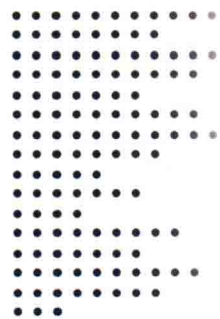
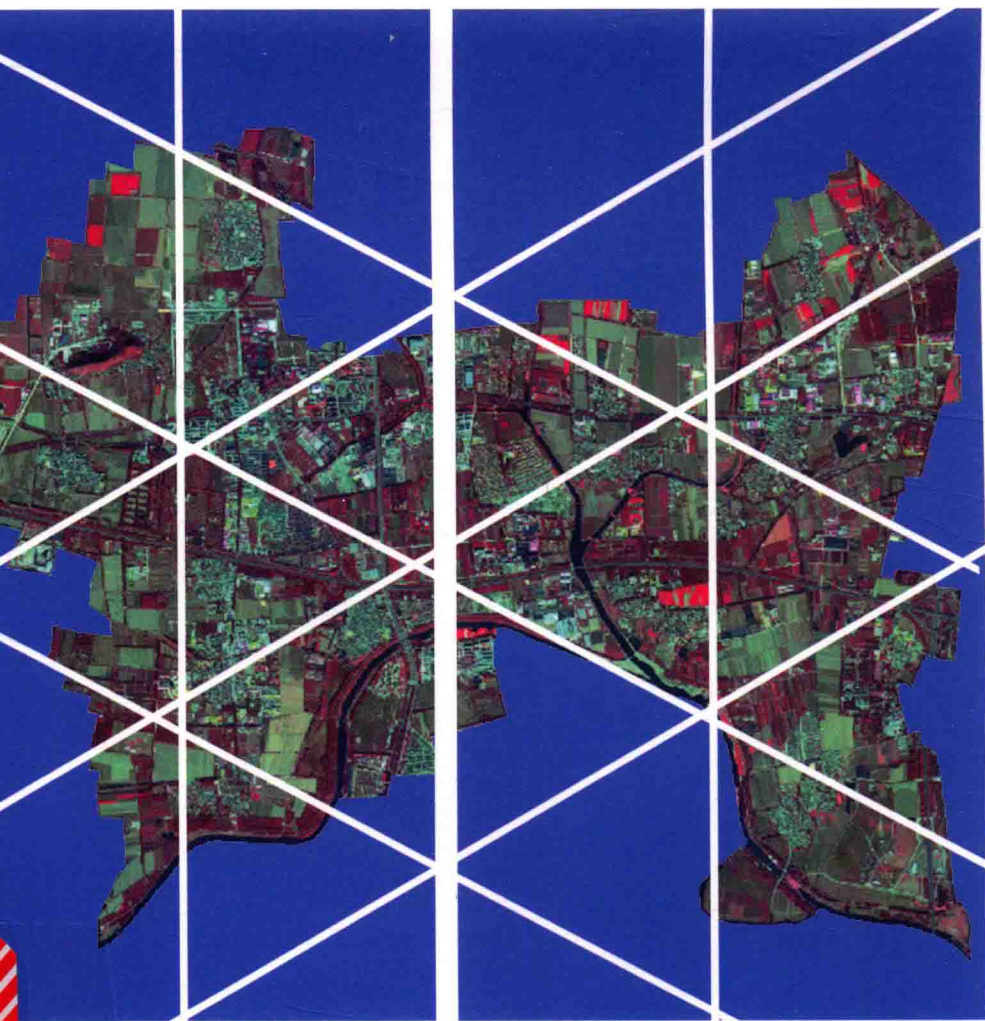




地理信息系统理论与应用丛书

遥感地学应用

◎ 明冬萍 刘美玲 编著



科学出版社

地理信息系统理论与应用丛书

遥感地学应用

明冬萍 刘美玲 编著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书作者针对遥感地学应用技术体系繁芜庞大的特点,结合地理信息及遥感相关专业多年的教学和科研实践,编写了这本教材。作为遥感地学应用高级进阶教材,本书在内容上以“不同数据源—不同信息提取手段—不同应用领域”为主线,涵盖中低空间分辨率遥感影像像元分类、高空间分辨率影像信息提取、遥感指数计算、定量遥感统计模型、定量遥感物理模型、主动式遥感三维信息获取等核心内容,在介绍原理和方法的基础上配以应用案例。本书作者将后续出版相应的《遥感地学应用实验教程》。

本书可用作地理信息科学、遥感科学与技术等相关专业本科生及研究生相关课程的教材,也可作为资源环境相关领域高年级本科生、研究生,以及广大教学科研人员的工作、学习的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

遥感地学应用/明冬萍,刘美玲编著. —北京:科学出版社,2017.9
(地理信息系统理论与应用丛书)
ISBN 978-7-03-054284-7

I. ①遥… II. ①明… ②刘… III. ①地质遥感—应用 IV. ①P627

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 212724 号

责任编辑:彭胜潮 丁传标 / 责任校对:张小霞
责任印制:肖 兴 / 封面设计:陈 敬

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2017 年 9 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2017 年 9 月第一次印刷 印张:15 1/4 插页:6

字数:346 000

定价:68.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

根据教育部高等教育发展规划的精神,以及地理信息科学专业培养教育目标,结合遥感和地理信息系统相关专业多年的教学和科研实践,编写了《遥感地学应用》及其配套的《遥感地学应用实验教程》。作为遥感地学应用高级进阶教材,本书可用作地理信息系统、遥感科学与技术等相关专业本科生、研究生,以及广大教学科研人员的工作、学习的参考资料。

本书以“不同数据源—不同信息提取手段—不同应用领域”为内容主线,介绍利用遥感数据进行空间几何信息和空间属性信息提取的基本原理、方法技术及应用。第1章介绍遥感地学应用相关概念及遥感技术发展趋势;第2章介绍传统遥感常用分析方法;第3章介绍遥感地学应用方法体系;第4章介绍中低分辨率遥感像元分类;第5章介绍高空间分辨率影像信息提取;第6章介绍遥感指数计算及应用;第7章介绍定量遥感模型及应用;第8章介绍主动式遥感三维信息获取。

在本书的编写过程中,得到了中国地质大学(北京)教务处、信息工程学院的大力支持,刘湘南教授和郑新奇教授对本书的编写提供了很多建设性意见,在此表示感谢!感谢硕士生张慧丽、张仙、冯桂香、马燕妮、陈扬洋、闫鹏飞、闫东阳、邱玉芳、宋海航、周文、逯婷婷、洪昭立、周科琦在资料收集和文稿校对过程中的帮助!

由于遥感技术体系繁芜庞大,本书难以面面俱到,但旨在从遥感技术体系认知层面,帮助学生及遥感工作者梳理遥感信息提取技术体系脉络,初步领会遥感地学应用方法与技术之道。由于编者水平有限,书中难免有不妥之处,恳请各位前辈、同行、同学批评指正!

目 录

前言

第1章 概述	1
1.1 遥感地学应用相关概念	1
1.2 遥感信息地学评价标准	2
1.2.1 遥感数据的基本属性	2
1.2.2 遥感研究对象的地学属性	4
1.2.3 遥感信息地学评价标准	6
1.3 遥感技术的发展	9
1.3.1 遥感技术经历的几个发展阶段	9
1.3.2 遥感技术发展趋势	10
参考文献	14
第2章 常用遥感分析方法	16
2.1 遥感地学相关分析法	16
2.1.1 主导因子相关分析法	17
2.1.2 多因子相关分析法	18
2.1.3 指示标志分析法	19
2.2 分层分类法	22
2.2.1 分类树的建立	22
2.2.2 分层分类法的特点	23
2.2.3 分层分类法遥感应用	23
2.3 系列制图法	25
2.3.1 遥感系列制图的基本条件	25
2.3.2 生态环境遥感综合系列制图	26
2.4 信息复合	28
2.4.1 多平台遥感信息的复合	29
2.4.2 多时相遥感信息的复合及变化检测分析法	30
2.4.3 遥感信息与非遥感信息的复合	33
参考文献	36
第3章 遥感地学应用方法体系	37
3.1 遥感地学应用及数据选择	37
3.2 遥感信息提取技术概述	39
3.2.1 遥感信息提取定义	39

3.2.2 遥感信息提取技术分类.....	40
3.3 遥感图像目视解译.....	40
3.3.1 目视解译判读标志.....	41
3.3.2 目视解译的步骤.....	46
3.4 遥感图像计算机信息提取方法体系.....	46
参考文献	50
第4章 中低空间分辨率遥感影像像元分类	52
4.1 遥感分类基本原理.....	52
4.1.1 特征空间.....	53
4.1.2 地物的光谱统计特性.....	53
4.1.3 分类原理.....	55
4.1.4 分类基本过程.....	58
4.2 遥感影像分类的波段及特征选择.....	59
4.2.1 特征介绍.....	60
4.2.2 特征选择方法.....	61
4.3 遥感影像监督分类.....	66
4.3.1 监督分类流程.....	66
4.3.2 最大似然法.....	67
4.3.3 最小距离法.....	68
4.3.4 马氏距离法.....	69
4.3.5 光谱角方法.....	70
4.4 遥感影像非监督分类.....	71
4.4.1 K-均值聚类方法	72
4.4.2 ISODATA 分类方法	73
4.5 基于知识的遥感影像分类.....	75
4.5.1 遥感分类中的知识.....	76
4.5.2 基于专家知识的决策树分类.....	77
4.5.3 专家系统分类.....	79
4.6 基于智能计算的遥感影像像元分类.....	81
4.6.1 基于人工神经网络的遥感影像像元分类.....	82
4.6.2 基于支持向量机的遥感影像像元分类.....	89
4.6.3 基于随机森林的遥感影像像元分类.....	93
4.7 典型地学应用——土地覆盖遥感监测.....	96
4.7.1 土地覆盖与土地利用	96
4.7.2 土地利用/土地覆盖分类体系	96
4.7.3 土地覆盖遥感监测流程.....	99
参考文献	102
第5章 高空间分辨率影像信息提取	105

5.1 高空间分辨率遥感卫星系统的发展.....	105
5.2 高分辨率遥感影像应用.....	108
5.2.1 高分辨率遥感应用的现状.....	108
5.2.2 高分辨率遥感应用的挑战.....	109
5.3 高分辨率遥感影像信息提取模型.....	110
5.3.1 高分辨率遥感影像特征基元.....	110
5.3.2 基于特征基元的高分辨率遥感影像分析与理解.....	111
5.3.3 基于特征基元的高分辨率遥感信息提取模型.....	113
5.4 高分辨率遥感影像信息提取关键技术.....	115
5.4.1 遥感影像分割.....	116
5.4.2 基元特征表达.....	123
5.4.3 基元模式分类.....	125
5.4.4 高分辨率遥感影像信息提取技术发展趋势.....	128
5.5 典型地学应用实例——面向对象土地覆盖遥感调查.....	130
5.5.1 面向对象分类软件——eCognition.....	130
5.5.2 多分辨率分割.....	131
5.5.3 面向对象遥感分类流程.....	136
5.5.4 面向对象分类实例.....	137
参考文献.....	141
第6章 遥感指数计算及应用.....	143
6.1 遥感指数计算概述.....	143
6.1.1 遥感指数计算模型的原理.....	143
6.1.2 遥感指数的发展及应用.....	143
6.2 遥感植被指数计算模型与应用.....	144
6.2.1 遥感植被指数计算模型.....	144
6.2.2 遥感植被指数的应用.....	150
6.3 遥感水体指数计算模型与应用.....	151
6.3.1 遥感水体指数计算模型.....	151
6.3.2 遥感水体指数的应用.....	153
6.4 遥感矿化指标计算模型与应用.....	155
6.4.1 遥感矿化指数计算模型.....	155
6.4.2 遥感矿化指数的应用.....	158
6.5 基于指数计算的多层次遥感信息提取模型.....	161
6.5.1 多层次信息提取模型.....	162
6.5.2 基于多层次信息提取模型的水体自动提取.....	162
参考文献.....	164
第7章 定量遥感模型及应用.....	167
7.1 定量遥感基本概念.....	167

7.1.1 定量遥感的定义.....	167
7.1.2 定量遥感的内容分类.....	167
7.1.3 高光谱定量遥感.....	168
7.2 遥感反演模型概述.....	169
7.2.1 遥感反演模型分类.....	169
7.2.2 遥感物理模型基础.....	170
7.3 遥感物理模型.....	171
7.3.1 辐射传输模型.....	171
7.3.2 几何光学模型.....	178
7.3.3 混合物理模型.....	179
7.4 遥感统计模型.....	180
7.4.1 遥感统计模型的基本原理.....	180
7.4.2 遥感统计模型的局限.....	181
7.5 定量遥感应用实例.....	181
7.5.1 基于热红外遥感数据的地表温度定量反演实例.....	181
7.5.2 基于随机森林的海表盐度遥感反演模型应用实例.....	186
7.6 定量遥感面临的基本问题.....	195
7.6.1 方向性问题.....	195
7.6.2 混合像元与尺度问题.....	196
7.6.3 反演策略与方法.....	197
7.6.4 遥感模型与应用模型的链接.....	198
7.6.5 定量遥感的研究发展方向.....	198
参考文献	199
第 8 章 主动式遥感三维信息获取.....	201
8.1 主动雷达遥感.....	201
8.1.1 主动雷达遥感定义.....	201
8.1.2 雷达成像原理及雷达影像特点.....	202
8.1.3 干涉雷达技术.....	208
8.1.4 基于 SAR 差分干涉技术的地表沉降监测实例.....	211
8.2 激光雷达遥感技术.....	214
8.2.1 激光雷达的概念.....	214
8.2.2 激光雷达系统工作原理.....	215
8.2.3 激光雷达测量原理.....	217
8.2.4 激光雷达数据处理流程.....	219
8.2.5 激光雷达应用.....	224
8.3 遥感三维信息获取技术发展前景.....	231
参考文献	232

第1章 概述

遥感技术是于 20 世纪 60 年代兴起并迅速发展起来的一门综合性对地观测技术。1960 年美国发射的第一颗气象卫星掀开了人类对地观测的新时代。从此,人类开始从新的视角来重新认识自己赖以生存的地球。经过 50 多年的发展,航天与航空遥感,结合探空火箭和气球遥感,构成了全球综合观测系统,遥感科学技术体系得到了长足的发展,为人类认识国土、开发资源、监测灾害、评价环境、分析全球变化等找到了新的途径(周成虎等,2009)。人类获取地球系统数据的手段和对地球系统的认知方式也发生了改变,遥感技术已成为大气、陆地、海洋等地学研究的基础支撑。

1.1 遥感地学应用相关概念

遥感(remote sensing)即“遥远的感知”,可从广义和狭义两个角度来理解(陈述彭和赵英时,1990;梅安新等,2001)。

从广义理解,遥感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。对重力、磁力的空间探测称为地球物理探测,主要应用于区域测量、地质找矿、工程测量等;对水体的声波测量,主要用于水下测量,如海洋环境探测或河道水下地形探测等;对地震波的探测,主要用于石油资源勘测。在实际工作中,我们将这些探测划分为物探(物理探测)的范畴,而只有用于电磁波谱探测或基于电磁辐射测量的对地观测范畴属于遥感。

从狭义理解,遥感是使用探测仪器,在不与探测目标相接触,从远处把目标的电磁波特性记录下来,通过进一步分析,揭示出目标物体的特征性质及其变化的综合性探测技术。

因此,综合起来遥感技术指的是在不同高度的平台上,利用各种传感器,在不直接与地球表层观测目标或现象接触下的情况下,接收来自各类目标或现象的电磁波信息,再通过信息处理、加工、分析,揭示出目标或现象的结构性质及其变化的综合性空间探测技术。

地学是以我们所生活的地球为研究对象的学科统称,通常包含地质学、地理学、海洋学、大气物理等学科。其中地理学是研究地球表面自然现象和人文现象,以及它们之间的相互关系和区域分异的学科,简单说就是研究人与地理环境关系的学科;地质学是关于地球的物质组成、内部构造、外部特征、各圈层间的相互作用和演变历史的学科和知识体系;海洋学是研究海洋中各种现象及其规律和各组成部分之间相互联系与作用的科学;大气物理学是研究大气的物理现象、物理过程及其演变规律的学科,是大气科学的一个分支^①。

^① http://baike.baidu.com/link?url=f0Ne-Cnmh9XaP4qSHmJF9z7_MOJntUBQFMq6SLbuySF1cW0_xdm8rUAezb9RoEL6xMws3Pi2JvA-UBIGQBxvma. 百度百科. 2016-02-23。

地学遥感则是以电磁波与地球表面物质相互作用为基础,探测、分析和研究地球资源与环境,揭示地球表面各要素的空间分布与时空变化规律的一门学科技术(薛重生等, 2011)。

遥感信息主要反映的是地球表层信息。由于地球系统的复杂性和开放性,地表信息是多维的、无限的,而又由于遥感信息传递过程中的信息衰减等局限性,以及遥感信息之间的复杂相关性,决定了遥感信息的不确定性和多解性。遥感应用研究的本质就是通过对遥感信息进行综合分析,建立与分析目标相应的信息流映射关系模型,从而导出地物的生物、物理属性,或进行目标识别和空间分布划分,因此遥感应用研究的基础是需要根据地学应用的目的来建立一定的遥感信息的处理和分析模型。遥感地学应用则是指以地学规律为基础,通过建模,从简单到复杂地分析图像,从少到多地利用图像,从遥感数据中获取需要的信息,来复原、反演并揭示地表甚至地球内部各种现象、格局和过程的规律,并最终服务于地学问题的解决。

1.2 遥感信息地学评价标准

遥感地学评价是在深入分析遥感数据基本属性(多平台、多波段、多时相),并透彻了解遥感研究对象的地学属性(空间分布、波谱反射与辐射特征及时相变化),以及由于时间、地理位置变化而引起的光谱响应的变化(即光谱响应的时相效应与空间效应)的基础上,把这些信息与遥感信息本身的物理属性(空间分辨率、波谱分辨率、时间分辨率)对应起来,从而获得较好的分析结果。因此,在介绍遥感数据地学评价指标之前,先简单介绍一下遥感数据的基本属性和遥感研究对象的地学属性。

1.2.1 遥感数据的基本属性

遥感技术的发展、采集手段的多样性,以及观测条件的可控性等,确保了遥感信息的多源性,包括多平台、多波段、多时相、多视场、多极化、多角度等,这里重点介绍遥感信息的三种基本属性:多平台、多波段和多时相。

1. 多平台

遥感平台是用来安置各种传感器的运载工具,使传感器从一定高度或距离对地面目标进行探测。现代遥感平台种类多样,距地距离、观测范围、运行速度、图像分辨率、应用目的等也不尽相同,构成了对地球表面观测的立体观测系统。现代常用遥感平台类型及其特点和应用目的见表 1.1。

2. 多波段

遥感应用的电磁波谱范围主要是紫外线 UV ($0.3 \sim 0.38 \mu\text{m}$)—可见光 VIS ($0.38 \sim 0.74 \mu\text{m}$)—近红外 NIR ($0.74 \sim 1.3 \mu\text{m}$)—短波红外 SWIR ($1.3 \sim 3 \mu\text{m}$)—中红外 MIR ($3 \sim 6 \mu\text{m}$)—远红外 FIR ($6 \sim 15 \mu\text{m}$)—微波 MW (1mm 至 1m)。其中紫外—远红外 ($0.3 \sim 15 \mu\text{m}$) 为光学波段。不同波长的电磁波与物质的相互作用有很大差异,即物体在不同

波段的光谱特征差异很大，因此研制出不同的传感器，利用多种不同的波谱通道来采集信息，如图 1.1 所示。

表 1.1 遥感平台类型和特点（陈述彭和赵英时，1990）

	遥感平台	高度/km	分辨率/m	应用目的
航天遥感	宇宙飞船	250~900		宇宙探测
	轨道卫星	气象卫星	1000~4000	地球观测、天气分析、降水径流估算、雪被及全球性研究
		800~1600		
		陆地卫星	10~80	地球观测、地质构造、资源清查、环境监测等
		海洋卫星	25~1000	海温、海流、海冰、海水污染等
	航天飞机	250	20~40	资源环境与调查、侦察
	探测火箭	资源火箭	100000~150000	资源环境与调查、侦察
		气象火箭		气象、环境调查
航空遥感	气球	漂浮气球	10~15	资源环境与调查、侦察
		系留气球	1~10	资源环境与调查、侦察
	航空飞机	高空飞机	1~4	资源环境与调查、航测
		中空飞机	0.5~1	资源环境与调查、航测
		低空飞机	0.1~0.5	资源环境与调查、航测
近地面遥感	高塔	0.03~0.5		定点观测、波谱测试、机制分析
	遥感车	0.01~0.03		波谱测试、机制分析、仪器标定、胶片检验
	近地面观测	0.0015		实况调查、胶片检验、波谱测试

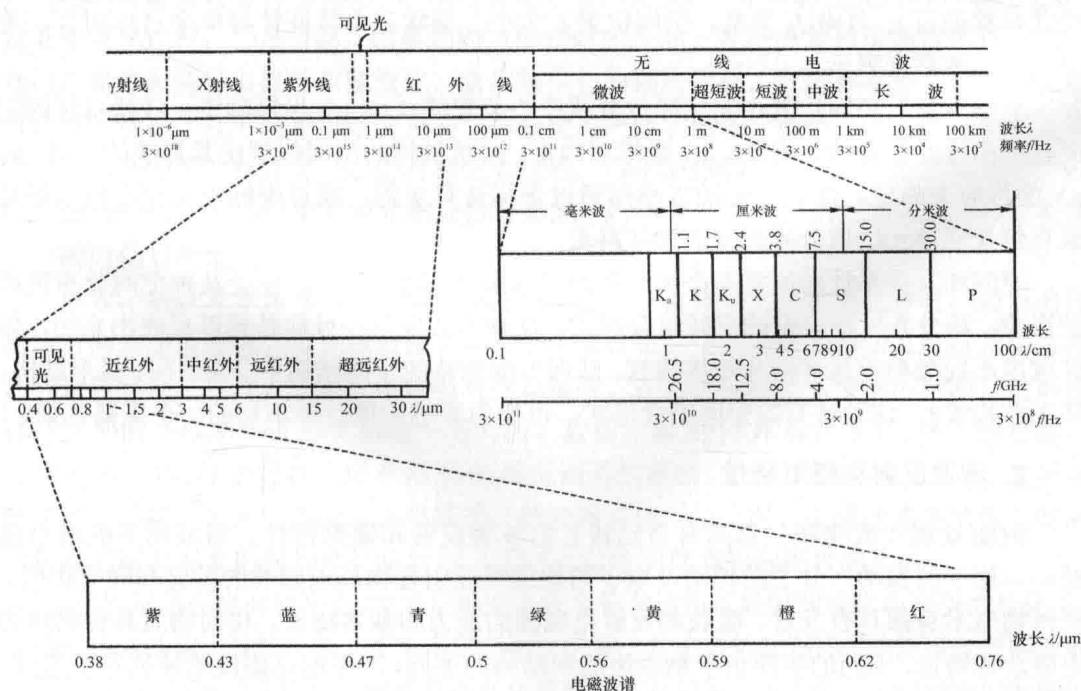


图 1.1 遥感系统的电磁波谱范围

3. 多时相

遥感探测器按照一定的时间周期重复采集数据,即可以按固定周期实现对地球重复覆盖。因此,可以得到同一区域不同时间的数据。这种属性可以用于地表演变、遥感监测等动态分析。由于遥感平台的高度、运行周期、轨道间隔、轨道倾角、视场角等参数多样性,所以重复观测的时间周期也各不相同,如陆地卫星每隔 9~18 天重复采集数据,气象卫星每隔 0.5~2 小时重复采集数据等。

以上构成了遥感信息多源性的主要方面,而多源性属性决定了遥感信息的三个物理属性,即空间分辨率、光谱分辨率和时间分辨率。这三个物理属性是度量和描述遥感数据信息的标准,也就是遥感信息地学评价的标准。

1.2.2 遥感研究对象的地学属性

在遥感应用研究中,以上三个遥感基本属性对应到遥感研究对象中,也存在着三个基本地学属性,即空间分布、波谱反射和辐射特征、时相变化。这是一切自然界地物存在的基本特性(陈述彭和赵英时,1990)。

1. 空间分布

自然界中所有地学研究对象,均具有一定的空间分布特征。按照其空间分布的平面形态,地面对象可分为以下三类:面状、线状和点状。研究对象的空间分布特征可根据以下几方面来确定:①空间位置;②大小(对于面状目标而言);③形状(对于面状或线状目标而言);④相互关系。空间位置、大小、形状三个特征针对单个目标而言,可以用一些数据来表示。

点状目标的空间位置由其实际位置或中心位置的 (x, y) 坐标确定;线状目标的空间位置由线性形迹的一组 (x, y) 坐标对确定;面状目标的空间位置由其界线的一组 (x, y) 坐标对来确定。面状目标的大小可通过坐标计算求得。通过坐标也可相应地求得反映自然景观单元区域分异程度的形状参数。

空间相互关系针对的是某个区域地面目标集合。地面目标往往受某种空间分布规律的影响,该分布呈现一定的空间组合形式,这种形式仅单一目标是难以反映出来的,如区域内不同类型地质体的有规律排列,从而形成独特的空间结构(线性结构、弧形结构、环形结构等)。这种特有的空间组合形式,可作为遥感影像目标识别的一个重要依据。

2. 波谱反射和辐射特性

地面景观(或物质)都具有自己特有的波谱反射和辐射特性。组成物质的最小微粒——原子的振动、分子的转动及电子的能级跃迁引起物质电磁波的发射和吸收作用。任何物质本身都具有发射、吸收和反射电磁波的能力和基本特征。相同物质具有相同的电磁波谱特征,不同的物质由于物质组成和结构的不同,产生的电磁波谱特征存在差异,如图 1.2 所示。因此,可以根据传感器接收到的电磁波谱特征的差异来识别不同的地物,这是遥感的理论基础,也是遥感的基本出发点。

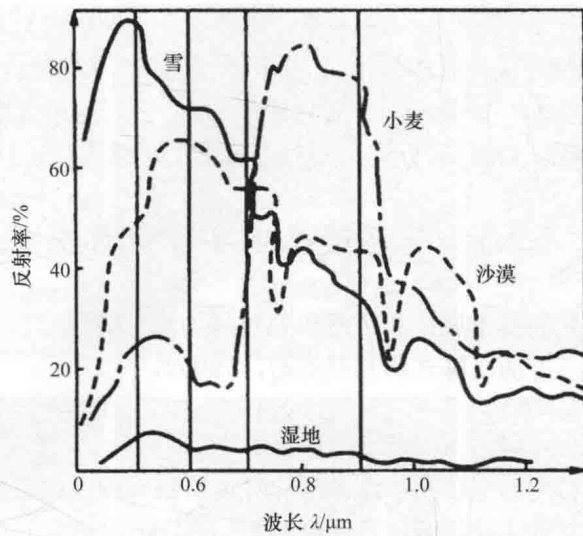


图 1.2 不同物质的反射率

地物波谱特征的研究, 不仅能为传感器的研制、频道的选择提供直接的科学依据, 还能为在具体应用中选择合适的波段, 在遥感影像处理中建立影像分析的定量标准来有效提取专题信息, 甚至为成像机理分析提供重要依据。因此, 系统地测定地物波谱及相关特征的研究是遥感重要的基础研究之一。

3. 时相变化

地面对象都具有时相变化, 时相包含两方面的含义: 一是自然变化过程, 即其发生、发展和演化过程; 二是节律, 即事物的发展在时间序列上表现出某种周期性重复变化的规律, 如每天的日出日落节律变化, 农作物生长周期的变化。自然界对象或现象都具有节律这一特征, 且不同对象或现象的节律长短不一致。但是, 每个遥感研究对象都是处于一定时态中的, 都具有一定的时相变化过程。由于遥感影像记录信息是瞬间记录, 因此在使用遥感影像进行相关研究和分析时必须考虑研究对象本身所处的时态, 不能超越一个瞬时信息所能反映的范围。

例如, 统计北京市密云区 2013~2015 年植被覆盖情况, 在数据选择时, 必须选择相应时间的遥感影像。首先植被覆盖率的统计需在植被生长茂盛的季节, 此时是植被统计的最佳时期。其次, 涉及三年的植被变化情况, 在考虑植被生长情况的同时, 最好选择同时期的 (日期相近的或相隔一两天的) 数据, 如 2013 年选择 6 月 15 日的日期, 2014 年和 2015 年最好也选择 6 月 15 日前后两天的数据。这样能减少统计误差, 使统计结果更加精确。因此, 使用遥感影像进行植被覆盖情况统计时, 必须使遥感数据的时间分辨率与研究对象的时相变化相对应, 否则难以达到预期的应用目的。

此外, 遥感研究时相变化, 主要反映在地物目标光谱特征随时间变化而产生的变化上, 如同一个地区的同一作物, 由于处于不同的生长时期, 其光谱特征不同, 这就是光谱响应的时间效应。可通过动态监测了解该光谱变化过程 and 变化范围, 从而充分认识地物的时间变化特征及光谱特征的时间效应, 来确定识别目标的最佳时间, 提高识别地物目标的能力。

以上分析说明,若要正确判读遥感数据,必须深入了解研究对象的地质属性(空间分布、波谱反射与辐射特征及时相变化),以及由于时间、地理位置变化而引起的光谱响应变化(即光谱响应的时间效应与空间效应),并把它们与遥感影像本身的物理属性(空间分辨率、光谱分辨率和时间分辨率)对应起来,才能获得较好的分析结果。

1.2.3 遥感信息地学评价标准

基于以上遥感数据的基本属性和遥感研究对象的地质属性分析,构建出遥感信息地学评价标准包括以下三方面(陈述彭和赵英时,1990)。

1. 空间分辨率

空间分辨率又可称地面分辨率,前者是针对传感器或图像而言,指图像上能够详细区分的最小单元的尺寸或大小;后者是针对地面而言,指可识别的最小地面距离或最小目标物的大小。

空间分辨率具有三种表示方法。

(1) 像元(pixels):指瞬时视域内所对应的地面面积,如图1.3所示,即一个像元所对应的地面面积的大小,单位为m。例如,GF-1 PMS相机可以获取2m的全色黑白图像,一个像元相当于地面2m×2m的范围,简称空间分辨率2m。像元是扫描影像的基本单元,是成像过程中或用计算机处理时的基本采样点。

(2) 线对数(line pairs):是对于摄影系统而言,影像最小单元的确定通过1mm间隔内包含的线对数,单位为线对/毫米。所谓线对指一对同等大小的明暗条纹或规则间隔的明暗条纹对。

(3) 瞬时视场(IFOV):指传感器内单个探测元件的受光角度或测试视野,单位为毫弧度(mrad)。一个瞬时视场内的信息,表示一个像元;瞬时视场越小,得到的光通量越小,最小可分辨单元(可分像素)越小,空间分辨率越高。

需要注意的是,在遥感地学应用中,不同的自然现象有不同的最佳观测距离和尺度,并不一定是距离越近越好,观测越细微越好。

2. 波谱分辨率

波谱分辨率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。波谱分辨率决定了传感器所选用的波段数目、波段波长位置、波段宽度。波段的波长范围越小,波段越多,波谱分辨率越高,专题研究的针对性越强,对物体的识别精度越高,遥感应用分析的效果也就越好。

如图1.4所示,陆地卫星多波段扫描仪(MSS)和专题制图仪(TM),在可见光范围内,MSS 3个波段的波谱范围均为0.1 μm ;TM1~3波段的波谱范围分别是0.07 μm 、0.08 μm 和0.06 μm 。后者波谱分辨率高于前者。MSS共有4~5个波段;TM共分7个波段,也说明后者波谱分辨率高于前者。因地物波谱反射或辐射电磁波能量的差别,最终反映在遥感影像的灰度差异上,故波谱分辨率也反映区分不同灰度等级的能力。例如,

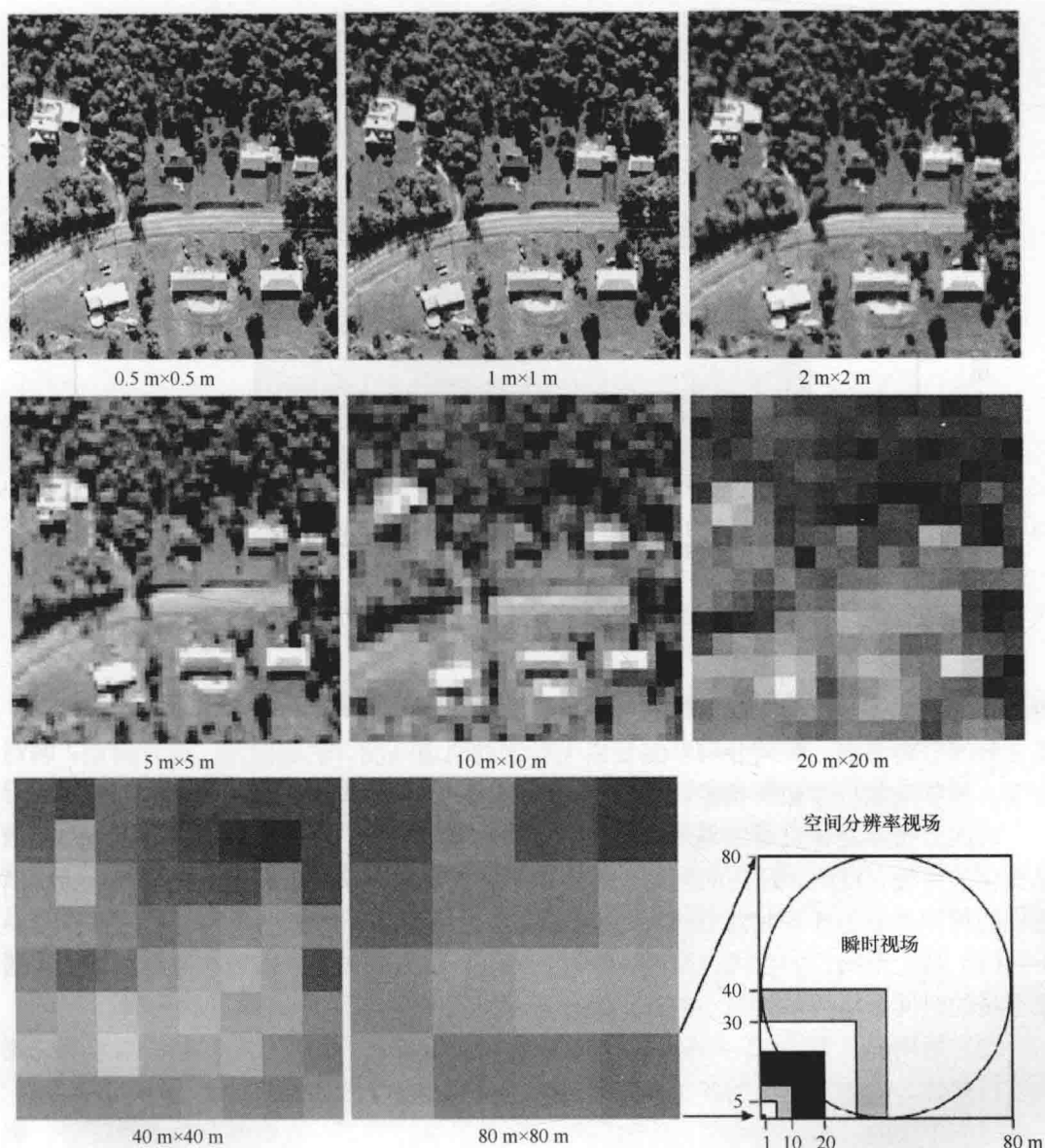


图 1.3 不同空间分辨率的遥感影像 (显示比例 65%)

MSS 多波段扫描仪在可见光的 3 个波段能区分 128 级, 而第 4 波段 (波长范围 $0.3\mu\text{m}$) 只能区分 64 级, 可见光波段波谱分辨率比近红外波段高。

波谱分辨率是评价遥感传感器探测能力和遥感信息容量的重要指标之一。提高波谱分辨率, 有利于选择最佳波段或波段组合来获取有效的遥感信息, 提高判读效果。但对扫描型传感器来说, 波谱分辨率的提高不仅取决于探测器性能的改善, 还受空间分辨率的制约。

3. 时间分辨率

时间分辨率是指遥感影像成像间隔时间的一项性能指标, 指对同一地点进行重复覆

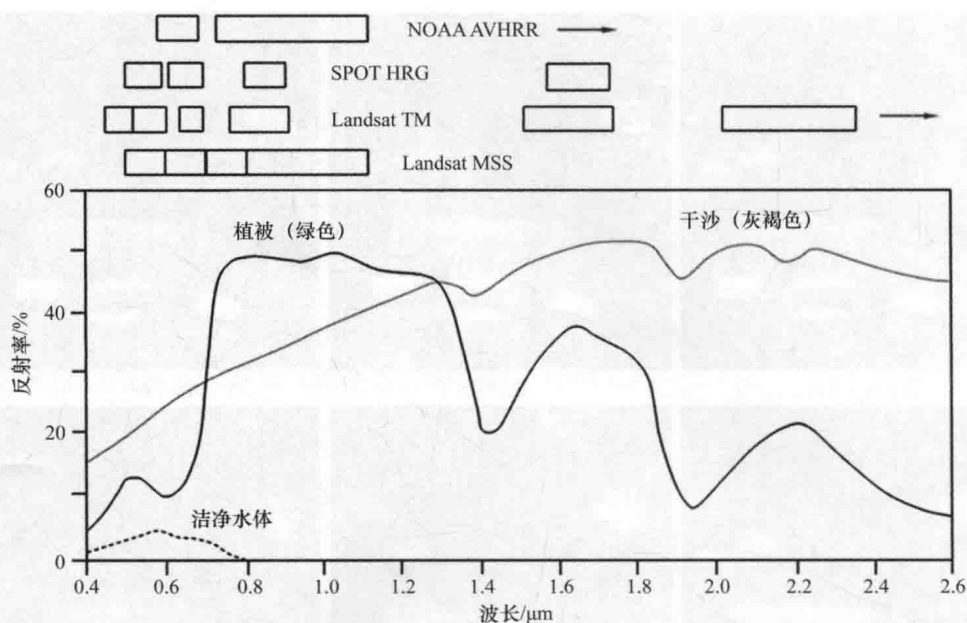


图 1.4 不同传感器的波谱分辨率

盖采样的时间间隔,即采样的时间频率,也称重访周期。时间间隔大,时间分辨率低,反之时间分辨率高。时间分辨率主要由飞行器的轨道高度、轨道倾角、运行周期、轨道间隔、偏移系数等参数所决定。

时间分辨率是评价遥感系统动态监测能力的重要指标。根据地球资源与环境动态信息变化的快慢,可选择适当的时间分辨率范围。按研究对象的自然历史演变和社会生产过程的周期划分为 5 种时间分辨率类型。

(1) 超短期的,如台风、寒潮、海况、渔情、城市热岛等,需以小时计。例如,气象卫星的时间分辨率多是以小时计,地球静止卫星更是实现了实时的信息获取。

(2) 短期的,如洪水、冰凌、旱涝、森林火灾或虫害、作物长势、绿被指数等,要求以日数计。例如,常见的各种高空间分辨率商用卫星的重访周期一般为 3~7 天。

(3) 中期的,如土地利用、作物估产、生物量统计等,一般需要以月或季度计。例如,各种地球资源卫星的重访周期一般为 15~30 天。

(4) 长期的,如水土保持、自然保护、冰川进退、湖泊消长、海岸变迁、沙化与绿化等,则以年计。

(5) 超长期的,如新构造运动、火山喷发等地质现象,可长达数十年以上。

目前的对地观测遥感卫星的时间分辨率主要体现为以上 (1)~(3) 三种类型。而从地学研究的角度来讲,目前的遥感卫星因其较高的时间分辨率能充分获得长周期的遥感观测数据,则完全能满足那些长期或者超长期的地学过程问题的研究需要。例如,城市扩张是一个长期的动态变化过程,利用时间分辨率 20 天左右的 Landsat 卫星影像可以很细致地展示其长期的城市演变过程。图 1.5 (彩图 1.5) 显示了美国拉斯维加斯从 1984~2001 年的城市扩张过程。

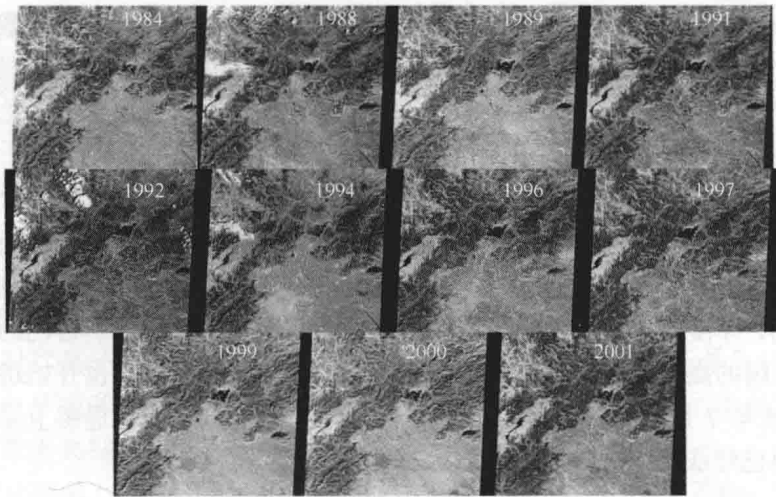


图 1.5 美国拉斯维加斯城市扩张过程 (1984~2001 年, Landsat 影像)

1.3 遥感技术的发展

最早使用“遥感”一词的是美国海军研究局的艾弗林·普鲁伊特 (Evelyn L. Pruitt, 1960)。1961 年,在美国国家科学院 (National Academy of Sciences) 和国家研究理事会 (Nation Research Council) 的资助下,密歇根大学 (University of Michigan) 的威罗·兰 (Willow Run) 实验室召开了“环境遥感国际讨论会”之后,在世界范围内遥感作为一门新兴的独立学科,获得了飞速的发展。但是,自从 17 世纪人类成功发明望远镜至今,遥感学科的技术积累和酝酿却经历了几百年的历史和发展阶段 (梅安新等, 2001), 遥感数据获取技术也呈现出“三高”和“三多”的趋势。

1.3.1 遥感技术经历的几个发展阶段

1608 年,人类发明望远镜之后,就开始了无记录的遥感阶段。自 1839 年开始,遥感技术开始使用气球、风筝与鸽子,到后来的飞机等常规的航空摄影平台获取航摄影片,这些航空影片只能获取可见光部分的混合信息,所获取的资料为全色黑白影片和天然彩色航摄影片。此阶段被称为遥感技术的萌芽阶段。

1931 年,红外航空胶片试验成功,首次获取了目标物的不可见信息,20 世纪 60 年代,多光谱摄影被用于航空勘测上,标志着遥感数据获取进入非常规航空摄影阶段,即航空遥感阶段。与常规航空摄影相比,其获取的目标物信息,或者为不可见光的,或者是同一目标的多波段信息的。第二次世界大战期间,德国与美国已开始试验性应用非摄影方式遥感,50 年代以来,以热红外扫描、多光谱扫描和机载侧视雷达技术等为主要代表的非摄影方式成像系统,进行了大量的理论研究和实验。到了 60 年代,它们以崭新的面貌正式的加入遥感技术系统中,成为遥感技术发展中的一个重要的里程碑。