

高等学校教材

遥感数字图像处理教程 ——IDL编程实现

Remote Sensing Digital Image Processing
——IDL Programming

赵银娣 编著



测绘出版社

内容简介

遥感数字图像处理教程

——IDL 编程实现

赵银娣 编著

本书1992年自编讲义

1993年出版，1994年修订

1995年出版

1996年出版

1997年出版

1998年出版

1999年出版

内容简介

本书1992年自编讲义

1993年出版

1994年出版

1995年出版

1996年出版

1997年出版

1998年出版

1999年出版

2000年出版

2001年出版

测绘出版社

·北京·

©赵银娣 2015

所有权利(含信息网络传播权)保留,未经许可,不得以任何方式使用。

内 容 简 介

本书结合 IDL 编程语言系统介绍了遥感数字图像处理的基本概念、理论和方法。全书共 8 章,主要内容包括:绪论、光学成像遥感传感器、遥感图像读写、遥感图像几何校正、遥感图像辐射校正、遥感图像增强、遥感图像变换与融合、遥感图像分类。本书在内容安排上循序渐进、深入浅出、侧重算法原理和 IDL 编程实现,各章均配有实例和思考题,力求突出重点、面向应用,提高解决实际问题的能力。

本书可作为摄影测量与遥感、地理信息系统等专业本科生教材,也可作为相关专业研究生、教师和科研工作者的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

遥感数字图像处理教程:IDL 编程实现 / 赵银娣编

著. — 北京:测绘出版社,2015.12

高等学校教材

ISBN 978-7-5030-3855-6

I. ①遥… II. ①赵… III. ①遥感图象—数字图象处理—程序设计—高等学校—教材 IV. ①TP751.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 262202 号

责任编辑	贾晓林	封面设计	李 伟	责任校对	曹 平	责任印制	喻 迅
出版发行	测绘出版社			电 话	010-83543956(发行部)		
地 址	北京市西城区三里河路 50 号				010-68531609(门市部)		
邮政编码	100045				010-68531363(编辑部)		
电子邮箱	smp@sinomaps.com			网 址	www.chinasmp.com		
印 刷	三河市世纪兴源印刷有限公司			经 销	新华书店		
成品规格	184mm×260mm						
印 张	15.5			字 数	385 千字		
版 次	2015 年 12 月第 1 版			印 次	2015 年 12 月第 1 次印刷		
印 数	0001—2000			定 价	39.00 元		

书 号 ISBN 978-7-5030-3855-6/P·821

本书如有印装质量问题,请与我社门市部联系调换。

前 言

随着航天技术、通信技术和信息技术的飞速发展,遥感数字图像正朝着“三多”(多传感器、多平台、多角度)和“四高”(高空间分辨率、高光谱分辨率、高时相分辨率、高辐射分辨率)方向发展。与一般的数字图像相比,遥感数字图像类型更为多样、内容更为复杂、数据量更加庞大,因此遥感数字图像处理不仅要掌握一般的数字图像处理方法,还要掌握相应的地学知识和编程知识。IDL 作为一种面向矩阵计算的编程语言,在图像处理以及大数据可视化分析方面有着很大的优势,是遥感数字图像处理的理想编程工具。

本书在总结遥感教学经验和遥感技术最新进展的基础上,结合 IDL 语言,系统地讲述了遥感数字图像处理的基本方法及其编程实现。为了适应教学实际需要,本书对经典的遥感数字图像处理算法进行重点讲解,提供了大量的应用实例,并给出了相关的 IDL 代码和数据来源,知识容量适度,理论实践并重。全书共分 8 章:第 1 章绪论,对遥感数字图像的基本概念和处理内容进行了简要介绍;第 2 章光学成像遥感传感器,重点介绍了遥感传感器的基本组成和主要类型;第 3 章遥感图像读写,主要介绍了 IDL 基本语法和遥感数字图像的格式及其读写;第 4 章遥感图像几何校正,重点介绍了遥感图像配准、镶嵌和裁剪;第 5 章遥感图像辐射校正,主要介绍了传感器端的辐射校正、大气校正、地面辐射校正以及辐射校正程序实现;第 6 章遥感图像增强,重点介绍了对比度拉伸、空间域和频率域的滤波增强、伪彩色增强;第 7 章遥感图像变换与融合,主要介绍了波段间的算术运算、多光谱图像变换和遥感图像融合;第 8 章遥感图像分类,重点介绍了监督分类和非监督分类方法的基本原理、算法步骤和编程实现。

本书是在“江苏高校品牌专业建设工程资助项目”(编号:测绘工程 PPZY2015B144)的资助下出版的,在编写过程中得到了中国矿业大学环境与测绘学院测绘与地理信息系的领导和同事的关心和帮助,得到了加拿大新不伦瑞克大学章云教授的指导和帮助,在此一并表示感谢。

由于遥感技术的快速发展和个人水平的限制,书中错误和不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

赵银娣

2015 年 9 月

目 录

第 1 章 绪 论	1
1.1 遥感数字图像的基本概念	1
1.2 遥感数字图像处理的主要内容	4
1.3 遥感数字图像处理的应用示例	11
思考题	17
第 2 章 光学成像遥感传感器	18
2.1 遥感传感器的类型及组成	18
2.2 光学成像传感器的物理参数	21
2.3 摄影型传感器	33
2.4 扫描型多光谱传感器	38
2.5 成像光谱仪	46
思考题	53
第 3 章 遥感图像读写	54
3.1 IDL 基本语法	54
3.2 遥感数字图像格式	68
3.3 遥感数字图像读取	73
3.4 遥感数字图像输出	84
思考题	96
第 4 章 遥感图像几何校正	97
4.1 几何变形误差的来源	97
4.2 几何校正模型与方法	100
4.3 遥感图像配准	108
4.4 遥感图像镶嵌	112
4.5 遥感图像裁剪	113
思考题	120
第 5 章 遥感图像辐射校正	121
5.1 传感器端的辐射校正	121
5.2 大气校正	123
5.3 地面辐射校正	128

5.4 辐射校正程序实现	130
思考题	135
第 6 章 遥感图像增强	136
6.1 对比度拉伸	136
6.2 空间域滤波增强	149
6.3 频率域滤波增强	157
6.4 伪彩色增强	166
思考题	168
第 7 章 遥感图像变换与融合	169
7.1 波段间的算术运算	169
7.2 多光谱图像变换	176
7.3 遥感图像融合	191
思考题	203
第 8 章 遥感图像分类	204
8.1 概述	204
8.2 样本选取	206
8.3 监督分类	211
8.4 非监督分类	218
8.5 分类精度分析	234
思考题	240
参考文献	241

第1章 绪论

遥感是获取地球空间信息的重要手段之一,在许多政府部门、科研单位和公司都得到了广泛的应用。高速发展的数字技术和微电子技术,给遥感图像处理提供了先进的技术手段,遥感图像数字处理已从计算机科学与技术、信息与通信工程、控制科学与工程等学科中脱颖而出,成为研究遥感图像信息获取、传输、存储、变换、显示、判读与应用的一门综合性技术。本章主要讲述遥感数字图像的基本概念、遥感数字图像处理的主要内容以及 ENVI、IDL 编程在遥感数字图像处理中的应用。

1.1 遥感数字图像的基本概念

1.1.1 模拟图像与数字图像

图像是对客观对象的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,是人们最主要的信息源。

按图像的明暗程度和空间坐标的连续性,可将图像分为模拟图像和数字图像。模拟图像是指空间坐标和明暗程度连续变化的、计算机无法直接处理的图像;数字图像,又称栅格图像,是指可利用计算机存储和处理的图像,是一种空间坐标和灰度均不连续、以离散数学原理表达的图像。利用计算机技术,模拟图像与数字图像之间可以相互转换。把模拟图像转变为数字图像称为模数(analog to digital, A/D)转换,把数字图像转变成模拟图像称为数模(digital to analog, D/A)转换。

这里主要介绍模数转换,其主要包含空间采样和灰度量化的两个基本过程。

1. 空间采样

将空间上连续的图像变换成离散点的操作称为采样(图 1.1)。这些离散点我们称之为像素或像元,是数字图像的基本单元。空间采样将模拟图像转换为每行有 N_x 个像元,每列有 N_y 个像元的数字图像。采样间隔和采样孔径的大小,关系到图像分辨率的大小,即关系到图像包含何种程度的细微的浓淡变化。一般来说,采样间隔大,所得图像像元少,空间分辨率低,图像质量差,严重时出现像元呈块状的国际棋盘效应;采样间隔小,图像分辨率高,质量好,但数据量大。

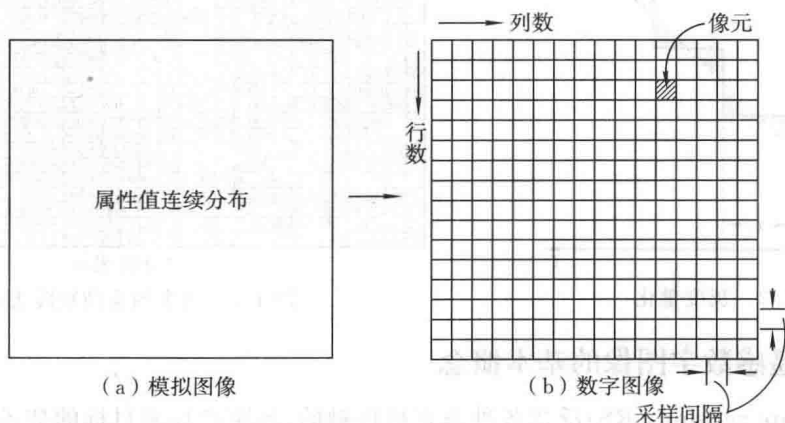


图 1.1 采样

2. 灰度量化

经空间采样后图像被分割成空间上离散的像元,但其灰度是连续的,还不能用计算机进行处理。将连续的灰度值转换成离散的整数值的过程称为量化。图 1.2 为灰度量化的示意图,横坐标 f_c 表示被量化的模拟量,纵坐标 f 表示量化后的结果,阴影部分表示量化误差,即量化结果和被量化模拟量的差值。一幅数字图像中不同灰度值的个数称为灰度级。量化等级越少,图像层次越欠丰富,灰度分辨率低,质量变差,会出现假轮廓现象,但数据量小;量化等级越多,图像层次越丰富,量化误差越小,灰度分辨率越高,质量越好,但数据量大。

像元是模数转换中的取样点,其大小相当于模拟图像分割取样的最小单元 Δx 、 Δy ,是数字图像的基本单位。每个像元均具有空间位置特征和属性特征。在数字图像处理中,通常将一幅图像表示为一个矩阵。如图 1.3 所示,(b)图是(a)图中矩形关注区所对应的子图,该矩形大小是 25 行、30 列,(c)图是(b)图的矩阵表示。若图像在行方向上共有 N_r 个像元(采样点),在列方向上共有 N_l 个像元(采样点),则其矩阵表示为

$$\begin{bmatrix} f(1,1) & f(1,2) & f(1,3) & \cdots & f(1,N_s) \\ f(2,1) & f(2,2) & f(2,3) & \cdots & f(2,N_s) \\ f(3,1) & f(3,2) & f(3,3) & \cdots & f(3,N_s) \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ f(N_l,1) & f(N_l,2) & f(N_l,3) & \cdots & f(N_l,N_s) \end{bmatrix} \quad (1.1)$$

式中, N_l 表示总的行数, N_s 表示总的列数, $f(l,s)$ 表示位于第 l 行、第 s 列像素的属性值。

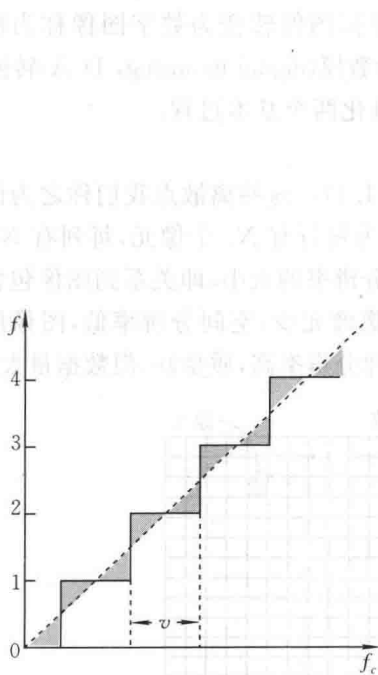
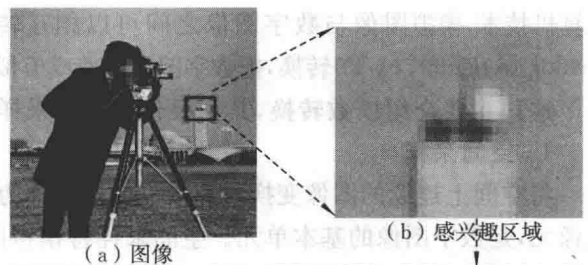


图 1.2 灰度量化



(a) 图像

(b) 感兴趣区域

163	163	165	163	163	162	164	163	165	163	164	158	164	165	165	164	163	162	160	163	164	164	164	162	162	161	160	162	160	162	
159	164	163	161	162	161	163	165	163	161	162	163	164	163	163	165	162	163	164	162	164	163	161	162	160	160	158	160	158	157	158
164	162	163	162	164	163	162	163	163	161	159	161	162	163	160	164	163	164	161	165	162	161	161	158	158	161	158	159	161	161	
165	164	160	162	164	161	162	160	162	159	161	158	160	163	160	162	162	164	161	160	159	162	164	161	162	160	158	158	158	160	
160	161	160	160	163	160	164	158	159	158	158	159	160	161	156	157	162	158	162	160	159	158	162	160	159	157	158	157	157	157	
162	163	159	163	163	163	161	162	164	159	163	160	156	158	159	158	161	158	161	159	161	159	160	158	160	160	160	159	159	159	
163	163	160	162	163	164	162	160	164	164	162	160	162	152	153	159	160	162	158	158	160	161	159	158	164	163	163	163	163	163	
161	162	160	163	163	162	162	163	159	158	156	162	162	164	153	156	162	171	164	162	160	158	157	161	160	157	159	162	162	162	
161	161	160	163	162	162	162	162	160	163	158	162	163	167	150	156	162	195	190	172	161	160	161	158	165	161	158	165	157	160	160
161	163	161	163	163	164	159	161	162	158	161	160	163	159	143	159	164	211	213	195	164	159	157	158	162	160	158	158	158	160	
161	161	160	161	163	160	160	157	163	159	161	162	163	159	133	158	196	210	215	204	170	160	158	160	156	158	158	157	156	156	
160	161	162	162	163	160	162	160	160	159	162	153	148	159	161	126	131	171	192	202	189	163	157	161	160	157	156	159	157	156	
159	160	162	159	160	159	159	159	161	152	123	111	126	141	120	100	120	141	157	162	161	159	158	160	158	157	158	159	158	158	
160	159	159	162	162	162	162	162	162	148	103	91	94	122	96	89	86	111	145	155	161	158	157	159	159	161	159	159	158	158	
162	162	159	164	160	161	160	160	162	159	150	117	102	117	146	123	103	103	137	159	161	162	159	160	156	160	161	158	159	164	
162	161	160	159	162	161	158	160	156	154	166	168	164	167	175	172	164	167	174	175	173	168	158	161	160	159	159	157	158	161	
159	159	161	160	159	158	158	158	155	143	176	184	184	186	186	184	184	181	180	172	159	158	158	160	158	158	158	158	158	158	
159	158	159	160	158	160	159	159	152	136	177	181	184	187	186	183	183	186	184	182	181	171	161	157	158	160	158	158	156	158	
161	162	157	161	159	161	162	162	153	138	176	194	187	186	186	183	188	188	187	187	187	180	162	158	157	163	161	157	157	161	
161	159	161	160	158	160	159	153	138	175	187	188	187	184	187	188	188	183	185	184	178	158	159	160	158	159	159	159	159	159	
158	159	160	160	159	157	158	152	136	175	188	186	187	186	187	186	184	182	184	186	175	159	160	161	157	161	160	159	164	164	
160	162	162	163	160	162	160	164	158	137	175	186	183	189	189	183	184	183	185	186	177	158	160	162	163	161	166	161	159	159	
158	159	163	162	162	158	160	152	139	173	182	186	189	189	186	186	187	189	188	189	178	159	158	157	158	158	158	158	158	161	
162	161	160	162	162	159	157	159	153	133	174	184	187	187	185	187	183	186	187	186	192	183	161	159	157	159	156	159	161	162	
156	161	163	159	158	160	158	162	165	135	170	170	184	186	189	184	183	187	187	186	185	177	160	159	159	159	158	161	160	161	

(c) 矩阵表示

图 1.3 数字图像的矩阵表示

1.1.2 遥感数字图像的基本概念

遥感(remote sensing, RS)泛指各种非直接接触的、远距离探测目标的技术。对地观测遥感技术是狭义的遥感,它组成了一个地面到空间、从资料数据的收集处理到判读应用的体系,

包括研究地物电磁波辐射的特性及信息的传输;研究遥感信息探测手段,主要是研究传感器;研究遥感信息的处理系统;研究遥感信息的应用。

基于上述这些内容,遥感过程(图 1.4)实际上是非常复杂的,遥感的多学科交叉主要体现在以下几个方面:

- (1)能源。电磁波辐射源紫外线、可见光、短波红外线、热红外线、微波。
- (2)电磁波在大气中的传播。吸收和散射,能量衰减。
- (3)到达地表的能量与地表物质相互作用。地物选择性地反射、发射、散射、投射、折射等,对不同波长产生不同的波谱响应。
- (4)与地表相互作用后的电磁波再次在大气中的传播。包含不同地表特征波谱响应的能量再衰减。
- (5)遥感信息的记录。传感器收集、探测并记录目标地物反射或发射的电磁波信息。
- (6)遥感信息的提取。包括制作遥感图像数据产品、专题地图等。
- (7)遥感信息的应用。资源调查、环境监测、农业估产、生态保护、灾害评估等。

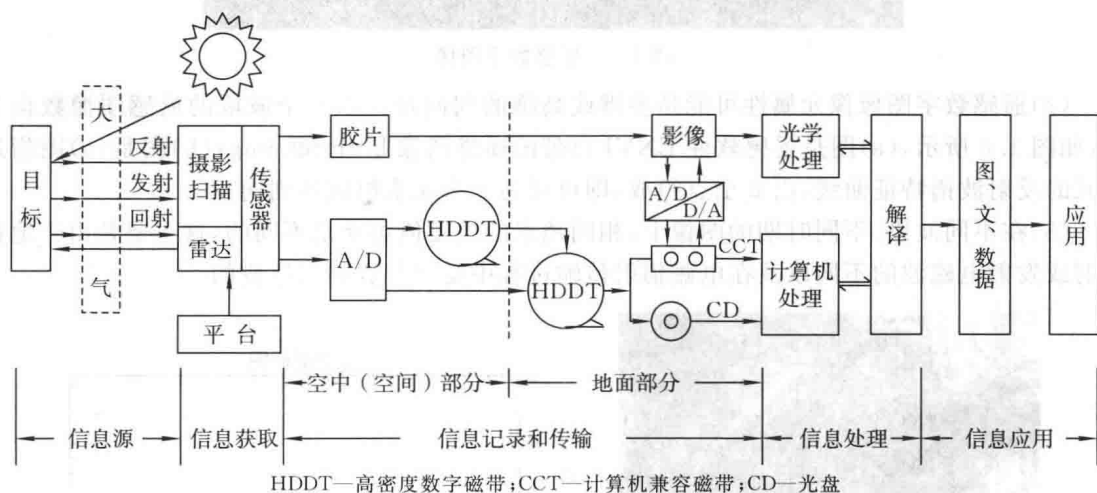


图 1.4 遥感过程

20 世纪早期获取的遥感图像主要是记录在摄影胶片上的航空照片,属于模拟图像的范畴,计算机不能直接处理,现今大多被由数码航摄仪、扫描传感器等记录的数字图像所取代。遥感数字图像是指以数字形式表述的遥感图像,其像是遥感成像过程的采样点,或者是在模数转换中的取样点。

与一般数字图像相比,遥感数字图像(图 1.5)不仅有空间特征和属性特征,而且还有时间特征。此外,遥感图像中各像元的空间特征和属性特征,还有其特殊的意义。遥感图像中的像元空间位置特征不仅指像元位于图像中的行列数,更指其对应的地理坐标。遥感数字图像像元的属性特征常用数字值(digital number, DN)、辐亮度、反射率等表示,且比一般数字图像复杂得多,其主要表现在以下几个方面:

(1)遥感数字图像像元属性值具有特有的物理意义。遥感数字图像像元属性值的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),经过模数转换,成为绝对辐亮度值。为了便于应用,绝对辐亮度值又被转换为能够表征地物辐亮度的相对 DN 值。两者的关系表示为

$$L_{\lambda} = D_{\lambda} \times (L_{\lambda_{\max}} - L_{\lambda_{\min}}) / D_{\lambda_{\max}} + L_{\lambda_{\min}} \quad (1.2)$$

式中, D_{λ} 是地物在波段 λ 处的 DN 值, $D_{\lambda_{\max}}$ 为波段 λ 图像的最大级数; L_{λ} 是转换后的辐亮度值, $L_{\lambda_{\max}}$ 为传感器波段 λ 可探测到的最大辐亮度值, $L_{\lambda_{\min}}$ 为传感器波段 λ 可探测到的最小辐亮度值, 其计量单位为瓦特/(米²·微米·球面度), 即 $W/(m^2 \cdot \mu m \cdot sr)$ 。



图 1.5 遥感数字图像

(2) 遥感数字图像像元属性可能是多维或高维的列向量。以 6 个波段的遥感图像数据为例, 如图 1.6 所示, (a) 图是遥感软件 ENVI 自带的遥感图像 bhtmref.img; (b) 图是 (a) 图指定像元的反射波谱特征曲线, 由 6 个点组成, 即可视为 6 个元素组成的列向量。

(3) 在不同波段、不同时期的图像上, 相同地点的亮度值可能是不同的, 这主要是由于地物反射或发射电磁波的不同以及在电磁辐射传输过程中受大气影响而造成的。

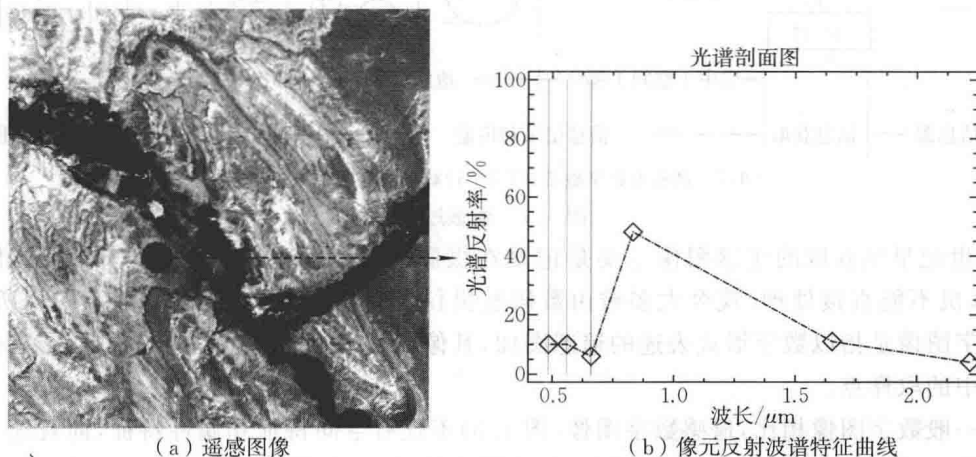


图 1.6 遥感图像像元的多维光谱特征

1.2 遥感数字图像处理的主要内容

1.2.1 遥感数字图像处理的三个阶段

遥感图像处理是用户从遥感图像中获取有用信息的重要环节。遥感图像处理可分为两类: 一是利用光学、照相和电子学的方法对遥感模拟图像(照片、底片)进行处理, 即光学遥感

图像处理;二是利用计算机,通过编程语言或软件操作,对遥感数字图像进行处理,即遥感数字图像处理。现今,光学遥感图像处理已基本上被遥感数字图像处理所取代。

与广义的数字图像处理类似,遥感数字图像处理根据抽象程度不同可分为三个层次,即狭义的遥感图像处理(低级)、遥感图像分析(中级)和遥感图像理解(高级),如图 1.7 所示。

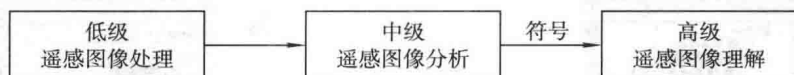


图 1.7 数字图像处理的三个阶段

狭义遥感图像处理是从一个图像到另一个图像的过程,其着重强调在图像之间进行变换。主要是指:对遥感图像进行各种操作以改善视觉效果或突出主题信息、对遥感图像进行校正以减小几何或物理属性误差、对遥感图像进行实时压缩以减少所需存储空间或传输时间、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数值或符号表示的过程。主要是指:对遥感图像中感兴趣的目标进行检测和量测,从而建立对图像的描述。

遥感图像理解是借助知识、经验进行遥感图像解译的过程。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、特征和它们之间的相互关系,并得出对遥感图像内容的理解以及相应的地面客观地物、场景的解译,从而为生产、科研提供真实的、全面的客观世界方面的信息。

本书主要讲述狭义遥感图像处理的方法、技术及应用。遥感图像处理的精度和质量,直接影响遥感图像应用和研究的效果。

1.2.2 遥感数字图像处理的主要内容

1. ENVI 简介

常用于遥感图像处理的软件有:ENVI、ERDAS Imagine、PCI Geomatica、ER Mapper (Earth Mapper)、Titan Image 等。ENVI,全称 The Environment for Visualizing Images,是由美国 Exelis Visual Information Solutions 公司,采用交互式数据语言(interactive data language, IDL)开发的一套遥感图像处理软件。图 1.8 是 ENVI 4.8 版本的主菜单栏。从 ENVI 5 版本之后,采用了全新的软件界面,如图 1.9 所示,包括主菜单栏、工具栏、图层管理窗口、显示窗口、工具箱、状态栏等几个组成部分,从整体上增强了用户体验。主菜单栏位于界面上方,由文件(File)、编辑(Edit)、显示(Display)、查看(Views)以及帮助(Help)组成;工具栏位于主菜单栏下方,主要有打开图像、显示图像(包括缩放、拉伸、透明度设置以及光标选项)、矢量数据制作与编辑。位于界面下方的三个面板,从左至右分别是:图层管理(Layer Manager)窗口、图像显示窗口以及工具箱(Toolbox)。用户可在 ENVI 平台的基础上,利用其底层的 IDL 语言进行二次开发,添加扩展 ENVI 功能,或研发定制特定行业应用的遥感平台。



图 1.8 ENVI 4.8 主菜单栏

2. 遥感数字图像处理的主要内容

下面结合遥感图像处理软件 ENVI,对遥感数字图像处理的主要内容展开介绍。根据主要的处理流程与处理目标大致可分为遥感图像读写、遥感图像预处理、遥感图像增强、遥感

图像融合、遥感图像分类、遥感图像变化检测、遥感图像目标检测等。

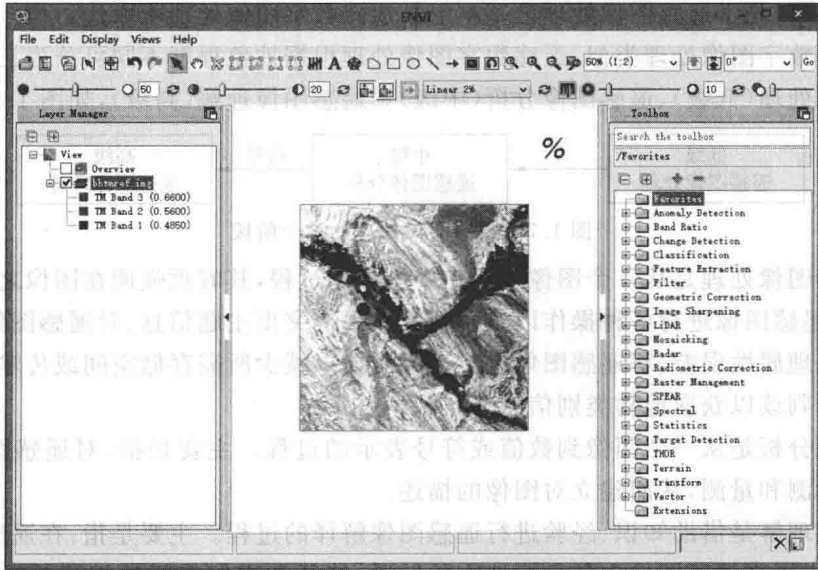


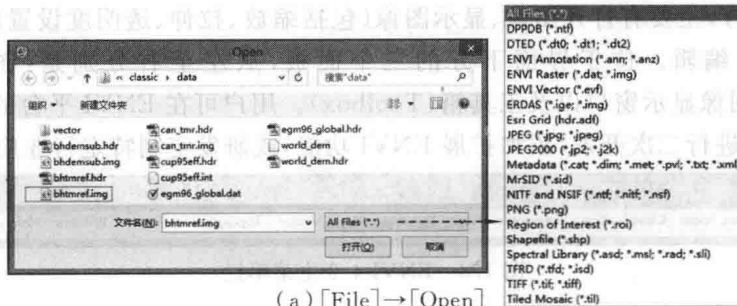
图 1.9 ENVI 5 图形用户界面

1) 遥感图像读写

遥感图像数据来源丰富,可能是机载或星载传感器获取的图像,也可能是数字化扫描的图像等。遥感图像数据属性也是多样的,可能是全色图像、多光谱图像、热红外图像、高程图像、专题图像。遥感图像数据通常以文件的方式存储至磁盘上或是地理数据库的一个文件存储系统中,如网络存储设备(network attached storage, NAS)、存储区域网络(storage area network, SAN)。遥感图像的读写与遥感图像格式密切相关,主要有通用格式和传感器产品格式之分。ENVI 可读取的数据格式见图 1.10,上下两幅屏幕截图分别对应于[File]→[Open],[File]→[Open As]可读取的遥感图像格式。

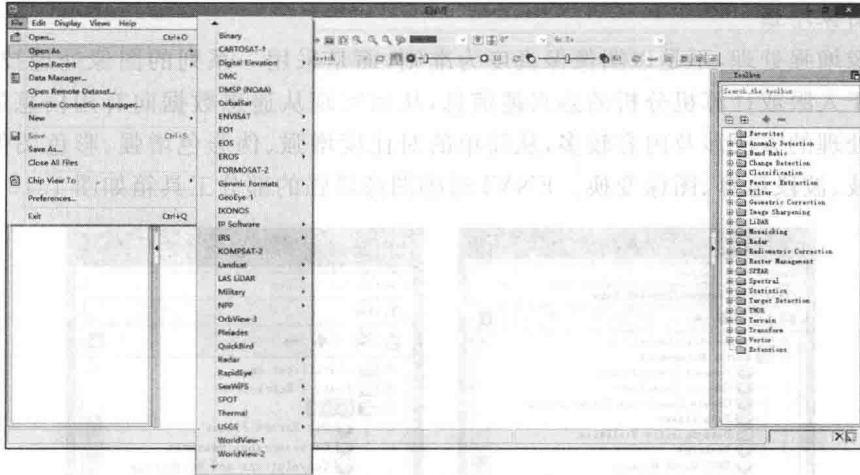
2) 遥感图像预处理

机载、星载传感器获得对地观测的遥感图像数据后,为了从遥感图像中提取感兴趣的信息,需对遥感图像进行分析。但在对遥感图像进行分析之前,需要对遥感图像进行预处理。遥感图像预处理主要包括几何校正、影像镶嵌、影像裁剪、辐射校正等环节。ENVI 遥感图像预处理工具箱如图 1.11 所示。



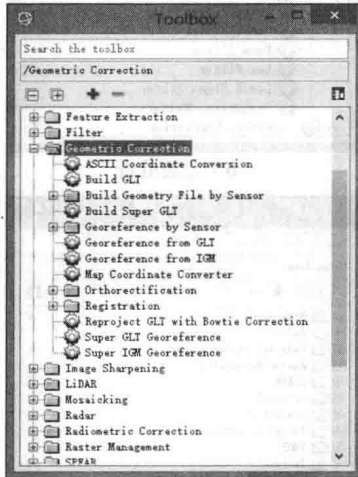
(a) [File]→[Open]

图 1.10 ENVI 5 可读取的图像数据格式

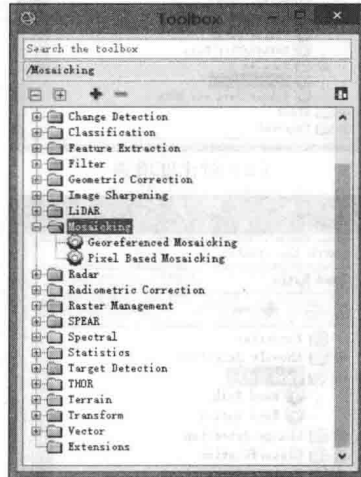


(b) [File]→[Open As]

图 1.10(续) ENVI 5 可读取的图像数据格式



(a) 几何校正



(b) 影像镶嵌



(c) 影像裁剪



(d) 辐射校正

图 1.11 ENVI 5 预处理工具箱

3) 遥感图像增强

遥感图像增强处理,不是以图像保真度为准则,而是采用一系列的图像处理技术,有选择性地突出便于人眼或计算机分析的感兴趣信息,从而实现从遥感数据向有用信息的转化。遥感图像增强处理的方法涉及内容较多,从简单的对比度增强、伪彩色增强、彩色图像合成到复杂的图像滤波、波段运算、图像变换。ENVI 遥感图像增强的部分工具箱如图 1.12 所示。

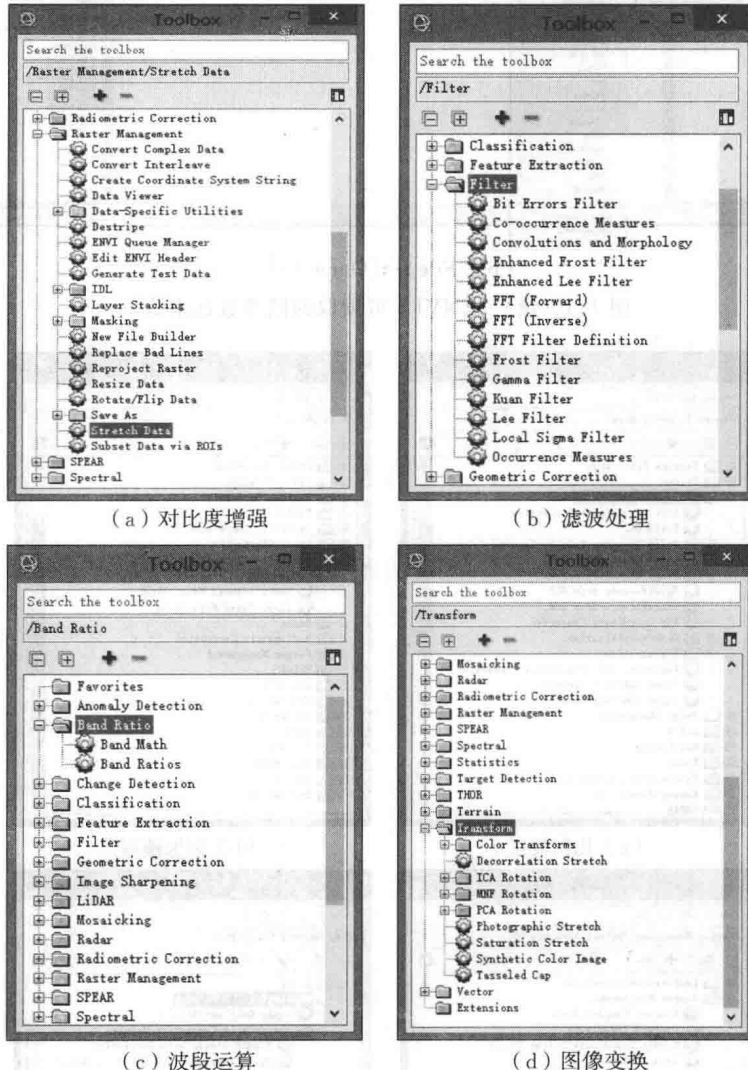


图 1.12 ENVI 5 遥感图像增强工具箱

4) 遥感图像融合

广义的遥感信息融合,是指多遥感平台(航天、航空、地面)、多传感器、多时相遥感图像之间以及遥感图像与非遥感图像数据的信息组合匹配技术。狭义的遥感信息融合,即遥感图像融合,是指多幅遥感图像之间的信息组合匹配技术。与输入的任何一幅图像相比,融合后的图像信息更为丰富,更有利于遥感信息分析提取,从而提高遥感图像数据的可应用性。Pan-Sharpening 是遥感图像融合的一个重要分支,它将一幅高空间分辨率的全色图像与一幅较低空间分辨率的多光谱图像进行融合,从而生成一幅高空间分辨率的多光谱遥感图像。ENVI

中的 Pan-Sharpening 见图 1.13。

5) 遥感图像分类

遥感图像分类是遥感信息提取的一种重要手段,通过目视解译或计算机解译完成对图像数据类别属性的划分。遥感数字图像的计算机解译是以遥感数字图像为对象,在计算机系统支持下,综合运用地学分析、地理信息系统、模式识别和人工智能技术,实现地学专题信息的智能化获取。其基本目标是将人工目视解译遥感图像,发展为计算机支持下的遥感图像解译。为了便于阐述,本书中的遥感图像分类即指遥感图像计算机解译。ENVI 提供了两大分类方法,即基于像元的遥感图像分类方法、基于对象的遥感图像分类方法。遥感图像分类工具箱见图 1.14。

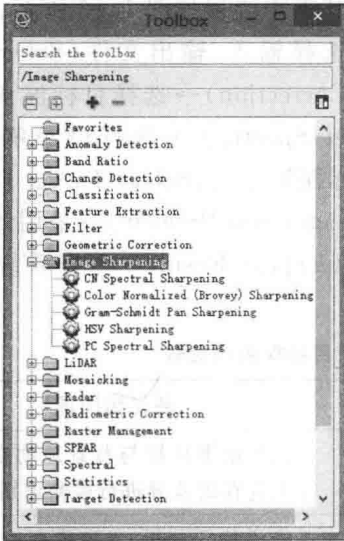


图 1.13 ENVI 5 遥感图像融合工具箱

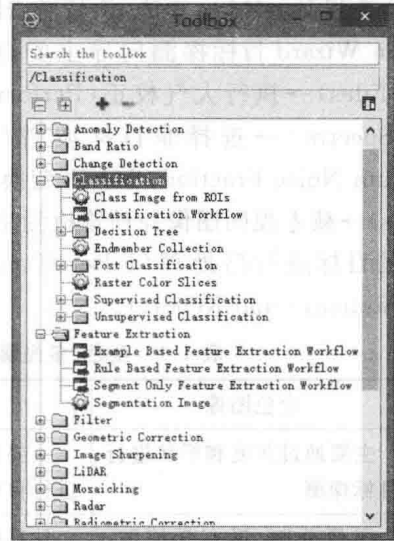


图 1.14 ENVI 5 遥感图像分类工具箱

6) 遥感图像变化检测

遥感图像变化检测通过对同一地区不同时间点(两个时相或多个时相)的遥感影像序列进行分析和比较,从而检测出该研究区的地表覆盖变化信息。按照其是否要进行分类可分为分类后比较法和直接比较法。分类后比较法,如图 1.15 中的 Thematic Change Workflow,是基于分类图像的变化检测方法,采用相同的分类体系对各时相的遥感图像进行分类后,通过比较分类结果,获得地表覆盖的变化类型和变化面积等信息。直接比较法,如图 1.15 中的 Image Change Workflow,是对经过几何校正和辐射校正后的多时相遥感影像中的像元属性值进行代数运算或变换处理,检测出变化的信息。常用的直接比较法包括:图像差值法(image differencing)、图像比值法(imaging ratioing)、回归分析法(regression analysis)、植被指数比较法(vegetation index differencing)、变化矢量分析法(change vector analysis, CVA)、主成分分析法(principal component analysis, PCA)以及缨帽变换(tasseled cap transform, KT)等。

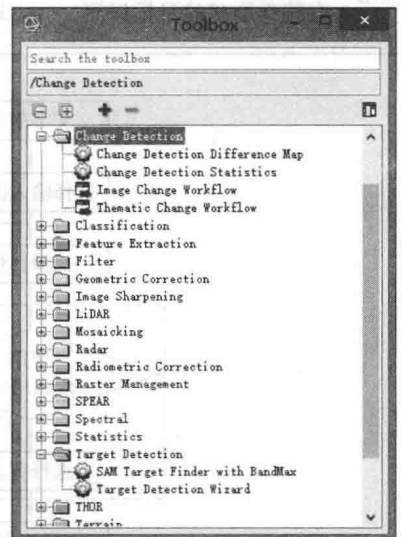


图 1.15 ENVI 5 遥感图像变化检测与目标探测工具箱

7) 遥感图像目标探测

遥感图像目标探测是一种基于方位和光谱三维信息探测的技术,主要有大小目标探测、纯点与混合像元目标探测、异常检测等技术。表 1.1 列出了采用全色、多光谱和高光谱等遥感图像数据进行目标探测的异同点。高光谱遥感图像目标探测侧重于基于光谱特征的定量化分析,而由于受图像空间分辨率的限制,形状特征的作用微乎其微。与遥感图像分类不同,目标探测关注的是人工目标或者是那些与背景存在光谱特征差异的特殊目标。ENVI 提供了 SAM Target Finder with BandMax 和 Target Detection Wizard 两个选项进行目标探测,如图 1.15 所示。SAM Target Finder with BandMax 利用光谱角制图(Spectral Angle Mapper, SAM)分类和 BandMax 算法,从高光谱图像中找寻目标,其工作流程如图 1.16 所示。Target Detection Wizard 目标探测向导主要有以下几个步骤:选择输入、输出文件(Select Input、Output Files)→执行大气校正(Perform Atmospheric Correction)→选择目标波谱(Select Target Spectra)→选择非目标波谱(Select Non-Target Spectra)→进行最小噪声分离(Minimum Noise Fraction, MNF)变换(可选)→选择目标探测方法(Select Target Detection Methods)→载入规则图像并预览检测结果(Load Rule Images and Preview)→采用滤波技术对提取的目标进行后处理(Filter Targets)→输出结果(Export Results)→查看统计结果(View Statistics and Report)。

表 1.1 全色、多光谱和高光谱图像应用于目标探测的比较

	全色图像	多光谱图像	高光谱图像
探测依据	主要通过灰度和形状进行目标探测	主要通过形状和特征谱段进行目标探测	主要依据目标与背景地物在光谱特征上存在的差异进行检测识别
探测方法	图像分割、形态学滤波、图像恢复和重建等	计算机视觉、图像分析、多波段信息融合等	光谱特征分析、光谱维变换、混合像元分解、小目标探测等
应用	主要用于足够亮(暗)或者有特殊形状的目标探测	需有大量的先验知识参与或较高的空间分辨率	由于受图像空间分辨率的限制,探测的目标在图像中往往处于亚像元级或者弱信息状态

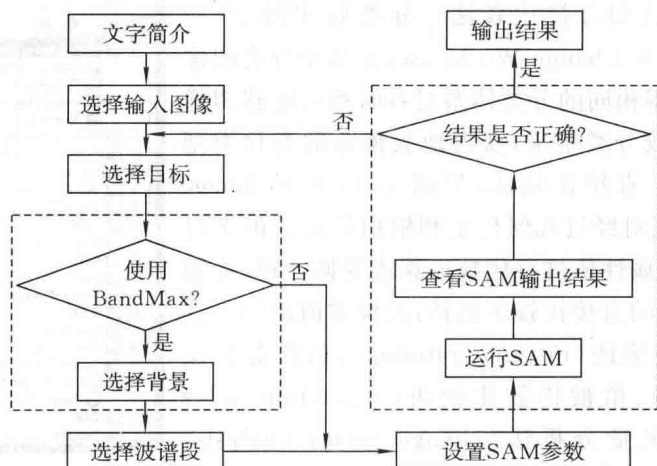


图 1.16 ENVI 中 SAM Target Finder with BandMax 工作流程

1.3 遥感数字图像处理的应用示例

遥感技术作为地球资源探测、环境监测的重要探测手段,其获取的遥感数字图像已广泛应用于测绘、土地资源、矿产资源、水利资源、林牧资源和植物病虫害杂草的调查,洪水、火灾、地震等自然灾害和环境污染监测,海洋温度、鱼群、气象等的预报,导航、交通管理、铁路选线和城市规划等方面,并显示出了巨大的优越性。

下面根据 1.2 节所述的遥感数字图像处理主要内容,依次给出相应的应用示例。

1. 采用图像预处理和分类技术进行植被制图

2011 年 Laliberte 等利用无人机搭载的 Mini MCA-6 多光谱相机采集了研究区域的对地观测序列遥感图像,通过对遥感图像进行预处理和分类,获得了该地区的植被分类图。进行图像采集的无人机系统(unmanned aircraft system, UAS)如图 1.17 所示。其中,Mini MCA-6 多光谱相机搭载在飞机前端,采集的图像数据以 8 bit 或 10 bit 的量化级数存储在 6 个闪存卡中。利用如图 1.18 所示的技术路线图,通过对获取的图像进行一系列的预处理后(包括波段配准、辐射校正、正射校正及影像镶嵌等),使用 eCognition 软件的面向对象分类方法制作得到植被分类图,见图 1.19。



图 1.17 无人机系统

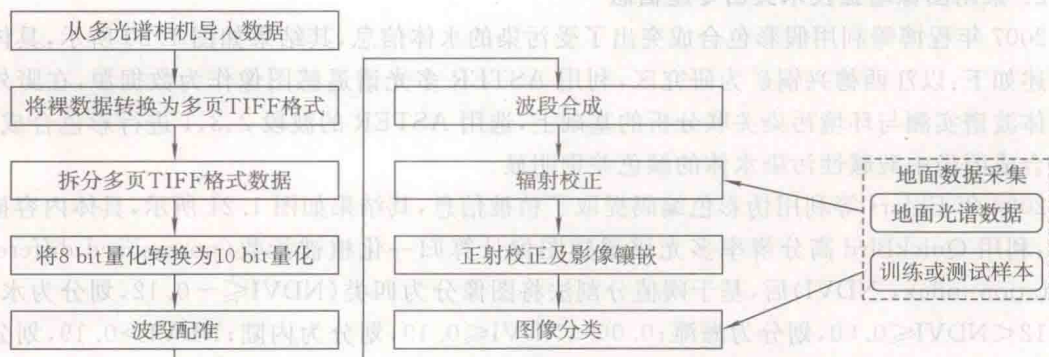


图 1.18 无人机多光谱图像处理的工作流程