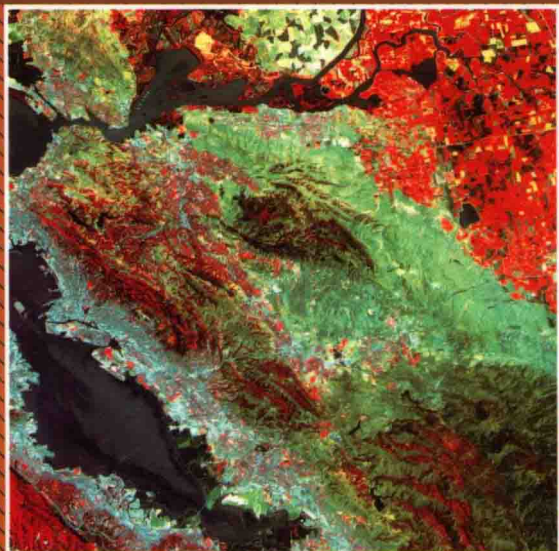


高等学校教材



武汉理工大学研究生教材建设基金资助出版

ERDAS

遥感图像处理与分析

◎ 主 编 詹云军 ◎ 副主编 袁艳斌 黄解军 崔 巍



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

高等学校教材

武汉理工大学研究生教材建设基金资助出版

湖北省矿物资源加工与环境重点实验室开放基金资助出版

ERDAS 遥感图像处理与分析

主 编 詹云军

副主编 袁艳斌 黄解军 崔巍



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书根据作者多年的遥感应用实践和遥感课程教学经验编写而成,系统地介绍了遥感数据处理软件 ERDAS IMAGINE 的基本模块与基本操作(包括数据输入/输出、AOI 编辑、数据格式转换、图像裁剪、图像镶嵌)、遥感图像的投影变换与几何校正、遥感图像增强处理、遥感图像融合处理、高光谱数据处理、无人机遥感测量、遥感图像分类、矢量数据编辑、遥感解译与制图等内容。

本书将遥感数据处理理论方法和遥感数据处理应用实践相结合,可作为遥感科学与技术、地理信息科学、测绘工程、城乡规划、地理学等专业的本科实验教材,也可以作为地图学、环境科学、环境生态学、地理信息系统、遥感信息科学等专业的研究生以及相关研究人员、应用工程技术人员的参考用书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

ERDAS 遥感图像处理与分析 / 詹云军主编. —北京:电子工业出版社, 2016.11

ISBN 978-7-121-30260-2

I. ①E… II. ①詹… III. ①遥感图像—数字图像处理—应用软件 IV. ①TP751.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 263970 号

策划编辑:袁 玺

责任编辑:郝黎明 特约编辑:张燕虹

印 刷:北京京师印务有限公司

装 订:北京京师印务有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1 092 1/16 印张:19 字数:486 千字

版 次:2016 年 11 月第 1 版

印 次:2016 年 11 月第 1 次印刷

定 价:42.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式:(010) 88254531。

前言

在众多的遥感图像处理软件中，ERDAS IMAGINE 以其强大的综合功能得到众多遥感用户的青睐，越来越多的地学类专业的高校师生和遥感信息工程技术人员成为 ERDAS IMAGINE 的应用者。

ERDAS IMAGINE 软件在 2010 年后有了较大的改版，为了方便广大 ERDAS 软件的学习者学习，我们根据多年遥感应用研究和 ERDAS 软件应用经验，在北京望神州科技有限公司的支持下，编写了《ERDAS 遥感图像处理与分析》。本书以 ERDAS IMAGINE 2015 版为基础，将遥感图像处理理论和 ERDAS 软件操作相结合，并编入 ERDAS 的一些最新功能。本书可作为遥感科学与技术、地理信息科学、测绘工程、城乡规划、地理学等专业的本科实验教材，也可以作为地图学、环境科学、环境生态学、地理信息系统、遥感信息科学等专业的研究生以及相关研究人员、应用工程技术人员的参考用书。

本书共 10 章，系统地介绍了 ERDAS 软件的基本操作、遥感图像校正和增强处理、高光谱与无人机数据处理、遥感专题制图等。第 1 章介绍遥感数据的概念、形式与特征、遥感辐射与波谱、成像原理，主要以遥感数据处理做理论铺垫；第 2 章介绍遥感数据处理软件 ERDAS IMAGINE 的基本模块和基本操作，内容包括数据输入/输出、AOI 编辑、数据格式转换、图像裁剪、图像镶嵌等；第 3 章介绍遥感图像的投影变换与几何校正，内容包括重新定义投影信息、遥感图像的投影变换、几何校正的步骤与方法、多项式几何校正等；第 4 章介绍遥感图像增强处理，内容较多，包括辐射增强处理、空间域增强处理、频率域增强处理、彩色增强处理、光谱增强处理、代数运算等；第 5 章介绍遥感图像融合处理，内容包括主成分变换融合、HIS 融合、HPF 融合、小波变换融合；第 6 章介绍高光谱数据处理，内容包括基础高光谱分析和高级高光谱分析；第 7 章介绍无人机遥感测量，内容包括无人机图像数据处理、空中三角测量、

提取 DEM、正射校正和图像镶嵌；第 8 章介绍遥感图像分类，内容包括监督分类、非监督分类、面向对象的分类和分类后处理等；第 9 章介绍矢量数据编辑，内容包括矢量菜单、矢量图层基本操作、创建与编辑矢量图层、注记的创建与编辑、建立拓扑关系、矢量图层的管理、表格数据管理、Shapefile 文件操作等；第 10 章介绍遥感解译与制图，内容包括目视解译与计算机解译、地图编制等。

本书由武汉理工大学的詹云军担任主编，由袁艳斌、黄解军、崔巍担任副主编。第 1 章由袁艳斌、邓安鑫编写，第 2 章～第 6 章由詹云军、邓安鑫、余晨、朱捷缘编写，第 7 章由詹云军、代腾达编写，第 8 章由詹云军、孟婷婷、朱捷缘编写，第 9 章由黄解军、朱捷缘编写，第 10 章由崔巍、余晨编写。全书由詹云军主持编写和统稿、校对。此外，代腾达和孟婷婷对书中实验进行了检查和测试，在此一并致以诚挚的谢意。

感谢武汉理工大学研究生教材建设基金和湖北省矿物资源加工与环境重点实验室开放基金对本书编写出版的资助。

在本书的编写过程中也得到北京望神州科技有限公司李影经理和覃梦丽工程师的支持和帮助，在此致以衷心的感谢。

本书所用的数据基本上都是 ERDAS IMAGINE 软件所带的 example 中的数据（无人机数据和面向对象的数据除外）。

本书在编写的过程中反复验证实验，数易其稿，但由于编者水平所限，书中难免出现缺点和错误，恳请读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 遥感及遥感数据	1
1.1 遥感数据的概念、形式、特征	2
1.1.1 遥感数据的概念和格式	2
1.1.2 遥感数字图像	2
1.1.3 遥感数据的特征	4
1.2 电磁辐射和地物波谱	5
1.2.1 电磁辐射与电磁波谱	5
1.2.2 地球辐射与地物波谱	5
1.2.3 大气对辐射传输的影响	7
习题与练习	7
第 2 章 ERDAS 遥感处理软件简介	8
2.1 ERDAS 软件概述	8
2.2 ERDAS 软件功能模块	10
2.3 ERDAS 可视化界面	13
2.3.1 视窗菜单与功能	15
2.3.2 快捷菜单功能	16
2.4 数据输入/输出	17
2.4.1 单波段二进制图像数据输入	18
2.4.2 组合多波段数据	19
2.5 AOI 编辑	20
2.5.1 创建 AOI 图层	20
2.5.2 使用 AOI 工具面板	22
2.5.3 定义 AOI 种子特征	25

2.5.4	保存 AOI 种子特征	26
2.6	数据格式转换	27
2.6.1	数据格式转换的目的和原理	27
2.6.2	数据格式转换的功能模块和操作流程	28
2.7	图像裁剪	29
2.7.1	规则分幅裁剪	30
2.7.2	不规则分幅裁剪	31
2.8	图像镶嵌	33
	习题与练习	42
第 3 章	遥感图像的投影变换与几何校正	44
3.1	遥感图像的投影变换	44
3.1.1	重新定义投影信息	45
3.1.2	遥感图像的投影变换	47
3.2	遥感图像的几何校正	48
3.2.1	几何校正的基本原理与步骤	48
3.2.2	多项式几何校正操作	51
	习题与练习	56
第 4 章	遥感图像增强处理	57
4.1	辐射增强处理	58
4.1.1	查找表拉伸	59
4.1.2	直方图均衡化	60
4.1.3	直方图匹配	61
4.1.4	亮度反转处理	62
4.1.5	去霾处理	64
4.1.6	去条带处理	65
4.1.7	降噪处理	66
4.2	空间域增强处理	68
4.2.1	卷积处理	68
4.2.2	平滑处理/聚焦分析	70
4.2.3	锐化增强	72
4.2.4	边缘检测	73
4.2.5	自适应滤波	75
4.2.6	统计滤波	77
4.2.7	纹理分析	78
4.3	频率域增强处理	79

4.3.1 傅里叶变换	80
4.3.2 傅里叶逆变换	83
4.3.3 低通滤波与高通滤波	84
4.3.4 掩膜处理	86
4.3.5 组合编辑	89
4.3.6 周期噪声去除	90
4.3.7 同态滤波	91
4.4 彩色增强处理	93
4.4.1 彩色合成	93
4.4.2 彩色变换	94
4.4.3 彩色逆变换	95
4.4.4 自然彩色变换	96
4.4.5 密度分割	97
4.5 光谱增强处理	100
4.5.1 主成分变换与逆变换	100
4.5.2 缨帽变换	103
4.5.3 独立分量分析	105
4.5.4 去相关拉伸	107
4.6 代数运算	108
4.6.1 算数运算	109
4.6.2 指数计算	111
习题与练习	113
第 5 章 遥感图像融合处理	114
5.1 融合处理原理及功能模块	114
5.2 分辨率融合	116
5.2.1 主成分变换融合	117
5.2.2 乘积变换融合	118
5.2.3 比值变换融合	119
5.3 改进 HIS 融合	119
5.4 HPF 融合	122
5.5 小波变换融合	124
习题与练习	125
第 6 章 高光谱数据处理	126
6.1 高光谱技术	127
6.2 基础高光谱分析	128
6.2.1 自动相对反射	128

6.2.2	自动对数残差	129
6.2.3	归一化处理	131
6.2.4	信噪比功能	132
6.2.5	光谱剖面	133
6.2.6	光谱数据库	133
6.3	高级高光谱分析	135
6.3.1	异常探测	135
6.3.2	目标探测	142
6.3.3	地物制图	144
	习题与练习	151
第 7 章	无人机遥感测量	152
7.1	LPS 工程管理器对话框	152
7.2	无人机数据处理流程	155
7.3	数据准备	156
7.3.1	相机参数	156
7.3.2	POS 与相片数据	156
7.3.3	其他数据	157
7.4	无人机图像数据处理	157
7.4.1	创建工程	157
7.4.2	导入数据创建金字塔	161
7.4.3	内定向与外方位元素导入	163
7.4.4	自动生成同名点与添加控制点	168
7.5	空中三角测量	172
7.6	提取 DEM	176
7.7	正射校正	178
7.8	图像镶嵌	181
	习题与练习	184
第 8 章	遥感图像分类	185
8.1	遥感图像分类简介	186
8.2	非监督分类	187
8.2.1	非监督分类的分类过程	188
8.2.2	非监督分类后的结果评价	190
8.3	监督分类	194
8.3.1	定义分类模板	194
8.3.2	评价分类模板	199

8.3.3	执行监督分类	206
8.3.4	评价分类结果	208
8.4	面向对象的分类	211
8.4.1	面向对象的遥感图像分类原理	211
8.4.2	面向对象的分类实例	212
8.5	分类后处理	229
8.5.1	聚类统计	229
8.5.2	过滤分析	230
8.5.3	去除分析	231
8.5.4	分类重编码	232
	习题与练习	233
第 9 章	矢量数据编辑	234
9.1	矢量数据与矢量模块概述	235
9.1.1	矢量数据	235
9.1.2	矢量模块	236
9.1.3	矢量菜单	236
9.2	矢量图层基本操作	240
9.2.1	显示矢量图层	240
9.2.2	改变矢量特性	240
9.2.3	改变矢量符号	241
9.2.4	查看要素属性	243
9.2.5	显示图层信息	245
9.3	创建与编辑矢量图层	246
9.3.1	创建、编辑矢量图层的方法	247
9.3.2	创建矢量图层子集	251
9.3.3	镶嵌多边形矢量图层	253
9.3.4	变换矢量图层	255
9.3.5	产生多边形的 Label 点	257
9.4	注记的创建与编辑	257
9.4.1	创建注记文件	259
9.4.2	设置注记要素的类型	260
9.4.3	注记要素的放置	260
9.4.4	注记要素属性编辑	261
9.4.5	添加方格网	262
9.5	建立拓扑关系	263
9.5.1	Build 矢量图层	263

9.5.2	Clean 矢量图层	264
9.6	矢量图层的管理	265
9.6.1	重命名矢量图层	265
9.6.2	复制矢量图层	266
9.6.3	删除矢量图层	266
9.6.4	导出矢量图层	267
9.7	表格数据管理	268
9.7.1	INFO 表管理	268
9.7.2	区域属性统计	275
9.7.3	属性转换为标记	277
9.8	Shapefile 文件操作	279
9.8.1	重新计算高程	279
9.8.2	投影变换操作	280
	习题与练习	282
第 10 章	遥感解译与制图	283
10.1	遥感解译的方法与步骤	284
10.1.1	目视解译	284
10.1.2	计算机解译	285
10.2	地图编制	285
10.2.1	地图编制概述	285
10.2.2	地图编制过程	286
	习题与练习	292
	参考文献	293

第 1 章

遥感及遥感数据

本章的主要内容:

- ◆ 遥感数据的概念、形式、特征
- ◆ 电磁辐射和地物波谱

遥感,顾名思义,就是遥远地感知;广义理解,泛指一切无接触的远距离探测,包括对电磁场、力场、机械波(声波、地震波)等的探测,但作为一门学科的定义缺乏严格性。国际摄影测量与遥感协会(ISPRS)对遥感的定义是:从非接触成像或其他传感器系统,通过记录、量测、分析和表达,获取地球及其环境以及其他物体和过程的可靠信息的工艺、科学和技术。狭义的遥感是指根据电磁波的理论,应用各种传感仪器对远距离目标所辐射和反射的电磁波信息,进行收集、处理,并最后成像,从而对地面各种景物进行探测和识别的一种综合技术。

遥感技术能动态地、周期地获取地表信息,遥感技术能够以低廉的价格快速提供各种遥感数字图像。遥感数字图像可以作为 GIS 数据库中的重要数据源,从中可以获取不同的专题数据,更新 GIS 数据库中的地学专题图。遥感技术广泛用于军事侦察、导弹预警、军事测绘、海洋监视和气象观测等。在民用方面,遥感技术广泛用于地球资源普查、植被分类、土地利用规划、农作物病虫害和作物产量调查、环境污染监测、海洋研制、地震监测等方面。遥感按常用的电磁谱段不同分为可见光遥感、红外遥感、多谱段遥感、紫外遥感和微波遥感。

(1) 可见光遥感:应用比较广泛的一种遥感方式。对波长为 $0.4\sim 0.7\mu\text{m}$ 的可见光的遥感一般采用感光胶片(图像遥感)或光电探测器作为感测元件。可见光摄影遥感具有较高的地面分辨率,但只能在晴朗的白昼使用。

(2) 红外遥感:又分为近红外或摄影红外遥感,波长为 $0.7\sim 1.5\mu\text{m}$,用感光胶片直接感测;中红外遥感,波长为 $1.5\sim 5.5\mu\text{m}$;远红外遥感,波长为 $5.5\sim 1000\mu\text{m}$ 。中、远红外遥感通常用于遥感物体的辐射,具有昼夜工作的能力。常用的红外遥感器是光学机械扫描仪。

(3) 多谱段遥感:利用几个不同的谱段同时对同一地物(或地区)进行遥感,从而获

得与各谱段相对应的各种信息。将不同谱段的遥感信息加以组合,可以获取更多的有关物体的信息,有利于识别和解译。常用的多谱段传感器有多谱段相机和多光谱扫描仪。

(4) 紫外遥感:对波长 $0.3\sim 0.4\mu\text{m}$ 的紫外光的主要遥感方法是紫外摄影。

(5) 微波遥感:对波长 $1\sim 1000\text{mm}$ 的电磁波(即微波)的遥感。微波遥感具有昼夜工作能力,但空间分辨率低。雷达是典型的主动微波系统,常采用合成孔径雷达作为微波遥感器。

1.1 遥感数据的概念、形式、特征

1.1.1 遥感数据的概念和格式

遥感数据就是记录了传感器所获取的地物电磁辐射信息的数值。这些辐射信息包括辐射亮度或辐射功率、波长、偏振、相位以及与具体探测单元相联系的时间和位置,但并不是每种遥感器的数据都包括这些信息。可以形式化地把遥感数据定义为这样一个数据集:

$$RD_s = \{L, \lambda, P_0, P_h, t, x, y\}$$

式中, $L, \lambda, P_0, P_h, t, x, y$ 分别表示辐射亮度或辐射功率、波长、偏振、相位、时间和位置, RD_s 表示具体传感器 S 的数据。

遥感数据的格式是指数据在存储介质上的逻辑组织形式,目前作为保存和交换用的记录介质主要是光盘和磁带。遥感数据的格式大体上可以分为以下几类。

(1) 工业标准格式:如 EOSAT、LGSOWGCCRS、LGSOWG SPIM、CEOS、HDF 等。

(2) 商用遥感软件的遥感图像格式:如 EARDAS 的 *.img、PCI 的 *.pix、ERMAPPER 的 *.ers 等。

(3) 通用图像文件格式:GeoTIFF、TIFF、JPEG 等。

各种文件格式的数据内容及其组织方式有所不同,但一般包含对遥感数据的说明性信息(如坐标范围、空间分辨率、波段数目、投影类型等)和遥感数据本身两大部分。不同文件格式之间可以通过文件转换程序进行转换。

1.1.2 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,如图 1-1 和图 1-2 所示。其中的像素值称为亮度值(或称为灰度值、DN 值)。常用的遥感图像如下所示:

Landsat/MSS、Landsat/TM、Landsat/ETM+、NOAA/AVHRR、SPOT/HRV、HRVIR、HRG、HRS、IKONOS、QuickBird、OrbView。

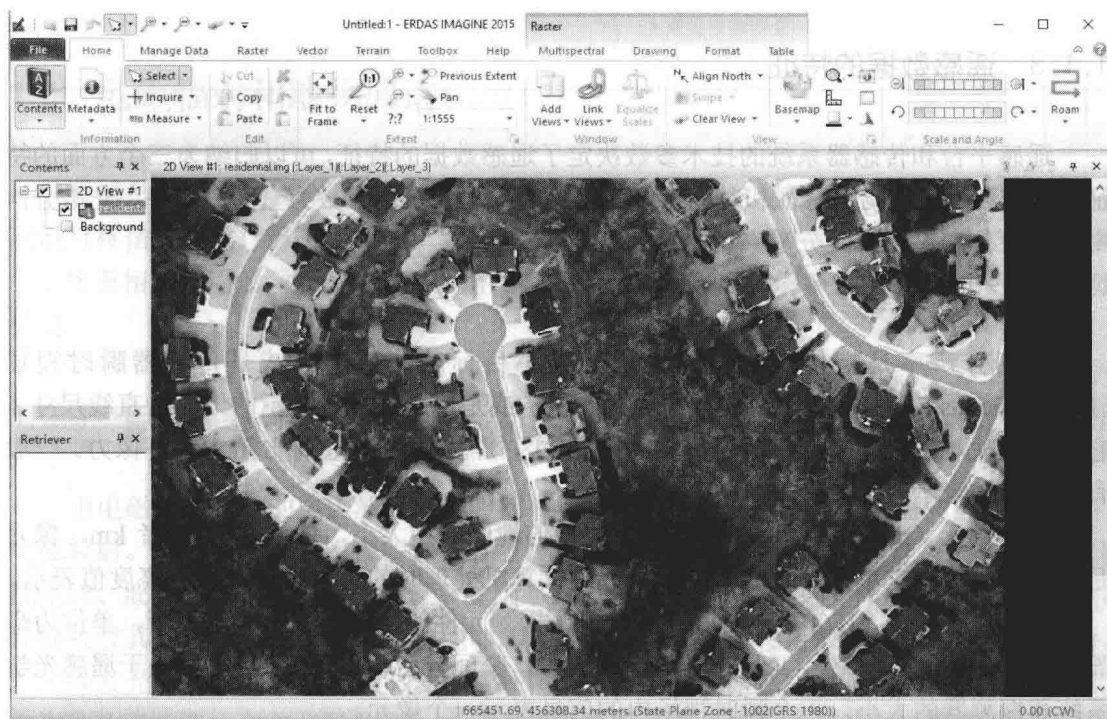


图 1-1 遥感图像

Image Metadata (residential.img)

File

Edit

View

Help

1

Layer_1

General

Projection

Histogram

Pixel data

Row	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0	78	81	86	90	84	79	88	99	100	100	101	102	105	105	92
1	80	83	90	95	89	84	90	98	99	98	98	97	99	100	89
2	81	86	94	99	95	91	93	96	97	97	95	93	92	90	84
3	86	91	98	103	101	98	96	95	96	97	92	88	85	83	80
4	91	96	102	106	106	103	99	95	96	96	90	83	80	78	76
5	95	100	104	106	107	106	102	97	97	96	89	82	81	81	80
6	100	104	105	105	106	106	104	101	99	96	88	82	83	86	83
7	104	107	105	102	104	106	106	105	101	96	88	83	86	91	87
8	106	109	105	100	102	105	108	108	103	97	89	83	89	95	90
9	109	113	110	107	109	110	110	108	103	96	89	85	91	97	93
10	110	114	114	113	114	114	112	108	102	96	90	87	92	97	93
11	105	108	108	107	110	112	113	111	104	97	92	89	90	95	105
12	99	99	98	98	102	106	110	111	105	99	93	89	91	95	96
13	93	91	89	88	89	91	96	100	99	96	92	88	89	92	97
14	87	84	82	80	77	76	82	90	93	94	90	86	86	88	93
15	79	80	82	83	78	74	82	92	96	96	88	81	81	84	86
16	73	78	84	88	83	78	86	96	100	99	88	77	78	82	86
17	73	78	83	88	86	84	87	91	98	101	92	83	84	87	87
18	75	78	83	87	90	92	89	86	94	101	96	89	90	92	85
19	76	79	82	87	97	105	96	86	91	96	90	84	88	92	92
20	77	80	82	86	102	113	101	85	86	88	84	81	86	91	94
21	81	82	82	83	95	104	92	77	79	82	71	62	76	92	95

图 1-2 遥感图像（图 1-1 显示的图像）的数字表示（只显示部分）

1.1.3 遥感数据的特征

遥感平台和传感器系统的技术参数决定了遥感数据的特征,可以归纳为三个方面的特征,即几何特征、物理特征和时间特征。这三个方面的表现参数为空间分辨率、光谱分辨率、辐射分辨率和时间分辨率。

1. 空间分辨率

空间分辨率是指传感器所能分辨的最小目标的测量值,或是传感器瞬时视场(Instantaneous Field of View)成像的地面面积,或是每个像素所表示的地面的直线尺寸。它们均反映对两个非常靠近的目标物的识别、区分能力,有时也称分辨力或解像力。一般有以下三种表示方法。

(1) 像元(pixel):指单个采样点对应的地面面积大小,单位为 m 或者 km。像元是扫描图像的基本单元,是成像过程中或用计算机处理时的基本采样点,由亮度值表示。

(2) 瞬时视场(IFOV):指遥感器内单个探测元件的受光角度或观测视野,单位为毫弧度(mrad)。IFOV 越小,最小分辨单元越小,空间分辨率越高。IFOV 取决于遥感光学系统和探测器的大小,一个瞬时视场内的信息表示一个像元。

2. 光谱分辨率

光谱分辨率是指传感器在接收目标辐射的波谱时能分辨的最小波长间隔。间隔越小,分辨率越高。传感器选择的通道数、每个通道的中心波长和带宽这三个因素共同决定光谱分辨率。

3. 辐射分辨率

辐射分辨率是指对光谱信号强弱的敏感程度、区分能力,即探测器的灵敏度——传感器感测元件在接收光谱信号时能分辨的最小辐射度差,或指对两个不同辐射源的辐射量的分辨能力。每一波段传感器接收辐射数据,记录数据的比特位数决定了对辐射数据的量化分级。例如,以 8 比特位数记录的数据,每个像元的数字值(DN)的取值范围可为 $0 \sim 255$ ($2^8=256$)。显然,记录数据采用的比特位数越高,传感器获取数据的辐射精度就越高。

4. 时间分辨率

时间分辨率指对同一地点进行遥感采样的时间间隔,即采样的时间频率,也称采访周期。时间分辨率对动态监测尤为重要,因天气预报、灾害监测等需要短周期的时间分辨率,故常以“小时”为单位;植物作物的长势估测需要以“旬”或“日”为单位;城市扩展、河道变迁、土地利用变化等多以“年”为单位。总之,根据不同的遥感目的,采用不同的时间分辨率。

1.2 电磁辐射和地物波谱

遥感是利用各种物体辐射不同波长电磁波信息的特性,通过探测目标的电磁波信息,获取目标信息,进行远距离物体识别的技术。地表目标反射、发射的电磁辐射能,经与大气、地表相互作用后,被各种传感器所接收并记录下来,成为解释目标性质和现象的原始信息。

1.2.1 电磁辐射与电磁波谱

由电磁振源产生的电磁波脱离波源而传播,这个过程或现象成为电磁波的辐射,简称电磁辐射。现代科学技术已证明, γ 射线、X射线、紫外线、可见光、红外线、微波、无线电波、低频电波等都是电磁波,只是频率或波长不同而已。任何物体都是辐射源,不仅能够吸收其他物体对它的辐射,也能够向外辐射。因此,对辐射源的认识不仅限于太阳、炉子等发光、发热的物体。能够发出紫外辐射、X射线、微波辐射等的物体也是辐射源。电磁波传递就是电磁能量的传递,电磁辐射的微观机理是带电粒子的加速运动。

当电磁辐射的能量入射到地物表面上,将会出现三种过程:(1)一部分入射能量被地物反射;(2)一部分入射能量被地物吸收,成为地物本身内能或部分再发射出来;(3)一部分入射能量被地物透射。如果一个物体对于任何波长的电磁辐射都全部吸收,则这个物体是绝对黑体。物体的温度不同或入射电磁波的波长不同,都会导致不同的吸收和反射,而绝对黑体则是吸收率 $\alpha(\lambda, T) \equiv 1$,反射率 $\rho(\lambda, T) \equiv 0$,与物体的温度或电磁波波长无关。

按电磁波在真空中传播的波长或频率,递增或递减排列,则构成了电磁波谱。由于各频段电磁波的产生方法和探测手段颇为不同,特征和应用又有明显差异,故分频段命名,以示区别。目前,遥感应用的主要波段是紫外线、可见光、红外线、微波,星级空间遥感(观测宇宙学)中还要用到 γ 和X射线等。在真空状态下,频率 f 与波长 λ 之积等于光速 c 。电磁波谱区段的界限是渐变的,一般按产生电磁波的方法或测量电磁波的方法来划分。

1.2.2 地球辐射与地物波谱

对地遥感以地球为探测对象,因此有必要了解地球的电磁辐射环境和特点。地球辐射环境中两个最重要的辐射源,即地球本身和太阳。太阳是一个近似于黑体的巨大辐射源,不仅地球的能量的绝大部分来自于太阳辐射,它也是太阳系中的主要光源和热源。太阳光谱是连续光谱,可见光波段辐射最强且最稳定。太阳辐射光谱通过大气后,各波段受大气的影

太阳辐射近似于温度为 6000K 的黑体辐射，而地球辐射则接近于温度为 300K 的黑体辐射。太阳辐射途经地球大气时，被大气的气体分子、气溶胶和云所散射、反射和吸收，之后约有 50%到达地球表面。到达地表的太阳辐射的大部分，尤其是长波辐射，被地球所吸收，被地球吸收的辐射使地表增温。按照维恩位移定律，小于 300K 的地表主要以长波辐射形式向外空间辐射而降温。当两者平衡后，地球温度就保持不变的状态，这个温度称为地球的平衡温度，为 255K。但地球表面实际平均温度为 288K，是由地球大气的温室效应所引起的。

太阳辐射主要集中在可见光和近红外波段。可见光和近红外辐射入射到地表后，一部分能量被地表吸收或以光化学反应等形式转换为地球的能量，另一部分则被地表反射出去。太阳的长波辐射主要被地表和大气吸收，以热能的形式使地表和大气增温（其中有一部分消耗于物态转换所需潜热），然后地表和大气又主要以热辐射（长波）的形式向外辐射。地球在可见光和近红外的短波发射辐射可以忽略。所以，地球无论作为太阳辐射的二次辐射还是自身作为初次辐射源，其发射辐射都以长波为主。在反射和发射之间的过渡区间，既有对太阳辐射的反射，又有自身的热辐射。

地面辐射测量的重点是地物分谱辐射量的测量及地物波谱的测量，它是遥感的重要基础工作。物体的辐射量（包括发射和反射）是波长 λ 、热力学温度 T 以及物体本身性质等多种因素的函数，我们把地物的辐射能量随波长变化而变化的函数关系称为地物波谱。不同的地物有不同的波谱。地物除了自身的发射辐射外，还要有对太阳辐射的反射、吸收和投射，相应地，地物波谱分为发射波谱、反射波谱、吸收光谱和透射波谱，一般用发射率 $\epsilon(\lambda)$ 、反射率 $\rho(\lambda)$ 、吸收率 $\alpha(\lambda)$ 、投射率 $\tau(\lambda)$ 来表示。由于遥感器一般是在地物的上方接收辐射，因而一般讨论地物的发射波谱和反射波谱。以波长为横坐标，以发射率或反射率为纵坐标做波谱的关系曲线，称为地物波谱曲线，如图 1-3 所示。一般来说，同类地物有相同或相似的波谱特征，不同地物有不同的波谱特征。类别差异越大，比如植被和水，

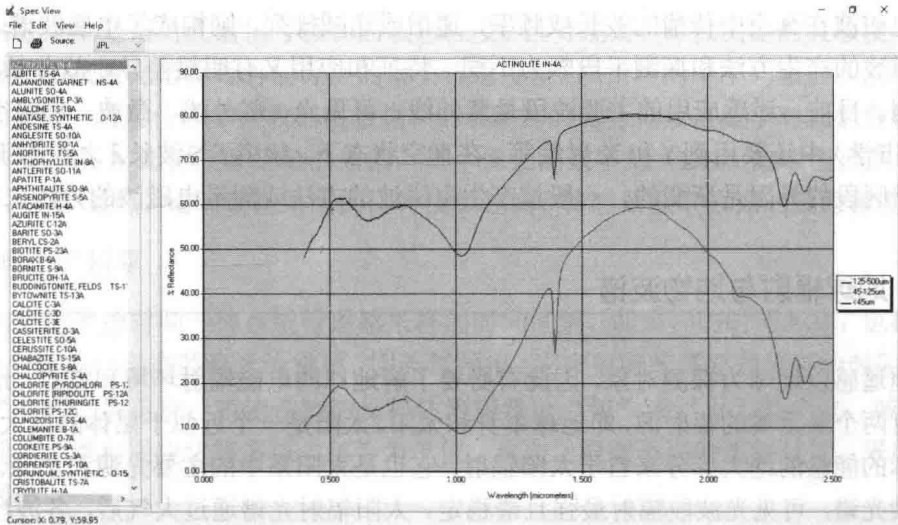


图 1-3 地物波谱曲线