理	79
3.1.1	图像增强处理概述	79
3.1.2	对比度增强的基本理论与操作	80
技能训练 1		85
3.1.3	图像平滑的基本理论与操作	85
3.1.4	图像锐化的基本理论与操作	91
技能训练 2		94
3.1.5	多波段图像增强和彩色增强的基本理论与操作	94
技能训练 3		101
3.1.6	图像变换的基本理论与操作	101
技能训练 4		106
知识能力训练		106
子情境 2	遥感图像分类	107
3.2.1	遥感图像分类的基本理论	107
3.2.2	遥感图像分类操作	112
技能训练 5		132
知识能力训练		132
子情境 3	遥感专题图的制作	133
3.3.1	遥感专题制图的基本知识	133
3.3.2	遥感专题制图操作	133
技能训练 6		145
知识能力训练		145
参考文献		146



# 学习情境 I

## 遥感数字图像处理基础知识学习



### 主要教学内容

主要介绍遥感图像的基本概念以及遥感图像处理的相关基础理论。通过本学习情境的学习,使学习者系统地掌握遥感数字图像的基本概念、遥感数字图像的变换和格式、遥感数字图像的获取以及遥感数字图像处理的基本过程,并从总体上了解相关软硬件知识。



### 知识目标

能正确陈述遥感及其图像的基本概念;能熟练陈述遥感图像处理的基本概念;能正确陈述遥感图像获取的基本理论和遥感数字图像处理基本原理;能基本陈述正确遥感技术的发展,遥感技术的新进展、新成就。



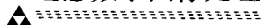
### 技能目标

能正确认识电磁波在遥感数字图像获取中的作用。能掌握遥感图像的类型和数据变换格式。能够正确陈述遥感数字图像处理系统的构成及认识代表性产品。

## 学习导入

遥感 (Remote Sensing, 简称 RS)、地理信息系统 (Geography Information Systems, 简称 GIS) 和全球定位系统 (Global Positioning Systems, 简称 GPS) 统称为 3S。GIS 是一个专门管理地理信息的计算机软件系统。GPS 是美国从 20 世纪 70 年代开始研制,于 1994 年全面建成,具有海、陆、空全方位实时三维导航与定位能力的新一代卫星导航与定位系统。3S 技术就是空间技术、传感器技术、卫星定位与导航技术、计算机技术、通讯技术相结合,多学科高度集成的对空间信息进行采集、处理、管理、分析、表达、传播和应用的现代信息技术。

遥感是在 20 世纪 60 年代初发展起来的一门新兴综合性技术。开始为航空遥感,自 1972



年美国发射了第一颗陆地卫星后,这就标志着航天遥感时代的开始。经过几十年的迅猛发展,目前遥感技术已广泛应用于资源环境、水文、气象、地质地理等领域,成为一门实用的、先进的空间探测技术。遥感技术可用于植被资源调查、气候气象观测预报、作物产量估测、病虫害预测、环境质量监测、交通线路网络与旅游景点分布等方面。例如,遥感图像能反映水体的色调、灰阶、形态、纹理等特征的差别,根据这些影像显示,一般可以识别水体的污染源、污染范围、面积和浓度。另外,利用热红外遥感图像能够对城市的热岛效应进行有效的调查。

遥感是采集地球数据及其变化信息的重要技术手段,是利用传感器从空中来探测地面物体性质的,根据不同物体对波谱产生不同响应的原理,识别地面上各类地物。也就是利用地面上空的飞机、飞船、卫星等飞行器上的传感器收集地面数据资料,并从中获取信息,经记录、传送、分析和判读来识别地物。这些广阔的地物,让我们正处在一个视觉迷人的图像世界中,因此图像的处理越来越受到人们的重视,它广泛应用于自动视觉检测、遥感场景解译、防御观测、基于内容的图像检索、运动对象跟踪和生物医学成像等各种应用中,遥感数字图像处理的重要性日益显著。本学习情境主要介绍遥感数字图像处理的基础知识,使学生了解和掌握遥感信息处理的基本知识、方法、基本技能和发展动态,为以后学习遥感数字图像的各种处理方法打下基础。

### 子情境1 遥感数字图像

遥感技术是及时获取地理信息的一个重要手段,遥感信息准确客观地记录了地表地物的电磁波信息特征,是地理分析的一个重要数据源。遥感图像包括由航空、航天或接近地面等手段所获取的光谱资料,其记录形式有数据磁带、磁盘、光盘、相片、胶片等,均可以通过图像处理设备进行处理。从遥感图像处理手段上,有光学处理和计算机图像数字处理。那么在理解遥感数字图像前,首先了解一下图像的相关概念。

#### 1.1.1 图像与数字图像

##### 1) 图像

图像对于我们并不陌生。它是用各种观测系统以不同形式和手段观测客观世界而获得的,可以直接或间接作用于人眼并进而产生视觉知觉的实体。人的视觉系统就是一个观测系统,通过它得到的图像就是客观景物在人心目中形成的形象。科学研究和统计表明,人类从外界获得的信息约有70%来自视觉系统,也就是从图像中获得的。这里讲到的图像是比较广义的,例如照片、绘图、动画、视像等图像带有大量的信息,相对于文字描述,它可以给人们更加直观的认识。

针对遥感信息来讲,地物的光谱特性一般以图像的形式记录下来。地面反射或发射的电磁波波谱信息经过地球大气到达遥感传感器,传感器根据地物对不同波段电磁波的反射强度以不同的亮度表示在遥感图像上。遥感传感器记录地物电磁波的形式有两种:一种以胶片或其他的光学成像载体的形式,另一种以数字形式记录下来,也就是所谓的数字图像的方式记录地物的遥感信息。

与光学图像处理相比,数字图像的处理简捷、快速,并且可以完成一些光学处理方法所无

法完成的各种特殊处理,随着数字图像处理设备的成本越来越低,数字图像处理变得越来越普遍。

## 2) 数字图像

随着数字技术的不断发展和应用,现实生活中的许多信息都可以用数字形式的数据进行处理和存储,数字图像就是这种以数字形式进行存储和处理的图像。利用计算机可以对它进行各种加工处理,还可以将它在网上传输,且多次拷贝而不失真。

### (1) 数字图像的采集过程

由于计算机仅能处理离散的数据,所以如果要计算机来处理图像,连续的图像函数必须转化为离散的数据集,这一过程叫做图像采集。图像采集由图像采集系统完成,如图 1-1 所示。图像采集系统包括三个基本单元,即成像系统、采样系统和量化器。采样实际上就是一个空间坐标的量化过程,量化则是对图像函数值的离散化过程。采样和量化系统统称为数字化。

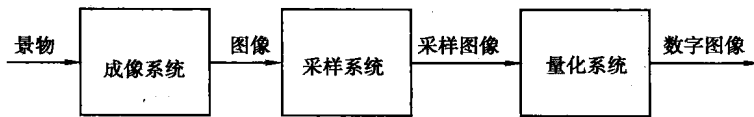


图 1-1 数字图像采集系统

图像数字化的精度包括两个部分,即分辨率和颜色深度。

#### ① 分辨率

分辨率是指图像数字化的空间精细度,有显示分辨率和图像分辨率两种不同的分辨率。图像分辨率实质是数字化图像时划分的图像的像素密度,即单位长度内的像素数,其单位是每英寸的点数 DPI(Dots per Inch)。显示分辨率则是数字图像在输出设备(如显示器或打印机)上能够显示的像素数目和所显示像素之间的点距。

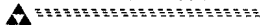
图像分辨率说明了数字图像的实际精细度,显示分辨率说明了数字图像的表现精细度。具有不同的图像分辨率的数字图像在同一设备上的显示分辨率是相同的。显示器是常见的图像输出设备,现在常见的显示器的分辨率一般可达  $1\ 024 \times 768$  和  $1\ 280 \times 1\ 024$ 。

#### ② 颜色深度

颜色深度简单说就是最多支持多少种颜色。一般是用“位”来描述的,也可以称之为位深度,用来度量图像中有多少颜色信息可用于显示或打印像素。较大的位深度(每像素信息的位数更多)意味着数字图像具有较多的可用颜色和较精确的颜色表示。举个例子,如果一个图片支持 256 种颜色(如 GIF 格式),那么就需要 256 个不同的值来表示不同的颜色,也就是从 0 到 255。用二进制表示就是从 00000000 到 11111111,总共需要 8 位二进制数。所以颜色深度是 8。如果是 BMP 格式,则最多可以支持红、绿、蓝各 256 种,不同的红绿蓝组合可以构成 256 的 3 次方种颜色,就需要 3 个 8 位的二进制数,总共 24 位。所以颜色深度是 24。还有 PNG 格式,这种格式除了支持 24 位的颜色外,还支持 alpha 通道(就是控制透明度用的),总共是 32 位。总的说来,颜色深度越大,图片占的空间越大。

### (2) 数字图像的表达

客观世界在空间上是三维的,但一般从客观景物得到的图像是二维的。一幅图像可以用一个二维数组  $f(x, y)$  来表示,这里  $x$  和  $y$  表示二维空间  $xy$  中一个坐标点的位置,而  $f$  则代表图像在点  $(x, y)$  的某种性质  $F$  的数值。例如,常用的图像一般是灰度图,这时  $f$  表示灰度值(gray



level),它常对应客观景物被观察到的亮度。需要指出,我们一般是根据图像内不同位置的不同性质来利用图像的。日常所见的图像多是连续的,即 $f, x, y$ 的值可以是任意实数。为了能用计算机对图像进行加工,需要把连续的图像在坐标空间 $xy$ 和性质空间 $F$ 都离散化。当 $x, y$ 和 $f$ 的值都是有限的、离散的数值时,我们称这幅图片为数字图像。如用数码相机拍摄的数字照片。数字图像是图像的数字表示,像素是其最小的单位。通常,我们可以用如下的一个矩阵来表示一个数字图像:

$$\begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \cdots & f(0,M-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \cdots & f(1,M-1) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ f(N-1,0) & f(N-1,1) & \cdots & f(N-1,M-1) \end{bmatrix}$$

在计算机中通常采用二维数组来表示数字图像的矩阵。数字图像是连续图像的一种近似表示,通常也可以说是由采样点的值所组成的矩阵来表示的。每个采样点叫做一个像素(pixel)。矩阵中的每一个元素称为像元、像素或图像元素,每一个离散的数据代表一个像素的颜色值。上式中, $M, N$ 分别为数字图像在横、纵方向上的像素数,即数字图像的宽度和高度。

### (3) 数字图像的图像格式

把像素按不同的方式进行组织或存储,就得到不同的图像格式,把图像数据存成文件就得到图像文件。图像格式即图像文件存放在存储器上的格式,通常有 JPEG、TIFF、RAW 等。由于某些图像文件很大,储存空间却有限,因此图像通常都会经过压缩再储存。在 Windows 系统中,最常用的图像格式是位图格式,其文件名以 BMP 为扩展名。下面具体介绍几种常用的图像格式:

#### ①BMP 格式

BMP 是英文 Bitmap(位图)的简写,它是 Windows 操作系统中的标准图像文件格式。这种格式的特点是包含的图像信息较丰富,几乎不进行压缩,因此它占用磁盘空间比较大。

BMP 文件的图像深度,也就是每个像素的位数有 1(单色),4(16 色),8(256 色),16(64K 色,高彩色),24(16M 色,真彩色),32(4 096M 色,增强型真彩色)。BMP 文件存储数据时,图像的扫描方式是按从左到右、从下到上的顺序。典型的 BMP 图像文件由三部分组成:位图文件头数据结构,它包含 BMP 图像文件的类型、显示内容等信息;位图信息数据结构,它包含有 BMP 图像的宽、高、压缩方法,以及定义颜色等信息。

#### ②GIF 格式

GIF 格式是用来交换图片的,当初开发这种格式的目的就是解决当时网络传输带宽的限制。GIF 格式的特点是压缩比高,磁盘空间占用较少,所以这种图像格式迅速得到了广泛的应用。GIF 格式可以同时存储若干幅静止图像进而形成连续的动画,使之成为当时支持 2D 动画为数不多的格式之一(称为 GIF89a)。目前 Internet 上大量采用的彩色动画文件多为这种格式的文件,也称为 GIF89a 格式文件。GIF 格式的缺点是不能存储超过 256 色的图像,所以通常用来显示简单图形及字体。它在压缩过程中,图像的像素资料不会被丢失,然而丢失的却是图像的色彩。尽管如此,这种格式仍在网络上大行其道应用,这和 GIF 图像文件短小、下载速度快、可用许多具有同样大小的图像文件组成动画等优势是分不开的。

#### ③JPEG 格式

JPEG 也是常见的一种图像格式,其扩展名为 .jpg 或 .jpeg。JPEG 压缩技术十分先进,压缩

比率通常在 10:1~40:1。它用有损压缩方式去除冗余的图像和彩色数据,获取极高的压缩率的同时能展现十分丰富生动的图像,可以用最少的磁盘空间得到较好的图像质量。JPEG 被广泛应用于网络和光盘读物上。

#### ④TIFF 格式

TIFF(Tag Image File Format)是 Mac 中广泛使用的图像格式。它的特点是图像格式复杂、存储信息多。正因为它存储的图像细微层次的信息非常多,图像的质量也得以提高,故而非常有利于原稿的复制。

该格式有压缩和非压缩两种形式,其中压缩可采用 LZW 无损压缩方案存储。不过,由于 TIFF 格式结构较为复杂,兼容性较差,因此有时软件可能不能正确识别 TIFF 文件(现在绝大部分软件都已解决了这个问题)。目前在 Mac 和 PC 机上移植 TIFF 文件也十分便捷,因而 TIFF 现在也是微机上使用最广泛的图像文件格式之一。

#### ⑤PSD 格式

这是图像处理软件 Photoshop 的专用格式 Photoshop Document(PSD)。在 Photoshop 所支持的各种图像格式中,PSD 的存取速度比其他格式快很多,功能也很强大。由于 Photoshop 越来越被广泛地应用,所以这种格式也会逐步流行起来。

#### ⑥PNG 格式

PNG(Portable Network Graphics)是一种新兴的网络图像格式。PNG 是目前保证最不失真的格式,它汲取了 GIF 和 JPG 两者的优点,存储形式丰富,兼有 GIF 和 JPG 的色彩模式;它的另一个特点能把图像文件压缩到极限以利于网络传输,但又能保留所有与图像品质有关的信息,因为 PNG 是采用无损压缩方式来减少文件的大小,这一点与牺牲图像品质以换取高压缩率的 JPG 有所不同;它的第三个特点是显示速度很快,只需下载 1/64 的图像信息就可以显示出低分辨率的预览图像;第四,PNG 同样支持透明图像的制作,透明图像在制作网页图像的时候很有用。PNG 的缺点是不支持动画应用效果。

#### ⑦SVG 格式

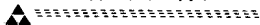
SVG 可以算是目前最最火热的图像文件格式了,它的英文全称为 Scalable Vector Graphics,意思为可缩放的矢量图形。它严格来说应该是一种开放标准的矢量图形语言。SVG 提供了目前网络流行格式 GIF 和 JPEG 无法具备的优势:可以任意放大图形显示,但绝不会以牺牲图像质量为代价;字在 SVG 图像中保留可编辑和可搜寻的状态;平均来讲,SVG 文件比 JPEG 和 GIF 格式的文件要小很多,因而下载也很快。

#### (4) 数字图像的基本形式

数字图像有两种基本形式:矢量图像和光栅图像。

矢量图像由数学上定义的直线和曲线组成,我们可以在由 Adobe Illustrator 和 3-D 模型软件制作的插图中看到它。这种图像有一种不是很真实、插图化的感觉。它的妙处是,当图像缩放时图像质量不产生失真。

光栅图像可以简单地认为是由像素组成的栅格(光栅)。像素是计算机屏幕上显示颜色的小点。每个像素由一个数值表示,即颜色值。如果你是个计算机新手,你很可能经常使用光栅图像。Adobe Photoshop 等图像编辑软件可以精确地处理光栅图像上的每个点,从而可以从整体上控制图像。照片通常是光栅图像。但是它们不像矢量图像一样到处被缩放。



### 3) 图像与数字图像的转换

许多带有图像的文件都使用图像如幻灯片、透射片或反射片。要获得一个数字图像必须将图像中的像素转换成数字信息,以便在计算机上进行处理和加工。将图像转换成数字图像的工作,通常可由扫描仪来完成。扫描仪测量从图片发出或反射的光,依次记录光点的数值并产生一个彩色或黑白的数字拷贝。这个图像被翻译成一系列的数字后存储在计算机的硬盘上或者其他的电子介质上,如可移动式硬盘,图形 CD 或记录磁带等。一旦图像被转换成数字文件,它就能够被电子化地从一台计算机传输到另一台计算机上。出现在网络上的图像是数字的,或者说是数字存储的。数字可以存储任何类型的信息,不管是声音文件、文本文档还是图像,都可以在计算机内部用一系列的二维数组进行表示。一幅数字化的图像在你的计算机屏幕和打印出来时看起来像图像,但是它在计算机内是用数字存储的。

#### 1.1.2 遥感数字图像

##### 1) 遥感

###### (1) 遥感的定义

遥感是 20 世纪 60 年代蓬勃发展起来的,随着现代物理学、空间技术、电子技术、计算机技术、信息科学和环境科学的发展,遥感技术已成为一种影像遥感和数字遥感相结合,先进、实用的综合性探测手段,被广泛应用于农业、林业、地质、地理、海洋、水文、气象、环境监测、地球资源勘探及军事侦察等各个领域。

顾名思义,遥感就是遥远地感知。人类通过大量的实践,发现地球上每一个物体都在不停地吸收、发射和反射信息和能量,其中有一种人类已经认识到的形式——电磁波,并且发现不同物体的电磁波特性是不同的。遥感就是根据这个原理来探测地表物体对电磁波的反射和其发射的电磁波,从而提取这些物体的信息,远距离识别物体。遥感是通过传感器遥远地感知地物的光谱特性,并通过判读图像色调来判读地物特征。

例如,大兴安岭森林火灾发生时,由于着火的树木温度比没有着火的树木温度高,它们在电磁波的热红外波段会比没有着火的树木辐射出更多的能量。这样,当消防指挥官面对熊熊烈火担心不已的时候,如果正好有一个载着热红外波段传感器的卫星经过大兴安岭上空,传感器拍摄到大兴安岭周围方圆上万平方千米的影像,着火的森林就会显示出比没有着火的森林更亮的浅色调。当影像经过处理上交后指挥官一看,图像上发亮的范围很大,而消防队员只是集中在一个很小的范围内,说明火情逼人,必须马上调遣更多的消防员,到不同的地点参加灭火战斗。

###### (2) 遥感分类

遥感的分类方法很多,依据不同的标准有不同的分类方法,可简要的分为以下几种。

###### ① 按遥感平台的高度分类

按遥感平台的高度分,遥感大体上可分为航天遥感、航空遥感和地面遥感。

航天遥感又称太空遥感,泛指利用各种太空飞行器为平台的遥感技术系统,以地球人造卫星为主体,包括载人飞船、航天飞机和太空站,有时也把各种行星探测器包括在内。卫星遥感,是航天遥感的重要组成部分,以人造地球卫星作为遥感平台,主要利用卫星对地球和低层大气进行光学和电子观测。

航空遥感泛指从飞机、飞艇、气球等空中平台对地观测的遥感技术系统。

地面遥感主要指以高塔、车、船为平台的遥感技术系统,地物波谱仪或传感器安装在这些地面平台上,可进行各种地物波谱测量。

### ②按所利用的电磁波的光谱段分类

按所利用的电磁波的光谱段分,遥感可分为可见光反射红外遥感、热红外遥感和微波遥感三种类型。

可见光反射红外遥感主要指利用可见光( $0.4 \sim 0.7 \mu\text{m}$ )和近红外( $0.7 \sim 2.5 \mu\text{m}$ )波段的遥感技术的统称,前者是人眼可见的波段,后者是反射红外波段,人眼虽不能直接看见,但其信息能被特殊传感器所接收。它们的共同的特点是,其辐射源是太阳,在这两个波段上只反映地物对太阳辐射的反射,根据地物反射率的差异,就可以获得有关目标物的信息,它们都可以用摄影方式和扫描方式成像。

热红外遥感指通过红外敏感元件,探测物体的热辐射能量,显示目标的辐射温度或热场图像的遥感技术的统称,遥感中指  $8 \sim 14 \mu\text{m}$  波段范围。地物在常温(约  $300 \text{ K}$ )下热辐射的绝大部分能量位于此波段,在此波段地物的热辐射能量,大于太阳的反射能量。热红外遥感具有昼夜工作的能力。

微波遥感指利用波长  $1 \sim 1000 \text{ mm}$  电磁波遥感的统称。通过接收地面物体发射的微波辐射能量,或接收遥感仪器本身发出的电磁波束的回波信号,对物体进行探测、识别和分析。微波遥感的特点是对云层、地表植被、松散沙层和干燥冰雪具有一定的穿透能力,又能夜以继日地全天候工作。

### ③按研究对象分类

按研究对象分,遥感可分为资源遥感与环境遥感两大类。

资源遥感以地球资源作为调查研究的对象,调查自然资源状况和监测再生资源的动态变化,是遥感技术应用的主要领域之一。利用遥感信息勘测地球资源,成本低,速度快,有利于克服自然界恶劣环境的限制,减少勘测投资的盲目性。

环境遥感利用各种遥感技术,对自然与社会环境的动态变化进行监测或作出评价与预报。由于人口的增长与资源的开发、利用,自然与社会环境随时都在发生变化,利用遥感多时相、周期短的特点,可以迅速为环境监测、评价和预报提供可靠依据。

### ④按应用空间尺度分类

按应用空间尺度分,遥感可分为全球遥感、区域遥感和城市遥感。

全球遥感全面系统地研究全球性资源与环境问题。

区域遥感以区域资源开发和环境保护为目的,它通常按行政区划(国家、省区等)和自然区划(如流域)或经济区进行。

城市遥感以城市环境、生态作为主要调查研究对象。

### ⑤按遥感仪器所选用的波谱性质分类

遥感技术按其遥感仪器所选用的波谱性质可分为电磁波遥感技术、声呐遥感技术、物理场(如重力和磁力场)遥感技术。

### ⑥按遥感探测的工作方式分类

根据遥感探测的工作方式不同分,可以将遥感分为主动式遥感和被动式遥感。

所谓主动式遥感,即通过主动发射电磁波并接收被研究物体反射或者散射的电磁波进而推断;被动式遥感,即直接接收被观测物体自己发射或者反射的电磁辐射,自然界中,太阳是一

个重要的辐射源。

### (3) 遥感发展概况

“Remote Sensing”(遥感)一词首先是由美国海军科学研究部的伊夫杯·L.布鲁依特提出来的。20世纪60年代初在由美国密执安大学等组织发起的环境科学讨论会上正式被采用,此后“遥感”这一术语得到科学技术界的普遍认同和接受,而被广泛运用。而遥感的渊源则可追溯到很久远以前,其发展可大致分为二大时期。

#### ① 遥感的萌芽及其初期发展时期

如果说人类最早的遥感意识是懂得了凭借人的眼、耳、鼻等感觉器官来感知周围环境的形、声、味等信息,从而辨认出周围物体的属性和位置分布的话,那么,人类自古以来就在想方设法不断地扩大自身的感知能力和范围。古代神话中的“千里眼”、“顺风耳”即是人类这种意识的表达和流露,体现了人们梦寐以求的美好幻想。1610年意大利科学家伽利略研制的望远镜及其对月球的首次观测,以及1794年气球首次升空侦察,可视为是遥感的最初尝试和实践。而1839年达格雷(Daguerre)和尼普斯(Niepce)的第一张摄影相片的发表则更加进行了展示。

随着摄影术的诞生和照相机的使用,以及信鸽、风筝及气球等简陋平台的应用,构成了初期遥感技术系统的雏形。空中相片的魅力,得到更多人的首肯和赞许。1903年飞机的发明,以及1909年怀特(Wilbour Wright)第一次从飞机上拍摄意大利西恩多西利(Centocelli)地区空中相片,从此揭开了航空摄影测量——遥感初期发展的序幕。

在第一次进行航空摄影以后,1913年,开普顿·塔迪沃(Captain Tardivo),发表论文首次描述了用飞机摄影绘制地图的问题。第一次世界大战的爆发,使航空摄影因军事上的需要而得到迅速的发展,并逐渐发展形成了独立的航空摄影测量学的学科体系。其应用进一步扩大到森林、土地利用调查及地质勘探等方面。

随着航空摄影测量学的发展及其应用领域的扩展,特别是第二次世界大战中军事上的需要,以及科学技术的不断进步,使彩色摄影、红外摄影、雷达技术及多光谱摄影和扫描技术相继问世,传感器的研制得到迅速的发展,遥感探测手段取得了显著的进步。从而超越了航空摄影测量只记录可见光谱段的局限,向紫外和红外扩展,并扩大到微波。同时,运载工具以及判读成图设备等也都得到相应的完善和发展。随着科学技术的飞跃发展,遥感迎来了一个全新的现代遥感的发展时期。

#### ② 现代遥感发展时期

1957年10月4日前苏联发射了人类第一颗人造地球卫星,标志着遥感新时期的开始。1959年前苏联宇宙飞船“月球3号”拍摄了第一批月球相片。20世纪60年代初人类第一次实现了从太空观察地球的壮举,并取得了第一批从宇宙空间拍摄的地球卫星图像。这些图像大大地开阔了人们的视野,引起了广泛关注。随着新型传感器的研制成功和应用、信息传输与处理技术的发展,美国在一系列试验的基础上,于20世纪70年代初发射了用于探测地球资源和环境的地球资源技术卫星“ERTS-1”(即陆地卫星-1),为航天遥感的发展及广泛应用,开创了一个新局面。

至今世界各国共发射了各种人造地球卫星已超过3000颗,其中大部分为军事侦察卫星(约占60%),用于科学研究及地球资源探测和环境监测的有气象卫星系列、陆地卫星系列、海洋卫星系列、测地卫星系列、天文观测卫星系列和通讯卫星系列等。通过不同高度的卫星及其载有的不同类型的传感器,不间断地获得地球上的各种信息。现代遥感充分发挥航空遥感和



航天遥感的各自优势,并融合为一个整体,构成了现代遥感技术系统。为进一步认识和研究地球,合理开发地球资源和环境,提供了强有力的现代化手段。

现代遥感技术的发展引起了世界各国的普遍重视,遥感应用的领域及应用的深度在不断扩大和延伸,取得了丰硕的成果和显著的经济效益。国际学术交流日益频繁,遥感的发展方兴未艾,前景远大。

当前,就遥感的总体发展而言,美国在运载工具、传感器研制、图像处理、基础理论及应用等遥感各个领域(包括数量、质量及规模上)均处于领先地位,体现了现今遥感技术发展的水平。前苏联也曾是遥感的超级大国,尤其在其运载工具的发射能力上,以及遥感资料的数量及应用上都具有一定的优势。此外,西欧、加拿大、日本等发达国家也都在积极地发展各自的空间技术,研制和发射自己的卫星系统,例如法国的 SPOT 卫星系列,日本的 JERS 和 MOS 系列卫星等。许多第三世界国家对遥感技术的发展也极为重视,纷纷将其列入国家发展规划中,大力发展本国的遥感基础研究和应用,如中国、巴西、泰国、印度、埃及和墨西哥等,都已建立起专业化的研究应用中心和管理机构,形成了一定规模的专业化遥感技术队伍,取得了一批较高水平的成果,显示出第三世界国家在遥感发展方面的实力及其应用上的巨大潜力。

纵观遥感近 30 年来的发展,总的看来,当前遥感仍处于从实验阶段向生产型和商业化过渡的阶段,在其实时监测处理能力、观测精度及定量化水平,以及遥感信息机理、应用模型建立等方面仍不能或不能完全满足实际应用要求。因此,今后遥感的发展将进入一个更为艰巨的发展历程,为此需要各个学科领域的科技人员协同努力,深入研究和实践,共同促进遥感的更大发展。

#### (4) 我国遥感发展概况及其特点

我国国土辽阔,地形复杂,自然资源丰富。为了清查和掌握我国土地、森林、矿产、水利等自然资源,更好地配合国家建设,我国对遥感的发展一直给予重视和支持。

20 世纪中叶,我国就组织了专业飞行队伍,开展了航空摄影和应用工作。60 年代,我国航空摄影工作已初具规模,完成了我国大部分地区的航空摄影测量工作,应用范围不断扩展。有关院校设立了航空摄影专业或课程,培养了一批专业人才,专业队伍得到巩固和发展,为我国遥感事业的发展打下了基础。

20 世纪 70 年代,随着国际上空间技术和遥感技术的发展,我国的遥感事业迎来了一个新的发展时期。20 世纪 70 年代初,我国成功地发射了第一颗人造地球卫星。继而,1975 年 11 月 26 日我国发射的卫星在正常运行之后,按计划返回地面,并获得了质量良好而清晰的卫星相片。随着美国陆地卫星图像以及数字图像处理系统等遥感资料 and 设备的引进,特别是我国经济建设的恢复和发展需要,80 年代遥感事业在我国空前地活跃起来。经 80 年代及 90 年代初的发展,我国相继完成了从单一黑白摄影向彩色、彩红外、多波段摄影等多手段探测的航空遥感的转变;特别是数项大型综合遥感试验和遥感工程的完成,使我国遥感事业得到长足的发展,大大缩短了与世界先进水平的差距,有些项目已进入世界先进水平行列。

纵观我国近年来遥感的发展,体现出以下主要特点:

①国家的重视和支持,以及实行集中统一领导和统一规划,为遥感的快速发展奠定了基础。

我国遥感的发展起步较晚,在 20 世纪 70 年代初期和中期,仍明显地表现出部门自发的积极性上,以及低水平的重复等初期发展的特点。为此,国家科委组织了全国性的调研,并在此