

高等教育“十三五”规划教材

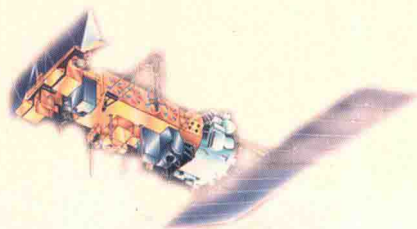


遥感数字图像处理

林卉 江涛 主编

Yaogan Shuzi Tuxiang Chuli

Yaogan Shuzi Tuxiang Chuli



中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

规划教材

遥感数字图像处理

主编 林 卉 江 涛

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书根据新形势下空间信息科学发展及遥感技术人才培养需要而编写。全书共分为 10 章,主要包括:遥感数字图像处理的基本概念、遥感数字图像的获取及表示、遥感图像校正、空间域图像增强、频率域图像增强、遥感图像融合、遥感图像的分割、遥感图像分类、遥感数字图像处理新技术与应用。

本书可作为测绘工程、地理信息系统、遥感科学与技术、土地资源管理等专业的研究生、本科生、高职高专、函授和成人教育(继续教育)各层次教学使用,该教材也适合从事遥感工程、地理信息提取与应用的科研人员和工程技术人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

遥感数字图像处理/林卉,江涛主编.—徐州:中国矿业大学出版社,2018.8

ISBN 978 - 7 - 5646 - 3664 - 7

I. ①遥… II. ①林… ②江… III. ①遥感图象—数字图象处理 IV. ①TP751.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 198940 号

书 名 遥感数字图像处理

主 编 林 卉 江 涛

责任编辑 潘俊成 孙建波

出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司

(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)

营销热线 (0516)83885307 83884995

出版服务 (0516)83885767 83884920

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司

开 本 787×1092 1/16 印张 13.5 字数 346 千字

版次印次 2018 年 8 月第 1 版 2018 年 8 月第 1 次印刷

定 价 28.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

本书编委会

主 编	林 卉	江 涛		
副主编	薛永安	陈 杰	朱 玉	戴激光
	孙广通	田艳凤	邵怀勇	
编 委	刘 培	聂运菊	卢 霞	牛全福
	宋承运	蒋志勇	刘 勇	陈胜华
	全 斌	张春森	赵 展	盛 辉
	刘慧敏	李鑫慧	玉文龙	徐 佳
	孙华生	王李娟	王树果	张继超
	张明媚	仙 魏	洪 亮	崔马军
	王德高	郑玉凤		

前言

随着地球空间信息科学技术的迅猛发展,遥感技术已经成为当前最为活跃的科技领域之一,遥感数据在空间分辨率、时间分辨率、光谱分辨率和辐射分辨率上的不断提高与进步,使得遥感技术在众多领域获得了广泛的应用,并对这些领域的发展产生了极大的促进作用与深远影响。如何通过遥感数据提取各类信息是遥感的关键技术所在,掌握遥感数字图像处理的基本理论与算法对遥感学科人才培养至关重要。遥感技术的发展日新月异,而各高校开设遥感专业的基础迥异,培养目标也不尽相同。因此,在现有教材、科研成果、公开文献的基础上组织编写一本反映遥感数字图像处理基本理论和最新进展的新教材势在必行。为此,由多所高校长期在遥感课程教学和科研一线的教师组成编委会,多次商讨了编写大纲,分工协作,集思广益,共同编写了这本《遥感数字图像处理》。

全书共分为十章,按照遥感图像处理的过程分别从遥感数字图像处理的基本概念、遥感数字图像的获取及表示、遥感图像校正、空间域图像增强、频率域图像增强、遥感图像融合、遥感图像分割、遥感图像分类、遥感数字图像处理新技术与应用进行了全面介绍,每章后面都附有练习题,供学生课后巩固该章所学内容使用。由于各院校和各专业的人才培养目标不同、教学大纲设置也各异,因此,教师可以根据实际情况对上述内容进行选择讲授。本书系统讲述了遥感数字图像处理,由浅入深,环环相扣,基础与拓展相结合。章节的安排十分精妙,结构清晰。从基础到提升再到拓展的主线,同时又是遥感数字图像处理的流程,各原理与方法渗透其中;文笔流畅,图文并茂,语言通俗易懂;与时俱进,深度剖析基础原理,同时增加了很多新颖的方法理论,并简要地介绍空间信息科学技术的最新进展,引入了大量的最新研究成果。作为一本教材,它不局限于几十年前的方法,当然这些经典的方法是包含于其中的,除此之外还增加了许多新兴前沿的技术,至少目前来看,它是本“不过时”的书。

本书由江苏师范大学林卉和山东科技大学江涛担任主编,参与编写的教师还有:太原理工大学薛永安,中南大学陈杰和刘慧敏,辽宁工程技术大学戴激光、张继超和孙华生,防灾科技学院孙广通,空军勤务学院田艳凤,江苏师范大学朱玉、王李娟和王树果,成都理工大学邵怀勇,兰州大学蒋志勇和刘勇,河南理工大学刘培,东华理工大学聂运菊,淮海工学院卢霞,山东科技大学赵展,南京信息工程大学李鑫慧,兰州理工大学牛全福,安徽理工大学宋承运,中国石油大学盛辉,西安科技大学全斌和张春森,昆明理工大学玉文龙,成都信息工程大学仙巍,云南师范大学洪亮,河海大学徐佳,河北地质职工大学郑玉凤,山西能源学院张明媚,山西工程技术学院陈胜华,安徽工业经济职业技术学院王德高,扬州市职业大学崔马军,最后由林卉、江涛对全书进行统稿、定稿。

本书在编写过程中得到了江苏师范大学测绘学院和山东科技大学测绘科学与工程学院

的大力支持与帮助,全书得到了南京大学杜培军教授、中国人民解放军信息工程大学秦志远教授、武汉大学王密教授、张永军教授悉心指导与审稿,特此致谢。

由于遥感技术发展迅猛,本书在编写中参考了多种资料,但由于编者水平和篇幅的限制以及遥感图像处理的复杂性,书中难免存在疏漏、差错与不足之处,敬请各位读者不吝指正。

作 者

2018年6月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 图像与数字图像	1
第二节 遥感数字图像处理	2
第三节 遥感数字图像处理系统	4
练习题	8
第二章 遥感数字图像处理的基本概念	9
第一节 遥感数字图像的特性	9
第二节 遥感图像的数字化	11
第三节 图像灰度直方图	13
第四节 遥感数字图像的数据格式	16
练习题	21
第三章 遥感数字图像的获取及表示	22
第一节 遥感成像过程	22
第二节 遥感图像的数学表达	33
第三节 遥感图像的数值表示	36
第四节 遥感图像的统计特征	37
练习题	40
第四章 遥感图像校正	41
第一节 辐射校正	41
第二节 大气校正	49
第三节 投影校正	58
第四节 几何精校正	64
练习题	71
第五章 空间域图像增强	72
第一节 遥感图像的彩色合成	72
第二节 对比度增强	82

第三节 空间域滤波	88
第四节 波谱增强	93
练习题	103
第六章 频率域图像增强	104
第一节 频率域图像	104
第二节 傅立叶变换	105
第三节 频率域滤波	109
练习题	112
第七章 遥感图像融合	113
第一节 遥感图像融合的基本概念	113
第二节 图像融合的方法	115
第三节 遥感图像融合效果评价	117
练习题	120
第八章 遥感图像分割	121
第一节 图像分割的原理和流程	121
第二节 阈值分割法	123
第三节 边界分割法	127
第四节 面向区域的分割	139
练习题	143
第九章 遥感图像分类	144
第一节 遥感图像分类原理	144
第二节 非监督分类	148
第三节 监督分类	152
第四节 神经网络分类方法	157
第五节 面向对象分类方法	160
第六节 分类后处理	162
第七节 分类精度分析	163
练习题	167
第十章 遥感数字图像处理新技术与应用	168
第一节 气象卫星数据处理与应用	168
第二节 雷达数据处理与应用	169
第三节 高光谱数据处理与应用	176

第四节 高空间分辨率图像处理与应用.....	179
第五节 光学影像与 SAR 影像融合与应用	183
练习题.....	190
附录一 遥感名词解释.....	191
附录二 遥感图像处理专业词汇对照表.....	199
参考文献.....	204

第一章 绪 论

第一节 图像与数字图像

我们随时随地都在接触图像,广义上讲肉眼所看到的世界都可以称为图像。依据 R.C. 冈萨雷斯的定义,图像是对客观对象一种相似性的描述或写真,它包含了被描述或写真对象的信息,是人类最主要的信息源。从图像的获取过程来理解,“图”是客观场景发射、透射或者反射光的分布,是客观存在的;“像”是客观场景发射、透射或者反射的光信息被人的视觉系统接收后在人的大脑中所形成的印象或者认知,是人的感觉。进一步说,“图像”就是客观存在的二维、三维灰度或者彩色的“图”在认知感觉中所产生的“像”,它是客观和主观相结合的产物。这里像不仅仅是指视觉系统上所成的像,还包括在纸介质、底片、电子屏幕(如计算机显示器)上的像。

一、图像的分类

根据人眼的视觉可视性,图像可分为可见图像和不可见图像。可见图像即可见光图像,有图片、照片、图画及用透镜、光栅和全息技术产生的各种可见光图像。不可见图像包括不可见光成像(X 射线、紫外线、红外线、微波成像等)和不可见测量值(如温度、湿度、压力、人口密度等)的分布图。

按照图像的空间坐标和幅度(亮度或色彩)的连续性,图像可分为模拟图像和数字图像。模拟图像通过某种物理量(如光、电等)的强弱变化来记录图像的亮度信息,是空间坐标和幅度都连续的图像,属于可见图像。如果把连续的模拟图像离散化成规则网格,并用计算机以数字(一般为整数)的方式来记录图像上各规则网格点亮度的图像即为数字图像。在计算机内部,数字图像表现为二维阵列(网格),属于不可见图像。

二、模拟图像

模拟图像可以看成是一个二维的连续的光密度(或透过率)函数。模拟图像上的光密度随坐标 (x, y) 变化而变化,如果用函数 $f(x, y)$ 来表示二维模拟图像,函数 $f(x, y)$ 可用下式表示:

$$0 \leq f(x, y) < \infty \quad (1-1)$$

函数 $f(x, y)$ 是连续函数,其值是非负和有限的。

三、数字图像

数字图像是图像的数字表示或在计算机内的数字存储,相当于一个 $m \times n$ 的矩阵(阵列),也可以形象化地将数字图像比喻成一个 $m \times n$ 的网格,而一幅图像的每一个网格用一定的颜色(亮度)元素去填充,就形成了我们看到的完整图像。其中, $m \times n$ 称为图像的分辨率(m 为数字图像的行数, n 为数字图像的列数),每一个网格称为像素。像素是构成数字图

像的基本单位,也是计算机图像处理的最小单元。数字图像的每个像素都具有特定的空间特征和属性特征,其中,像素的属性特征值称为亮度值(灰度值、DN 值)。

还可以用另外一种形式来描述图像和数字图像。通常可以把一幅图像定义为平面上的位置点与其对应的某种属性的关系,用数学的方法可以通过函数 $f(x,y)$ 来表示,其中 x 和 y 是平面上的位置点坐标,其值为整数。通过 x 和 y 可确定像素的位置,而 $f(x,y)$ 表示这一点(像素)的亮度或灰度。以这种数学描述为基础来定义数字图像的概念是非常容易的,即当平面上的位置点与其对应的亮度或灰度的关系满足 $f(x,y)$,且 (x,y) 和 $f(x,y)$ 同时为有限的、离散的数值时,该图像就称为数字图像。

利用计算机技术,模拟图像与数字图像之间可以相互转换。把模拟图像转变成数字图像称为模/数转换,记作 A/D 转换;把数字图像转变成模拟图像称为数/模转换,记作 D/A 转换。

模拟图像与数字图像的差异如表 1-1 所示。

表 1-1 模拟图像与数字图像的差异

模拟图像	数字图像
来自于模拟方式(通过摄影系统产生)	来自于数字方式(通过扫描或数码相机产生)
没有像素	基本构成单位为像素
没有行列结构	具有行和列
0 表示没有数据	0 是数值,表示像素的亮度值为 0
任何点都没有编号	每个点都有确定的数字编号
摄影受电磁光谱的成像范围限制	可以是电磁光谱的任意范围
颜色确定,一般无法改变	颜色不确定,可根据处理需要通过合成产生
处理方式较少,通常只能进行简单地放大、缩小等	处理方式较多
保存性较差,时间长了会有所变化	不会因为保存、传输或复制而产生图像质量上的变化

第二节 遥感数字图像处理

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信息经过地球大气到达遥感传感器,传感器根据地物对电磁波的反射或发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:一种以模拟图像的方式记录,即将地物的电磁波信息记录在胶片或其他光学成像载体上;另一种以数字图像方式记录,即将地物的电磁波信息记录在数字存储设备上。

与连续图像处理相比,数字图像的处理简捷、快速,并且可以完成一些传统光学处理方法所无法完成的特殊处理。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。

一、遥感数字图像

遥感数字图像是以数字形式记录的二维遥感信息,即其内容是通过遥感手段获得的,通常是地物不同波段的电磁波谱信息。不同的地物能够反射或者发射不同波长的电磁波,利用这种特性,遥感系统可以产生不同的遥感数字图像。

遥感数字图像的基本单位是像素。像素是成像过程的采样点,也是遥感数字图像处理

的最小单元。像素具有空间特征和属性特征,空间特征用离散的 X 值和 Y 值表示,属性特征用亮度值来表达。相同地物在不同图像上(不同波段、不同时期、不同种类的图像)辐射电磁波的特征不同,相同地物的亮度值可能是不同的,这是因为地物反射或者发射电磁波的不同和受大气电磁辐射影响而造成的。遥感数字图像的亮度值大小是由遥感传感器所探测到的电磁辐射强度决定的。入射到传感器中的电磁波(光信号)被探测元件转化为电信号(或被卤化银物质的光化学反应记录),经过 A/D 转换,成为绝对辐射亮度值 R 。为了便于应用,绝对辐射亮度值 R 又被转换为能够表征地物辐射亮度的相对值。

像素的亮度值具有相对的意义,仅在同一图像内才能相互比较,不同图像中相同位置上的像素值无法直接比较。只有当两景图像由同一物理过程获取,或者对两景图像的亮度值进行标准化处理以去除不同物理过程的影响后,才可以比较不同图像的像素值。

二、遥感数字图像的分类与基本特点

(1) 遥感数字图像的分类

遥感数字图像以二维阵列表示。二维阵列中的每一个元素代表一个像素,像素的坐标位置由该元素在二维阵列中的位置决定。元素的值表示遥感传感器探测到的像素对应地面目标物的电磁辐射强度。

① 遥感数字图像按亮度值取值范围的不同可分为二值数字图像和多值数字图像。

二值数字图像:图像中每个像素的亮度值仅由 0 或 1 构成,在计算机显示器上表现为黑白图像。

多值数字图像:图像中每个像素的亮度值由 $0\sim 15$ 或 $0\sim 31\cdots$ 或 $0\sim 255$ 等构成。0 表示黑,15 或 $31\cdots$ 或 255 等表示白,其他值居中渐变。

② 遥感数字图像按波段数不同可分为单波段、彩色合成和多波段遥感数字图像。

单波段遥感数字图像:指在某一波段范围工作的传感器获得的,每个像素点只有一个亮度值的数字图像。

彩色遥感数字图像:由红、绿、蓝三个数字层构成的图像。在每一个数字层中,每一个像素均有一个亮度值,三层数据共同显示即为彩色数字图像。

多波段遥感数字图像:指利用多波段传感器对同一地区、同一时间获得的不同波段范围每一个像素点具有同波段数相同个数的亮度值。

(2) 遥感数字图像的基本特点

① 遥感数字图像便于计算机处理与分析。计算机是以二进制方式处理各种数据的,而遥感数字图像的行数、列数和亮度值均采用二进制方式描述,因此与模拟图像处理方式相比,遥感数字图像是一种适用于计算机处理的图像表示方法。

② 图像信息损失低。遥感数字图像采用二进制方式表示,因此,在获取、传输和分发过程中,一般不会造成遥感数字图像的信息损失。

③ 图像抽象性强。遥感数字图像采用数字形式表示,便于建立分析模型和进行计算机解译。

④ 图像保存方便。遥感数字图像一般存储在计算机上,也可存储在光盘、移动硬盘、磁带等存储介质上。存储形式多样,保存、携带方便。

三、遥感数字图像处理

遥感数字图像处理是指利用计算机图像处理系统对遥感图像进行系列处理,以达到预

期目的的技术和操作。

(1) 遥感数字图像处理的三个阶段

遥感数字图像处理根据抽象程度不同可分为三个阶段,即狭义的遥感数字图像处理(低级处理)、遥感图像分析(中级处理)和遥感图像理解(高级处理),如图 1-1 所示。

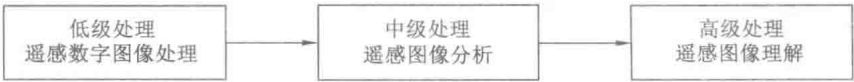


图 1-1 遥感数字图像处理的三个阶段

狭义的遥感数字图像处理主要在图像像素级上进行,处理的数据量非常大,输入输出均为图像,是图像到图像的处理过程,其着重强调在图像之间进行变换。主要是指:对遥感数字图像进行各种操作以改善视觉效果或突出感兴趣信息,对遥感图像进行校正以减少几何或辐射误差,对遥感图像进行分类判读以获取地物类别信息等。

遥感图像分析是从一个图像到非图像表示形式(数值或符号)的过程。主要是指:对遥感图像中感兴趣的目标进行检测和提取,并利用比较简洁的非图像形式进行描述,如区域分割、边缘检测等。

遥感图像理解是借助知识、经验,根据较抽象的遥感图像描述进行解析、判断、决策,其处理过程和方法与人类的思维推理有许多类似之处。主要是指:在遥感图像分析的基础上,进一步研究遥感图像中各目标地物的性质、特征及其相互关系,并理解遥感图像内容的含义以及完成对应客观现象的解译,从而为生产、科研提供真实的、全面的客观世界方面的信息。

(2) 遥感数字图像处理的主要内容

① 图像校正:遥感数字图像校正主要是对由于传感器或环境造成的退化图像进行模糊消除、噪声滤除、几何失真或非线性校正。校正的方法主要包括辐射校正和几何校正。在进行信息提取前,必须对遥感图像进行校正处理,以使图像能够正确地反映地物的实际信息或物理过程。

② 图像增强:其目的是增强整体图像或突出图像中特定地物的信息,使图像更容易理解、解释和判读。其方法主要包括:灰度拉伸、平滑、锐化、彩色合成、主成分变换、缨帽变换、代数运算、彩色变换等。

③ 多源信息融合:多源信息融合是指将多种遥感平台、多时相遥感数据以及遥感数据与非遥感数据之间的信息组合匹配的技术。融合后的遥感图像数据更有利于综合分析及信息提取,提高了遥感数据的可用性。

④ 信息提取:根据地物光谱特征和几何特征,确定不同地物信息的提取规则,并利用该规则从校正后的遥感图像中提取所需的地物地息,主要包括图像分割、图像分类等方法,处理结果为分类专题图。

第三节 遥感数字图像处理系统

遥感数字图像处理的大部分工作需要借助于遥感数字图像处理系统来完成。遥感数字图像处理系统指具有图像输入、输出设备和遥感数字图像处理软件的计算机系统。一个完

整的遥感数字图像处理系统包括硬件和软件两大部分。硬件是指进行遥感数字图像处理所必须具备的硬件设备,主要包括输入、储存、处理、显示、输出等设备。软件是指进行遥感数字图像处理时所应用的各种程序。

一、硬件系统

遥感数字图像处理的硬件系统主要由 5 部分组成:计算机、输入设备、大容量存储器、显示器和输出设备以及操作台。

(1) 计算机

计算机是遥感数字图像处理硬件系统的核心,计算机性能的高低决定了处理的速度及效果,大的内存和高的 CPU 速度有助于加快处理的速度。随着计算机的快速发展,适合遥感数字图像处理的计算机也越来越多,常用的计算机有高性能个人微机、图形工作站和小型机等。

(2) 输入设备

遥感数字图像处理系统常用输入设备有磁带机、磁盘机(包括光盘)、胶片扫描仪、析像器、数字化仪等。输入设备主要完成遥感数据输入计算机的功能。根据遥感数据类型不同,输入设备也不相同。磁带机、磁盘机直接将存储在磁带、磁盘或光盘上的遥感数字图像输入计算机;胶片扫描仪、析像器主要将光学遥感图像转换成数字遥感图像,然后输入计算机进行处理;数字化仪将线划地图变换成数字形式输入计算机进行处理。胶片扫描仪、析像器及数字化仪统称为数字化器。

(3) 大容量存储设备

遥感数字图像的数据量很大,通常需要大容量存储设备来保存这些数据。在遥感数字图像处理系统中,大容量和快速的存储器是必不可少的。在计算机中,数字图像数据的基本度量单位是比特(位)。存储一幅 $1\,024 \times 1\,024$ 的 8 位数字图像需要 1 MB 的存储空间。

内存和外存是两类常用的存储器:

① 内存在数字图像处理中提供了快速的数据存储能力,其主要作用是从外存中读取待处理的数字图像,以供计算机的中央处理器(CPU)处理。计算机内存容量越大,图像处理的效率越高。目前常用的计算机内存大小一般都在 2 048 MB 以上。

② 外存主要用于存储遥感数字图像,因此外存的容量一般较大。常用的外存包括磁盘、光盘、移动硬盘等,外存都是输入设备。

(4) 显示器和输出设备

对于遥感数字图像处理来说,图像的显示非常重要。显示器是基本的图像显示设备。显示器完成数字图像向光学图像的转换,处理结果以光学图像形式直观表现出来。同时显示器还作为人机交互的工具实现人对计算机遥感图像处理的控制。专业的大尺寸显示器有助于提高图像处理的效率。为了保证显示结果的可比性,显示器需要进行专业的色彩校正。

输出设备用于输出图像。设备不同,输出图像的分辨率和色彩不同,在输出前需要对输出设备进行校正。随着各种新型打印技术(热敏、喷墨、激光等)的成熟,彩色高分辨率图像的输出成为主要趋势。

(5) 操作台

操作台是安置数字化设备、计算机、输出设备以及其他图像处理辅助设备的辅助平台。良好的图像处理环境有助于保证图像处理的质量。

二、软件系统

当前遥感图像处理软件主要运行于 UNIX 和 Windows 系列操作系统之上。近年来随着 Internet 的发展,一种新的操作系统也逐渐引人注目,这就是 Linux,这是一种类 UNIX 的操作系统。它的优势在于系统的稳定性及安全性均不逊色于多种主流操作系统,而且是免费的、开放的。现在许多遥感图像处理软件也可以运行于 Linux 上了。UNIX 操作系统主要工作在工作站上,在微机性能没有得到长足进步的早期,许多遥感图像处理软件都是运行于工作站上,操作系统为 UNIX,随着微机性能的提高,同一种遥感软件,其工作站版的功能与微机版上的功能差异逐渐缩小。微机上主要运行 Windows 操作系统,对于用户来说,两者的操作界面类似,功能相近,所以操作系统的区别对于用户是不敏感的。

各种遥感图像处理软件的功能有比较大的区别,但是都包含一些基本的、常用的功能。不同之处在于,不同的系统实现方式多异,功能的多少也不相同。大型的软件系统,如 ERDAS、ENVI、PCI、ER Mapper 等,不仅能完成通常的各种遥感处理,还提供与 GIS 的集成,与数字摄影测量系统的集成,功能非常强大。

(一) 遥感数字图像处理系统的软件功能

这里介绍的软件功能主要是指一些比较基础的遥感数字图像处理功能,是每一个遥感数字图像处理系统所基本共有的,主要存在以下几个方面。

(1) 图像文件管理

包括各种格式的遥感图像的输入、输出、存储以及图像文件管理等功能。

(2) 图像处理

图像处理主要包括以下功能:

① 影像增强,如分段线性拉伸、对数变换、指数变换、直方图均衡、直方图规定化和均衡化等。

② 图像滤波,如空间域滤波(锐化)、平滑等频率域滤波(带通滤波、高通滤波、低通滤波)等。

③ 纹理分析及目标检测,如纹理能量提取、基于边缘信息的纹理特征提取、线性算子检测、霍夫变换等。

(3) 图像校正

图像校正包括辐射校正和几何校正。

辐射校正包括太阳高度角照度变化校正、大气校正、传感器成像误差校正等。

几何校正包括粗纠正和针对各种传感器的精纠正、图像匹配、图像镶嵌等。

(4) 多影像处理

包括图像运算、图像变换以及信息融合等,其中图像运算包括逻辑运算、逻辑比较运算和代数运算等;图像变换包括傅立叶变换及逆变换、彩色变换及逆变换、主成分变换、穗帽变换、最小噪声分离变换等;信息融合包括加权融合、HIS 变换融合等。

(5) 图像信息获取

包括图像直方图统计,多波段图像的相关系数矩阵、协方差矩阵、特征值和特征向量的计算,图像分类的特征统计,多波段图像的信息量及最佳波段组合分析等。

(6) 图像分类

包括分类前的样本分析,训练样区合并以及非监督分类(如 ISODATA 聚类法,K-均值

聚类法等)和监督分类(最大似然法、最小距离法等)方法,分类后处理(类别合并、类别统计、面积统计、边缘跟踪等)等。

(7) 遥感专题图制作

如黑白正射影像图、彩色正射影像图、基于影像的线划图制作,真实感三维景观图,其他类型的遥感专题图(土地利用分类图、植被分布图、洪水淹没状况图、水土保持状况图等)。

(8) 与 GIS 的接口

包括 GIS 数据的转入及输出、栅—矢转换、GIS 图形层数据与影像的叠加等。

以上所列的功能是比较基础的,一般的遥感软件中都包含,现在的遥感软件功能越来越强大,不仅包含以上所列的功能,还包含与 DEM 结合的分析功能等等。

(二) 几种常用的遥感数字图像处理系统

(1) ERDAS IMAGINE 遥感图像处理系统

ERDAS IMAGINE 是美国 LEICA(莱卡)公司开发的遥感图像处理系统。它以其先进的图像处理技术,友好、灵活的用户界面和操作方式,面向广阔应用领域的产品模块,服务于不同层次用户的模型开发工具以及高度的 RS/GIS(遥感图像处理和地理信息系统)集成功能,为遥感及相关应用领域的用户提供了内容丰富而功能强大的图像处理工具,代表了遥感图像处理系统未来的发展趋势。ERDAS IMAGIN 可在 UNIX 和 Windows 操作系统运行,该软件的最新版本号为 ERDAS IMAGINE 2018。

(2) ENVI 遥感图像处理系统

ENVI(The Environment for Visualizing Images)是美国 ITT 公司的旗舰产品。它是由遥感领域的科学家采用交互式数据语言 IDL(Interactive Data Language)开发的一套功能齐全的遥感图像处理软件。它是快速、便捷、准确地从影像中提取信息的首屈一指的软件解决方案。ENVI 已经广泛应用于科研、环境保护、气象、石油矿产勘探、农业、林业、医学、国防、安全、地球科学、公用设施管理、遥感工程、水利、海洋、测绘勘察和城市与区域规划等领域。

ENVI 包含齐全的遥感影像处理功能:常规处理、几何校正、定标、多光谱分析、高光谱分析、雷达分析、地形地貌分析、矢量应用、神经网络分析、区域分析、GPS 联接、正射影像图生成、三维图像生成、丰富的可供二次开发调用的函数库、制图、数据输入/输出等。ENVI 可在 UNIX 和 Windows 操作系统运行,该软件的最新版本号为 ENVI 5.5。

(3) PCI 遥感图像处理系统

PCI Geomatica 软件是加拿大 PCI 公司开发的用于图像处理、制图、GIS、雷达数据分析以及资源管理和环境监测的软件系统。PCI 拥有比较全的功能模块:常规处理模块,几何校正、大气校正,多光谱分析,高光谱分析,摄影测量,雷达成像系统,雷达分析,极化雷达分析,干涉雷达分析,地形地貌分析,矢量应用,神经网络生成,区域分析,GIS 联接,正射影像图生成及 DEM 提取(航片,光学卫星,雷达卫星),三维图像生成等。PCI 可在 Linux 和 Windows 操作系统运行,软件的最新版本号为 PCI Geomatica 2017。

除了上面介绍的三大遥感图像软件之外,还有其他软件,如 ER Mapper、eCognition 等。国产遥感数字图像处理软件近几年也有所发展,但国产遥感图像处理软件提供的功能还比较有限,与国外同类型的软件还有一定的差距,但随着遥感技术在中国的蓬勃发展,将来一定能够开发出与国外软件相比毫不逊色的遥感图像处理软件。

练 习 题

1. 什么是图像？什么是数字图像？
2. 数字图像与模拟图像的区别是什么？
3. 什么是遥感数字图像？遥感数字图像如何分类？
4. 什么是遥感数字图像处理？遥感数字图像处理的主要内容是什么？
5. 遥感数字图像处理的主要构成有哪些？