



21世纪高等院校教材·地理信息系统教学丛书



遥感数字图像处理

汤国安 张友顺 刘咏梅
谢元礼 杨 昕 刘爱利 编著



科学出版社
www.sciencep.com

内 容 简 介

本书根据遥感教学经验、科研成果及国内外数字遥感图像处理技术的最新发展编著而成。全书共分8章,讲述了遥感数字图像处理的数学基础,遥感数字图像的几何矫正、辐射校正、增强处理的基本原理、方法、作业流程,并介绍了遥感数字图像的计算机分类、分析的技术方法,以及当前流行的遥感数字图像处理软件的基本功能。

本书是地理学科 GIS 专业和遥感专业本科生的教材,也可供相关专业的大专院校师生和科研技术人员参考、阅读。

图书在版编目(CIP)数据

遥感数字图像处理/汤国安等编著. —北京:科学出版社,2004

(21世纪高等院校教材·地理信息系统教学丛书)

ISBN 7-03-012631-9

I. 遥… II. 汤… 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(2003)第 120921 号

策划编辑:杨 红/文案编辑:姚 晖 彭 斌/责任校对:宋玲玲

责任印制:安春生/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>

双青印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2004年3月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2004年3月第一次印刷 印张: 18

印数: 1—4 000 字数: 336 000

定价: 27.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

《地理信息系统教学丛书》编委会

顾	问	陈述彭	王家耀	孙九林	李小文	李德仁
		承继成	高俊	童庆禧	廖克	
主	编	闫国年				
副	主	王桥	汤国安	盛业华	黄家柱	
委	员	(按姓氏笔画排序)				
		王桥	王卫国	王建平	王庆	王铁成
		文斌	韦玉春	石富兰	兰小机	龙毅
		孙在宏	孙毅中	刘剋	刘二年	刘晓艳
		刘基余	毕硕本	乔延春	任建武	汤国安
		张宏	张之沧	张书亮	张亦含	张海涛
		陈洋	陈昕	陈踊	陈锁忠	李云梅
		李硕	李斌	李秀梅	李旭文	李安波
		宋亚超	严荣华	杨旭	杨一鹏	杨建军
		何建邦	吴长彬	吴平生	沈陈华	苏乐平
		周卫	周晟	林琿	林振山	郑在洲
		闫国年	钟金宁	唐卫	陶陶	徐敏
		徐秀华	袁丁	盛业华	常本春	黄家柱
		龚敏霞	温永宁	蒋海琴	缪瀚深	潘莹

序

南京师范大学地理科学学院发起并组织编著地理信息系统专业系列教材,奋斗三载,先后问世,这是我国第一套全面阐述地理信息系统理论、方法、技术和应用的教科书。对于地理学科的现代化,信息科学新型人才的培训,对于落实科教兴国战略,深化教学改革来说,都是值得庆贺的。

据中国科学院地学部调查(2002),全国综合性大学共有 150 个地理学科机构,在地学领域中居首位,而地理信息系统专业脱颖而出,发展最快。世纪之初,已设置专业的学校有 70 多个,仅江苏省内就有 12 个。这是经济发展、社会进步的客观需求。面对全社会数字化的浪潮,“数字地球”、数字化城市、省区与流域,百舸争流。地理信息系统作为人口、资源与环境问题的公共平台;作为国家推动信息化,实现现代化的重要组成部分,正在与电子政务、电子商务信息系统相融合,愈来愈显示它跨行业、多功能的优势,不断开拓新的应用领域。一些涉及地理分布现象的数据采集、时空分析,涉及城市或区域规划、管理与决策的过程,都喜欢用上地理信息系统这种新的技术手段,来提高办公自动化的水平,提高企业科学管理的效率和透明度,加强面对国际市场的开放力度和竞争能力。近 20 年来,全国范围从事地理信息系统的事业、企业单位,迅猛增长,已超过 400 个,而且方兴未艾,与时俱进。

中国科学院地学部地学教育研究组在咨询报告(2002)中指出:“随着社会和科技的发展,地学的内涵、性质和社会功能也在变化。这在最近 20 年中尤为明显:遥感、信息技术和各种实时观测、分析技术的发展,使地球科学进入了覆盖全球、穿越圈层,即地球系统科学的新阶段,从局部现象的描述,推进到行星范围的推理探索,获得了全球性和系统性的信息。”这就是说,从学科的本质及其自身发展的规律来看,地理信息系统不仅仅是技术,而且是科学,是发展地球系统科学不可缺少的部分。

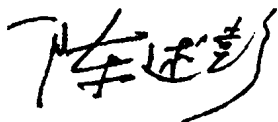
地理信息系统其所以一枝独秀,并非偶然!主要是由于它本身具备着多样化的社会功能。社会信息化的主要内容包括三个方面:一是信息基础设施的建设,地理信息系统正是地图测绘的数字化产品,同时又是兼收并容遥感、定位系统的缓冲区,起着调节网络信息流的作用。二是产业结构调整,地理信息系统起着润滑剂的作用,以信息流调控物流、能流和人流,以信息化促进现代化。三是信息服务,地理信息系统是电子政务、电子商务信息系统不可分割

的组成部分。在航天事业、电信网络和电脑技术日新月异的新世纪,地理信息系统如虎添翼,广泛地渗透到各行各业之中,提供无微不至的信息服务。

地理信息系统教材的编著,前人多以综论形式出版。例如,英文教材先后有 Taylor D. R. (1991), Autenucci J. C. et al. (1991), M. D. I. Goodchild (1991), Fisher M. M. (1993), Murai Shuji (1996), D. Rhind (2000); 中文教材先后有黄杏元、汤勤(1989), 边馥苓(1996), 陈述彭、鲁学军、周成虎(1999), 龚健雅(1999), 邬伦(1999), 闫国年、吴平生、周晓波(1999), 李德仁、关泽群(2000), 马蔼乃(2000), 王家耀(2001)等。这些教材对地理信息系统的科学与哲学性质,及其与邻近学科的相互关系,均有精辟论述。地理信息系统应用专论方面,城市:曹桂发等(1991), 宋小冬、叶嘉安(1995), 宫鹏(1996), 陈述彭(1999), 张新长等(2001); 林业:李芝喜、孙俊平(2000); 农业:王人潮(1999)。这些专著密切结合相关行业和中国特色,有所发挥。现在,闫国年教授等主持编著的地理信息系统专业系列教材,是在前人的工作基础上,博采众家之所长,继往开来,推陈出新,拓展为系列教材。基础是扎实的,时机是成熟的。

这套系列教材的编写,紧密结合地理信息系统专业的课程设置。在理论方面,又推出了一部新作,从哲学的高度来探讨地理信息系统中的虚拟时空。系列教材的重点侧重于方法、技术。总结了数据集成、知识发现的最新进展;率先推出数据共享、虚拟环境与网络三部分,反映地理信息系统的生长点。在应用方面,主要是结合作者们近年参与建设项目的实践,加以总结和提高,是来自生产第一线的“新知”。目前已涉及到土地与水资源管理、城市规划、环境保护以及设备设施管理与房产管理等等,今后随着应用领域的拓展,还会有旅游、物流等地理信息系统教材相继问世。

同学们可以根据课程设置计划,循序渐进,在理论方面广泛涉猎,解放思想,开阔眼界。在方法、技术方面,配合辅导教材和实习大纲,刻苦钻研,掌握关键技术,学以致用。在应用方面结合个人志趣、专长与就业需求,选修其中一、二门,理清不同行业的应用特点,举一反三。系列教材是面向整个专业的,并不要求每位同学都把全部教材囫圇吞枣下去,食而不化。编写系列教材,正是为同学们提供了更加宽阔的学习园地,更加宽松的学习环境。祝福同学们健康成长,时刻准备着,与时俱进,开拓创新,为祖国信息化和现代化多做贡献。



中国科学院院士

2003 新年

前 言

遥感是 20 世纪末发展起来的新兴学科,遥感技术的发展,揭开了人类从外层空间观测地球、探索宇宙空间的序幕,为我们认识国土、开发资源、研究环境、分析全球变化找到了新的途径。遥感数字图像处理是计算机数字图像处理技术与遥感图像分析技术结合而形成的一门新兴技术科学。遥感数字图像处理技术的出现,从根本上改变了传统遥感图像的处理方式与识别方式,为遥感技术系统的完善,实现对地物高效、快速识别以及多源信息的数字化融合处理创造了良好的条件。

目前,地理信息系统专业成为我国高等院校中发展最快的专业之一,作为该专业学生必学的基础课程,《遥感数字图像处理》一书的编撰,广泛地吸取了近年来最新的科研成果,吸取了国内外现有教材的优点,力求在教学内容的选择、编排、表达等方面有新的突破,便于学生有效地掌握遥感数字图像处理的基本理论、基本方法与基本技能,同时,也为与其他相关课程学习的衔接创造了条件。

全书共分 8 章,第一章叙述遥感数字图像处理的基本概念与学科发展的状况;第二章介绍与遥感数字图像处理有关的数学基础;第三章讲解遥感数字图像几何处理方法;第四章阐述遥感数字图像的辐射纠正;第五章、第六章分别讲述遥感数字图像的增强处理与自动分类;第七章探讨了遥感数字图像的一般分析方法、地形分析方法与空间建模方法;第八章对几个常用的遥感数字图像软件作了概要介绍。

本书的编撰,得到国内外诸多专家与同行的帮助与支持;张茜、宋佳、房亮、陈盼盼等研究生也参与了本书的部分编写工作,在此一并表示衷心的感谢。

由于作者水平和时间所限,书中不足之处在所难免,敬请读者批评指正。

汤国安
2004 年元月

目 录

序

前言

第一章 绪论	1
1.1 遥感数字图像	1
1.1.1 图像与遥感数字图像的概念	1
1.1.2 遥感图像的获取	3
1.1.3 遥感图像的数字化的	4
1.1.4 遥感数字图像的基本特点与类型	5
1.1.5 多波段遥感数字图像的数据格式	7
1.2 遥感数字图像处理的基本概念	9
1.2.1 遥感数字图像处理	9
1.2.2 遥感数字图像处理的内容	9
1.2.3 遥感数字图像处理的特点	11
1.2.4 遥感数字图像处理的应用	12
1.3 遥感数字图像处理系统	13
1.3.1 遥感数字图像处理的硬件系统	13
1.3.2 遥感数字图像处理的软件系统	15
1.3.3 几种遥感数字图像处理系统介绍	15
1.4 遥感数字图像处理的发展及与其他学科的关系	17
1.4.1 遥感数字图像处理技术的发展	17
1.4.2 遥感数字图像处理与其他学科的关系	18
第二章 遥感数字图像处理的数学基础	21
2.1 向量与矩阵	21
2.1.1 n 维向量	21
2.1.2 向量的线性相关性	23
2.1.3 矩阵的概念	25
2.1.4 矩阵的运算	26
2.1.5 矩阵的求逆	29
2.1.6 特征值和特征向量	31
2.1.7 矩阵的迹与直积	32

2.2 随机变量及其分布	32
2.2.1 随机变量	32
2.2.2 数学期望	35
2.2.3 方差	36
2.2.4 协方差和相关系数	37
2.2.5 协方差矩阵	38
2.3 常用函数的介绍	39
2.3.1 矩形函数	40
2.3.2 阶跃函数	40
2.3.3 三角函数	41
2.3.4 δ 函数	41
2.3.5 梳状函数	42
2.3.6 高斯函数	42
2.3.7 sinc 函数	43
2.4 傅里叶变换	43
2.4.1 傅里叶级数	44
2.4.2 傅里叶积分	45
2.4.3 傅里叶变换	47
2.4.4 傅里叶变换的基本性质	50
2.4.5 离散函数的傅里叶变换(DFT)	51
2.4.6 快速傅里叶变换(FFT)	51
2.5 卷积与相关函数	52
2.5.1 一维卷积的定义	52
2.5.2 一维卷积的运算	53
2.5.3 一维卷积的性质	55
2.5.4 卷积定理	56
2.5.5 二维卷积	57
2.5.6 相关函数	57
第三章 遥感数字图像的几何处理	60
3.1 遥感数字图像几何处理概述	60
3.1.1 遥感图像的几何变形误差的影响因素	60
3.1.2 遥感数字影像几何纠正的一般过程	66
3.2 中心投影构像的几何纠正	71
3.2.1 中心投影构像原理	71
3.2.2 空间直角变换	73

3.2.3 中心投影构像方程	76
3.2.4 中心投影的数字正射纠正	77
3.3 多中心投影数字图像几何纠正	81
3.3.1 CCD 直线阵列推扫式传感器的构像方程	81
3.3.2 全景摄影机的构像原理与构像方程	83
3.3.3 红外和多光谱扫描仪的构像原理与构像方程	86
3.3.4 多中心投影构像的几何纠正	88
3.4 侧视雷达图像的几何纠正	96
3.4.1 侧视雷达图像的几何特点	96
3.4.2 合成孔径侧视雷达(SAR)的构像方程	97
3.4.3 合成孔径侧视雷达图像的几何处理	100
第四章 遥感图像的辐射校正	104
4.1 辐射校正概述	104
4.1.1 辐射校正的含义	104
4.1.2 辐射传输方程	104
4.1.3 辐射误差产生的原因	104
4.1.4 辐射校正的目的	107
4.2 辐射误差校正的原理与方法	107
4.2.1 因传感器的灵敏度特性引起的辐射误差校正	107
4.2.2 因大气影响引起的辐射误差校正	109
4.2.3 因太阳辐射引起的辐射误差校正	113
4.2.4 其他辐射误差校正	115
4.3 合成孔径侧视雷达(SAR)数据的辐射校正处理技术	117
4.3.1 SAR 辐射校正的含义与辐射误差源	117
4.3.2 SAR 辐射误差校正方法	118
4.4 遥感卫星辐射校正场概述	119
4.4.1 辐射校正场的国外发展概况	119
4.4.2 建立辐射校正场的目的	120
4.4.3 传感器辐射校正的基本原理与方法	121
4.4.4 我国的辐射校正场	122
第五章 遥感数字图像增强处理	124
5.1 辐射增强	125
5.1.1 直方图	125
5.1.2 线性变换	128
5.1.3 非线性变换	129

5.1.4 其他非线性变换	130
5.2 空间增强	137
5.2.1 邻域处理	137
5.2.2 卷积运算	138
5.2.3 平滑	139
5.2.4 锐化	142
5.3 频率域增强	148
5.3.1 快速傅里叶变换	148
5.3.2 频率域平滑	149
5.3.3 频率域锐化	151
5.3.4 同态滤波	153
5.4 彩色增强	154
5.4.1 伪彩色增强	154
5.4.2 假彩色增强	155
5.4.3 彩色变换	156
5.5 图像运算	158
5.5.1 加法运算	158
5.5.2 差值运算	158
5.5.3 比值运算	159
5.5.4 植被指数	160
5.5.5 图像复合	162
5.6 多光谱增强	163
5.6.1 多光谱空间	163
5.6.2 K-L变换	164
5.6.3 K-T变换	167
第六章 遥感图像的计算机分类	170
6.1 遥感图像的计算机分类的一般原理	170
6.1.1 概述	170
6.1.2 计算机分类的基本原理	173
6.1.3 计算机分类处理的一般过程	174
6.2 判别函数	176
6.2.1 距离判别函数	176
6.2.2 最大似然法判别函数	178
6.3 非监督分类	181
6.3.1 初始类别参数的选定	182

6.3.2	ISODATA 法	185
6.3.3	K-Mean 算法	187
6.3.4	应用举例	188
6.4	监督分类	189
6.4.1	训练区的选择	189
6.4.2	判别分析分类	190
6.4.3	检验	193
6.4.4	应用实例	195
6.5	光谱特征分类中的辅助处理技术	199
6.5.1	上下文分析方法	199
6.5.2	基于地形信息的计算机分类处理	202
6.5.3	辅以纹理特征的光谱特征分类法	203
6.6	计算机分类新方法	204
6.6.1	神经网络分类器	205
6.6.2	基于小波神经网络遥感图像分类	207
6.6.3	模糊聚类法	210
6.6.4	树分类器	211
6.6.5	专家系统方法的应用	213
6.7	雷达遥感图像分类新方法	214
第七章	遥感数字图像分析方法	219
7.1	一般分析方法	219
7.1.1	邻域分析	219
7.1.2	查找分析	221
7.1.3	指标分析	224
7.1.4	叠加分析	226
7.1.5	归纳分析	227
7.1.6	分类后处理的四种分析	229
7.1.7	总结	235
7.2	地形分析方法	235
7.2.1	坡度分析	235
7.2.2	坡向分析	236
7.2.3	高程分带	238
7.2.4	地形阴影	239
7.2.5	地形校正处理	241
7.2.6	栅格等高线	243

7.2.7 基于 ERDAS 和 ArcView 相同地形分析的对比分析与讨论	244
7.3 空间建模与实践	248
7.3.1 空间建模工具的组成	248
7.3.2 图形模型的基本类型	249
7.3.3 图形模型的形成过程	249
7.3.4 模型生成器	251
7.3.5 模型生成器工具面板	251
7.3.6 空间建模操作过程	252
第八章 遥感数字图像处理软件简介	259
8.1 ERDAS 遥感图像处理软件	259
8.1.1 ERDAS IMAGINE 软件概述	259
8.1.2 ERDAS IMAGINE 的启动和退出	262
8.1.3 ERDAS IMAGINE 系统简介	263
8.1.4 ERDAS IMAGINE 主要功能简介	264
8.2 其他遥感图像处理软件	268
8.2.1 GeoImager 遥感图像处理软件	268
8.2.2 PCI 遥感图像处理软件	270
8.2.3 Imagexuite RS 遥感影像处理软件	271
参考文献	273

第一章 绪 论

遥感作为采集地球数据及其变化信息的重要技术手段,在世界范围内的许多政府部门、科研单位和公司得到了广泛的应用。但是,遥感学科的技术积累和酝酿却经历了几百年的历史。

1608年,汉斯·李波尔赛制造了世界上第一架望远镜,开辟了远距离观测的先河。1839年,达盖尔第一次成功地把拍摄到的事物形象记录在胶片上。第一次世界大战期间,航空摄影成了军事侦察的重要手段,第二次世界大战期间及其以后,人们对航空遥感的方法及其理论进行了总结,为航空遥感奠定了基础。1957年10月4日,原苏联第一颗人造地球卫星的发射成功,标志着人类从空间观测地球和探索宇宙奥秘进入了一个新的纪元。

目前,遥感平台、传感器、遥感信息的处理、遥感应用都得到了长足的发展,特别是在遥感信息处理的全数字化、可视化、智能化和网络化方面有了很大的变化和 innovation,但是,仍不能满足广大用户的要求。日益丰富的遥感信息(光谱的、空间结构的)还没有被充分挖掘和处理。遥感信息的处理,特别是遥感数字图像的处理,已成为遥感技术研究的核心问题之一。

1.1 遥感数字图像

1.1.1 图像与遥感数字图像的概念

图像(image)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。

从人眼的视觉特点上可将图像分为可见图像和不可见图像。可见图像有图片、照片,用线条画的图和画,用透镜、光栅和全息技术产生的各种光图像。不可见图像包括不可见光成像(如紫外线、红外线、微波成像)和不可见量(如温度、压力、人口密度等)分布图。

根据波段的多少,图像可以分为单波段、多波段和超波段图像。单波段图像在每个点只有一个亮度值;多波段(也称多光谱)图像上每一个点不只一个特性,例如在彩色图像上,每个点具有红、绿、蓝三个亮度值,这三个值表示在不同光波段上的强度,人眼看来就是不同的颜色;超波段图像上每个点具有几十甚至几百个特性,它已超出人眼的分辨能力。

按图像的明暗程度和空间坐标的连续性划分,图像可分为数字图像和模拟图

像。数字图像是指被计算机存储、处理和使用的图像,是一种空间坐标和灰度均不连续的、用离散数学表示的图像,它属于不可见图像。模拟图像(又称光学图像)是指空间坐标和明暗程度都连续变化的、计算机无法直接处理的图像,它属于可见图像。

随着计算机技术的发展,模拟图像与数字图像可以实施转换,把模拟图像变成数字图像称为模/数转换,记作 A/D 转换;把数字图像变成模拟图像称为数/模转换,记作 D/A 转换。

遥感数字图像(digital image)是指以数字形式表述的遥感影像。遥感数字图像最基本的单位是像素。像素是遥感成像过程的采样点,或者是在 A/D 转换中的取样点,它也是计算机图像处理的最小单元。每个像素具有其空间位置特征和属性特征。

像素的空间位置用离散的 X 值和 Y 值表示。一幅遥感图像可以表示为一个矩阵,若 X 方向有 N 个像素(样点), Y 方向有 M 个像素(样点),则成为有 MN 个像素的矩阵函数,可以表示为

$$f(X, Y) = \begin{cases} f(0,0), f(0,1), f(0,2), \dots, f(0, N-1) \\ f(1,0), f(1,1), f(1,2), \dots, f(1, N-1) \\ f(2,0), f(2,1), f(2,2), \dots, f(2, N-1) \\ \vdots \\ f(M-1,0), f(M-1,1), f(M-1,2), \dots, f(M-1, N-1) \end{cases}$$

式中: M 表示行数; N 表示列数。

M 、 N 为正整数,矩阵中的每一个元素代表遥感数字图像的像素,其大小相当于模拟图像分割取样的最小单元 ΔX 、 ΔY 。

遥感数字图像像素的属性特征常用亮度值来表示,在不同图像上(不同波段、不同时期、不同种类的图像),相同地点的亮度值可能是不同的,这是因为地物反射或发射电磁波的不同和受大气电磁辐射影响而造成的。遥感数字图像亮度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 A/D 转换,成为绝对辐射亮度值 R 。为了便于应用, R 又被转换为能够表征地物的辐射亮度的相对值 V_0 。两者的关系可表示为

$$R = V \cdot (R_{\max} - R_{\min}) / D_{\max} + R_{\min} \tag{1.1}$$

式中: R_{\max} 为探测器可检测到的最大辐射亮度值; R_{\min} 为探测器可检测到的最小辐射亮度值; D_{\max} 为级数; R 为辐射亮度值,单位 $\text{mW}/(\text{cm}^2 \cdot \text{sr})$; V 为像素表征的地物辐射亮度的相对值。

1.1.2 遥感图像的获取

目前遥感数字图像的获取,根据遥感传感器基本构造和成像原理不同,大致可以分为摄影成像、扫描成像和雷达成像三类。

1. 摄影成像

摄影成像是根据卤化银物质在光照下会发生分解这一机制,将卤化银物质均匀地涂布在片基上,制成感光胶片。摄影时,通过镜头将地面物质反射或发射的电磁波聚焦成像在感光胶片上,俗称曝光。曝光后的感光胶片形成潜像,经摄影处理(显影、定影)后显示出影像来。观察一幅黑白摄影图像,其黑白程度是由摄影处理过程中金属银聚集密度大小决定的。密度越大,影像越黑;密度越小,影像越白。黑和白的变化与地物反射或发射电磁波强弱有密切关系,而且其变化是逐渐过渡的。这种图像是典型的遥感模拟图像。

2. 扫描成像

扫描成像是扫描类遥感传感器逐点逐行地以时序方式获取的二维图像。它有两种主要形式:一是对地面地物直接扫描成像,这类仪器有红外扫描仪、多光谱扫描仪、成像光谱仪、自旋和步进式成像仪及多频段频谱仪等;二是瞬间在像面上先形成一条线图像,甚至是一幅二维影像,然后对影像进行扫描成像,这类仪器有线阵列 CCD 扫帚式扫描仪、电视摄像机等。扫描成像的基本原理是,通过探测器将扫描获得的地物电磁波辐射转变成电能,再由处理器对电能信号(视频信号)进行放大、变换、校正、编辑等处理记录在胶片上或记录在磁带(或光盘)上。要把视频信号记录在胶片上,须经电光变换线路来调制一些发光器件,如辉光管、氖灯、阴极射线管、电视显像管等。这时发光器件上的光信号强度与视频信号强度相应,当胶片曝光时,数据被记录下来,形成遥感模拟图像。要把视频信号记录在磁带上或光盘上,需用磁带机或光盘机。如要求记录的信号为数字形式,则必须将视频信号数字化,一般使用模/数变换器,对连续的模拟信号进行采样、量化和编码,变成离散的数字信号,形成记录在磁带(或光盘)上的遥感数字图像。

3. 雷达成像

雷达成像是由发射机向侧面发射一束窄脉冲,地物反射的微波脉冲(又称回波),由无线收集后,被接收机接收。由于地面各点到飞机的距离不同,接收机收到的信号先后不同,并依序记录,而信号的强度与窄脉冲带内各种地物的特性、形状和坡向等有关。接收机接收到的信号经电子处理器的处理,在阴极射线管上形成一条相应窄脉冲带内各种地物反射特征的图像线,记录在胶片上。遥感平台向前

飞行时,不断地向侧面发射一束一束窄脉冲,在阴极射线管上形成一个一个图像线,这时胶片与遥感平台速度同步转动,就得到由回波信号强弱表示的雷达图像。记录在胶片上的图像属于遥感模拟图像。

1.1.3 遥感图像的数字化的

通过摄影、扫描和雷达等传感器获得的地面地物信息,记录在胶片上得到的图像,都属于遥感模拟图像。要获得遥感数字图像,必须利用数字化扫描仪或数码相机等设备,把一幅模拟图像送入计算机转换成遥感数字图像,即变成计算机能处理的形式。这一转换过程称作图像的数字化的。

如图 1.1 所示,图像数字化的过程就是把一幅遥感模拟图像分割成一个个小区域(像元或像素),并将各小区域灰度用整数表示。

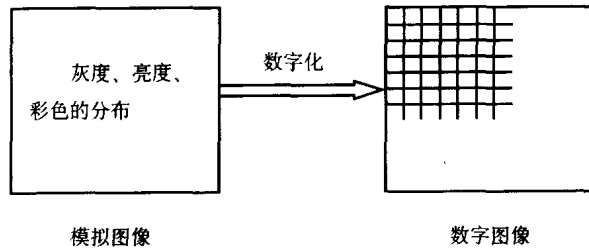


图 1.1 图像数字化

图像数字化包括采样和量化两个过程。

1. 采样

将空间上连续的图像变换成离散点的操作称为采样。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,所得图像像素数越少,空间分辨率低,图像质量差,严重时出现像素呈块状国际棋盘效应;采样间隔小,图像分辨率高,质量好,但数据量大。例如,在水平方向和垂直方向上分别以 1/100cm 间距作为采样间隔,其分辨率即为 0.1mm。

空间采样可以将模拟遥感图像具有的连续灰度(或色彩)信息转换为每行有 N 个像素每列有 M 个像素的遥感数字图像。采样孔径的形状和大小与采样方式有关,采样孔径有圆形、方形等。

2. 量化

遥感模拟图像经离散采样后,可得到由 $M \times N$ 个像素点组合表示的图像,但

其灰度(或彩色)仍是连续的,还不能用计算机处理。它们还要进一步离散并归并到各个区间,分别用有限个整数来表示,这称之为量化。一幅遥感数字图像中不同灰度值的个数称灰度级,用 G 表示。若一幅数字图像的量化灰度级数 $G = 2^8$ 级,灰度取值范围一般是 $0 \sim 256$ 的整数。由于用 8bit 就能表示灰度图像像素的灰度值,因此,常称 8bit 量化。彩色图像可采用 24bit 量化,分别分给红、绿、蓝三原色 8bit,每个颜色层面数据为 $0 \sim 255$ 级。

像素灰度级只有 2^1 级的图像称为二值图像。通常取 0 为白色,1 为黑色。

遥感模拟图像数字化前需要决定影像大小(行数 M 、列数 N)和灰度级的取值。一般在数字图像处理中,使这些量化为 2 的整数幂,即 $M = 2^m$, $N = 2^n$, $G = 2^g$ 。这样存储一幅大小为 $M \times N$,灰度级为 G 的图像,所需的存储空间或称图像的数据量为

$$M \times N \times G \quad (\text{bit}) \quad (1.2)$$

1.1.4 遥感数字图像的基本特点与类型

1. 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,而数字图像的行数 M 、列数 N 和灰度级取值 G 都采用了 2 的整数幂,因此,与光学图像处理方式相比,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。由于遥感图像是用二进制表示的,因此,在获取、传输和分发过程中,不会因长期储存而损失信息,也不会因多次传输和复制而产生图像失真。

(3)图像抽象性强。尽管不同类别的遥感数字图像有不同的视觉效果,对应不同的物理背景,但由于它们都采用了数字形式表示,便于建立分析模型、进行计算机解译和运用遥感图像专家处理系统。

(4)图像保存方便。遥感数字图像一般存储在计算机上,也可用计算机兼用磁带、磁盘、光盘存储。存储形式多样,保存、携带方便。还可利用网络技术发送各地,供有关单位使用。

2. 遥感数字图像的类型

遥感数字图像以二维数组表示。在数组中,每一个元素代表一个像素,像素的坐标位置隐含,由这个元素在数组中的行列位置所决定。元素的值表示传感器探测到像素对应地面面积上目标物的电磁辐射强度。

(1)遥感数字图像按灰度值可分为二值数字图像和多值数字图像两个类型。