



全国测绘地理信息职业教育教学指导委员会“十三五”推荐教材

摄影测量与遥感技术

SHEYINGCELIANG YU YAOGANJISHU

■ 主编 赵红



武汉理工大学出版社

全国测绘地理信息职业教育教学指导委员会“十三五”推荐教材

摄影测量与遥感技术

主 编 赵 红
副主编 张 军 李 玲 周小莉
陈 帅 王冬梅

武汉理工大学出版社

· 武 汉 ·

内 容 提 要

本书共分 12 个项目,围绕“如何从摄影测量与遥感影像中提取基础空间信息,并对这些信息进行处理和应用”的主题,阐述了相关的理论和方法。项目 1“绪论”主要介绍摄影测量与遥感的定义与任务,回顾摄影测量与遥感的发展历史和影像信息科学的形成;项目 2 至项目 5 讲述摄影测量的基本原理;项目 6 至项目 8 介绍如何制作数字高程模型和正射影像,以及如何进行航摄像片的判读、调绘和像片控制测量;项目 9 至项目 11 介绍遥感数据的获取,遥感影像的成像原理、几何处理与影像解译方法;项目 12 介绍遥感技术的应用。

本书既可作为高职高专院校测绘类相关专业的教材,也可以作为其他相关专业师生的学习参考书。

图书在版编目(CIP)数据

摄影测量与遥感技术/赵红主编. —武汉:武汉理工大学出版社,2016.3

ISBN 978-7-5629-5014-1

I. ①摄… II. ①赵… III. ①摄影测量-基本知识 ②遥感技术-基本知识 IV. ①P23
②TP7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 240240 号

项目负责人:汪浪涛

责任编辑:张明华

责任校对:梁雪姣

封面设计:牛力

出版发行:武汉理工大学出版社

地 址:武汉市洪山区珞狮路 122 号

邮 编:430070

网 址:<http://www.wutp.com.cn>

经 销:各地新华书店

印 刷:崇阳文昌印务股份有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:13.25

字 数:339 千字

版 次:2016 年 3 月第 1 版

印 次:2016 年 3 月第 1 次印刷

印 数:1~3000 册

定 价:28.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。

本社购书热线:027-87515778 87515848 87785758 87165708(传真)

· 版权所有,盗版必究 ·

全国测绘地理信息职业教育教学指导委员会

“十三五”推荐教材

编审委员会

顾问:赵文亮 黄声享

主任:李生平 陈传胜 田高

副主任:(不分先后顺序)

牛志宏	王晓春	冯大福	刘仁钊	吴迪
李泽	李风贤	李井永	李占宏	李孟山
张东明	张晓东	张福荣	杨旭江	杨晓平
郑毅	陈琳	赵红	赵雪云	高见
高小六	唐保华			

委员:(不分先后顺序)

王芳	邓军	孔令惠	牛志宏	王超
王晓春	王朝林	王新鹏	王福增	左美蓉
冯大福	孙垚	孙茂存	刘飞	刘仁钊
江新清	吴迪	李井永	李风贤	李占宏
张本平	张玉堂	张晓东	张桂蓉	张福荣
张慧慧	邹娟茹	杨木生	杨旭江	杨晓平
周波	赵凤阳	赵淑湘	胡良柏	郝亚东
高见	高小六	高永芹	翁丰惠	唐保华
谢爱萍				

秘书长:汪浪涛

出版说明

教材建设是教育教学工作的重要组成部分,高质量的教材是培养高质量人才的基本保证。高职高专教材作为体现高职教育特色的知识载体和教学的基本条件,是教学的基本依据,是学校课程最具体的形式,直接关系到高职教育能否为一线岗位培养符合要求的高技术应用型人才。

伴随着国家建设的大力推进,高职高专测绘类专业近几年呈现出旺盛的发展势头,开办学校越来越多,毕业生就业率也在高职高专各专业中名列前茅。然而,由于测绘类专业是近些年才发展壮大的,也由于开办这个专业需要很多的人力和设备资金投入,因此很多学校的办学实力和办学条件尚需提高,专业的教材建设问题尤为突出,主要表现在:缺少符合高职特色的“对口”教材;教材内容存在不足;教材内容陈旧,不适应知识经济和现代高新技术发展需要;教学新形式、新技术、新方法研究运用不够;专业教材配套的实践教材严重不足;各门课程所使用的教材自成体系,缺乏沟通与衔接;教材内容与职业资格证书制度缺乏衔接等。

武汉理工大学出版社在全国测绘地理信息职业教育教学指导委员会的指导和帮助下,对全国三十多所开办测绘类专业的高职院校和多个测绘类企事业单位进行了调研,组织了近二十所开办测绘类专业的高职院校的骨干教师对高职测绘类专业的教材体系进行了深入系统的研究,编写出了一套既符合现代测绘专业发展方向,又适应高职教育能力目标培养的专业教材,以满足高职应用型高级技术人才的培养需求。

这套测绘类教材既是我社“十三五”重点规划教材,也是全国测绘地理信息职业教育教学指导委员会“十三五”推荐教材,希望本套教材的出版能对该类专业的发展作出一点贡献。

武汉理工大学出版社

2012.2

前 言

为适应 21 世纪职业技术教育发展需要,培养测绘行业具备摄影测量与遥感理论知识和技能的应用型高等技术人才,特编写了本书。

本书内容共分 12 个项目,围绕“如何从摄影测量与遥感影像中提取基础空间信息,并对这些信息进行处理和应用”的主题,阐述了相关的理论和方法。项目 1 “绪论”主要介绍摄影测量与遥感的定义与任务,回顾摄影测量与遥感的发展历史和影像信息科学的形成;项目 2 至项目 5 讲述摄影测量的基本原理;项目 6 至项目 8 介绍如何制作数字高程模型和正射影像,以及如何进行航摄像片的判读、调绘和像片控制测量;项目 9 至项目 11 介绍遥感数据的获取,遥感影像的成像原理、几何处理与影像解译方法;项目 12 介绍遥感技术的应用。

本书既可作为高职高专院校测绘类相关专业的教材,也可以作为其他相关专业师生的学习参考书。

本书由浙江水利水电学院赵红教授担任主编,甘肃工业职业技术学院张军老师、重庆工程职业技术学院李玲老师、四川水利职业技术学院周小莉老师、山西水利职业技术学院陈帅老师、黄河水利职业技术学院王冬梅老师担任副主编,浙江水利水电学院李爱霞老师参与了编写工作,全书由赵红教授负责统稿。本书编写分工为:赵红教授编写项目 1 和项目 9,陈帅老师编写项目 2,张军老师编写项目 3 和项目 4,王冬梅老师编写项目 5 和项目 6,周小莉老师编写项目 7 和项目 8,李爱霞老师编写项目 10,李玲老师编写项目 11 和项目 12。

由于编者水平有限,本书难免存在不足和疏漏之处,敬请各位读者批评指正。

编 者

2014 年 10 月

目 录

项目 1 绪论	(1)
任务 1.1 摄影测量与遥感的定义与任务	(1)
任务 1.2 摄影测量与遥感的发展	(2)
1.2.1 摄影测量的三个发展阶段	(2)
1.2.2 摄影测量与遥感的结合	(3)
1.2.3 摄影测量、遥感与地理信息系统的结合	(4)
1.2.4 影像信息科学的形成	(5)
习题	(6)
项目 2 单张航摄像片解析	(7)
任务 2.1 航空摄影的基本知识	(7)
2.1.1 航空摄影机	(7)
2.1.2 航空摄影的基本要求	(9)
任务 2.2 航摄像片上特殊的点、线、面	(12)
2.2.1 航摄像片上特殊的点、线、面介绍	(12)
2.2.2 特殊点、线之间的几何关系	(12)
任务 2.3 摄影测量常用的坐标系	(14)
2.3.1 像方空间坐标系	(14)
2.3.2 物方空间坐标系	(15)
任务 2.4 航空像片的内、外方位元素	(16)
2.4.1 内方位元素	(16)
2.4.2 外方位元素	(16)
任务 2.5 空间直角坐标变换	(17)
2.5.1 像点的空间坐标变换	(17)
2.5.2 确定方向余弦值	(18)
任务 2.6 共线方程	(20)
2.6.1 一般地区的构像方程	(20)
2.6.2 平坦地区的构像方程	(21)
2.6.3 水平像片与倾斜像片的坐标关系式	(22)
任务 2.7 航摄像片上的像点位移	(22)
2.7.1 因像片倾斜引起的像点位移	(22)
2.7.2 因地形起伏引起的像点位移	(23)
2.7.3 物理因素引起的像点位移	(24)

任务 2.8 单张像片空间后方交会	(26)
2.8.1 单张像片空间后方交会的基本公式	(26)
2.8.2 单张像片空间后方交会计算的误差方程及法方程	(27)
2.8.3 单张像片空间后方交会的计算过程	(28)
2.8.4 单张像片空间后方交会的精度	(29)
习题	(29)
项目 3 双像解析摄影测量	(30)
任务 3.1 人眼的立体观测和立体量测	(30)
3.1.1 人眼的立体视觉	(30)
3.1.2 人造立体视觉	(31)
3.1.3 像对的立体观察与量测	(31)
任务 3.2 立体像对的前方交会	(33)
3.2.1 航摄立体像对的基本概念	(33)
3.2.2 立体像对的前方交会公式	(34)
3.2.3 双像空间后方交会-前方交会求解地面点坐标	(36)
任务 3.3 解析法相对定向	(36)
3.3.1 相对定向元素	(37)
3.3.2 解析法相对定向原理	(38)
3.3.3 相对定向元素解算过程	(39)
3.3.4 模型点坐标的计算	(41)
任务 3.4 解析法绝对定向	(42)
3.4.1 绝对定向的基本公式	(42)
3.4.2 绝对定向元素的解算	(43)
3.4.3 地面测量坐标系与地面摄影测量坐标系间的转换	(47)
任务 3.5 光束法双像解析摄影测量	(47)
任务 3.6 解析空中三角测量	(49)
3.6.1 航带法解析空中三角测量	(49)
3.6.2 独立模型法解析空中三角测量	(51)
3.6.3 光束法解析空中三角测量	(54)
习题	(55)
项目 4 立体测图原理与方法	(56)
任务 4.1 立体测图方法概述	(56)
4.1.1 模拟法立体测图	(56)
4.1.2 解析立体测图	(56)
4.1.3 数字化测图	(57)
任务 4.2 模拟法立体测图原理与方法	(57)
4.2.1 摄影过程的几何反转	(57)

4.2.2	模拟法测图中立体像对的相对定向	(57)
4.2.3	模拟法测图中立体像对的绝对定向	(59)
4.2.4	地物与地貌的测绘	(60)
4.2.5	模拟测图仪简介	(61)
任务 4.3	解析法立体测图原理与方法	(63)
4.3.1	概述	(63)
4.3.2	解析测图仪的结构	(64)
4.3.3	解析测图仪工作原理	(65)
4.3.4	解析测图仪简介	(65)
习题		(66)
项目 5	数字摄影测量	(67)
任务 5.1	数字摄影测量概述	(67)
5.1.1	数字摄影测量的定义	(67)
5.1.2	数字摄影测量的主要作业过程	(67)
5.1.3	数字摄影测量的主要产品	(68)
5.1.4	数字摄影测量的现状与新发展	(69)
任务 5.2	数字影像与影像数字化	(70)
5.2.1	数字影像	(70)
5.2.2	影像数字化的过程	(71)
5.2.3	数字影像定向	(76)
任务 5.3	数字影像相关	(77)
5.3.1	影像相关原理	(77)
5.3.2	二维相关	(77)
5.3.3	一维相关	(78)
5.3.4	核线几何关系解析	(78)
5.3.5	核线重采样	(80)
任务 5.4	数字摄影测量系统	(81)
5.4.1	数字摄影测量系统概述	(81)
5.4.2	数字摄影测量系统的立体测图	(83)
任务 5.5	摄影测量新技术简介	(94)
5.5.1	低空摄影测量技术	(94)
5.5.2	机载激光雷达测量技术	(96)
习题		(99)
项目 6	数字高程模型及其应用	(101)
任务 6.1	数字高程模型的概述	(101)
任务 6.2	数字高程模型数据点的获取	(102)
6.2.1	DEM 数据点的采集方法	(102)

6.2.2	数字摄影测量的 DEM 数据采集方式	(103)
任务 6.3	数字高程模型的制作	(104)
6.3.1	DEM 生成方式	(104)
6.3.2	DEM 制作流程	(105)
6.3.3	DEM 制作特例处理	(109)
任务 6.4	数字高程模型的应用	(110)
6.4.1	DEM 的内插	(110)
6.4.2	等高线的自动绘制	(111)
6.4.3	立体透视图	(113)
6.4.4	DEM 的其他应用	(114)
	习题	(114)
项目 7	像片纠正与数字正射影像图制作	(115)
任务 7.1	航摄像片纠正的概念与分类	(115)
7.1.1	像片纠正的概念	(115)
7.1.2	像片纠正的分类	(115)
任务 7.2	数字微分纠正的原理与方法	(116)
7.2.1	数字微分纠正的概念	(116)
7.2.2	数字微分纠正的原理	(116)
7.2.3	数字微分纠正的方法	(117)
任务 7.3	数字正射影像图制作	(118)
7.3.1	数字正射影像图的制作方法	(118)
7.3.2	利用 JX-4G 制作数字正射影像	(119)
	习题	(119)
项目 8	摄影测量外业工作	(120)
任务 8.1	摄影测量外业工作的内容及工作过程	(120)
8.1.1	像片控制测量	(120)
8.1.2	像片调绘	(120)
任务 8.2	航摄像片判读特征与判读方法	(121)
8.2.1	航摄像片判读的特征	(121)
8.2.2	航摄像片判读的方法	(123)
任务 8.3	像片控制测量	(126)
8.3.1	像片控制点及其布设的基本要求	(126)
8.3.2	像片控制点的布点方案	(127)
8.3.3	像片控制点的实施	(130)
任务 8.4	像片调绘	(132)
8.4.1	像片调绘的准备工作	(132)
8.4.2	像片调绘的方法	(133)

8.4.3 像片调绘的实施	(135)
8.4.4 新增地物的补测	(144)
8.4.5 调绘像片的整饰与接边	(146)
习题	(148)
项目 9 遥感数据获取	(149)
任务 9.1 遥感的基本概念	(149)
9.1.1 遥感的概念	(149)
9.1.2 遥感的过程	(149)
9.1.3 遥感技术系统	(150)
9.1.4 遥感的分类	(151)
9.1.5 遥感技术的特点	(151)
9.1.6 遥感技术发展简史	(152)
任务 9.2 遥感的电磁波谱	(153)
9.2.1 电磁波谱	(153)
9.2.2 大气窗口	(154)
任务 9.3 物体的发射辐射	(155)
9.3.1 黑体辐射	(155)
9.3.2 太阳的电磁辐射	(157)
9.3.3 一般物体的发射辐射	(158)
任务 9.4 地物的反射辐射及其光谱特性	(159)
9.4.1 物体的反射	(159)
9.4.2 地物的反射波谱特性	(160)
9.4.3 影响地物光谱反射率变化的因素	(161)
任务 9.5 遥感信息的获取	(161)
9.5.1 遥感传感器	(161)
9.5.2 遥感平台	(164)
9.5.3 遥感信息的传输与预处理	(167)
任务 9.6 遥感图像的分辨率	(168)
习题	(169)
项目 10 遥感图像的成像原理与处理	(170)
任务 10.1 光学摄影类型传感器成像原理	(170)
10.1.1 框幅式摄影机	(170)
10.1.2 缝隙式摄影机	(171)
10.1.3 多光谱摄影机	(172)
任务 10.2 扫描成像类型传感器成像原理	(172)
10.2.1 光机扫描仪	(173)
10.2.2 推帚式扫描仪	(175)

任务 10.3	成像光谱仪	(176)
任务 10.4	合成孔径侧视雷达	(177)
任务 10.5	遥感图像处理	(178)
10.5.1	遥感图像预处理	(178)
10.5.2	遥感图像增强处理	(182)
习题	(187)
项目 11	遥感图像的解译	(188)
任务 11.1	概述	(188)
任务 11.2	遥感图像的目视解译	(188)
11.2.1	目视解译的特征	(188)
11.2.2	目视解译的方法	(190)
11.2.3	目视解译的步骤	(190)
任务 11.3	遥感图像计算机分类	(191)
11.3.1	遥感图像分类概述	(191)
11.3.2	监督分类	(193)
11.3.3	非监督分类	(194)
11.3.4	监督分类与非监督分类的比较	(195)
习题	(195)
项目 12	遥感技术的应用	(196)
任务 12.1	遥感技术在国家基础测绘中的应用	(196)
任务 12.2	遥感技术在农业中的应用	(197)
任务 12.3	遥感技术在环境科学中的应用	(197)
任务 12.4	遥感技术在水资源研究中的应用	(197)
任务 12.5	遥感技术在洪水灾害监测中的应用	(198)
习题	(199)
参考文献	(200)

项目 1 绪 论

【学习目标】

- (1) 了解摄影测量与遥感发展的历史；
- (2) 掌握摄影测量与遥感的定义和分类，掌握摄影测量与遥感研究的内容和任务。

【技能目标】

- (1) 能够理解摄影测量与遥感的定义、研究内容、任务及特点，了解摄影测量与遥感发展的历史；
- (2) 根据摄影测量与遥感发展的历史，了解摄影测量三个发展阶段的特点，理解摄影测量、遥感与地理信息系统的结合，以及影像信息科学的形成。

任务 1.1 摄影测量与遥感的定义与任务

摄影测量学是通过影像研究信息的获取、处理、提取和成果表达的一门信息科学，其英文是 Photogrammetry。传统的摄影测量学是利用光学摄影机获取的像片，研究和确定被摄物体的形状、大小、位置、性质和相互关系的一门科学和技术。它的研究内容包括被摄物体的影像获取方法，影像信息的记录和存储方法，基于单张和多张像片的信息处理方法，信息的传输、产品的表达与应用等方面的理论、技术及设备。

摄影测量学的主要任务是测制各种比例尺的地形图，建立地形数据库，并为各种地理信息系统和土地信息系统提供基础数据。

20 世纪 60 年代，航天技术迅速发展起来，美国地理学者提出了“遥感”这个名词。遥感的含义是一种探测物体而又不接触物体的技术。20 世纪 70 年代，美国陆地资源卫星上天后，遥感技术获得了极为广泛的应用。在遥感技术中，除了使用可进行黑白摄影、彩色摄影、彩红外摄影的框幅式摄影机外，还可使用全景摄影机、光电扫描仪、电荷耦合器件 (Charge-coupled Device, CCD) 线阵或面阵扫描仪及合成孔径侧视雷达 (Synthetic Aperture Radar, SAR) 等，它们能够提供比黑白像片更加丰富的影像信息。以空间飞行器作为遥感平台，围绕地球长期运转，为人们提供了大量的多时相、多光谱、多分辨率的丰富影像信息，而且所有的航天遥感传感器也可用于航空遥感，于是摄影测量发展为摄影测量与遥感。为此，国际摄影测量与遥感学会 (International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, ISPRS) 于 1988 年在日本东京召开的第十六届大会上给出了摄影测量与遥感的定义：摄影测量与遥感是对非接触传感器系统获得的影像及其数字进行记录、量测和解译，从而获得自然物体和环境的可靠信息的一门工艺、科学和技术。简言之，它是影像信息获取、处理、分析和成果表达的一门信息科学。

摄影测量与遥感的主要特点是在像片上进行量测和解译，无须接触被测物体本身，因而很少受地理条件的限制。像片及其他各种类型影像均是客观物体或目标的真实反映，信息丰富、逼真，人们可以从中获得所研究物体的大量几何信息和物理信息。因此，摄影测量可广泛应用于各个方面，只要物体能被拍摄成影像，都可使用摄影测量的方法和技术解决某一方面的问题。

摄影测量与遥感可以从不同角度进行分类。按距离远近分为航空摄影测量与遥感、航天摄影测量与遥感、地面摄影测量与遥感、近景摄影测量与遥感和显微摄影测量与遥感。按用途应分为地形摄影测量与遥感和非地形摄影测量与遥感,地形摄影测量与遥感主要用于国家基本地形图测绘,工程勘察设计,城镇及农业、林业、交通等各部门的规划与资源调查及相应数据库的建立;非地形摄影测量与遥感是将摄影测量与遥感方法用于解决资源调查、变形观测、环境监测、军事侦察、弹道轨道的实时跟踪、爆破,以及工业、建筑、考古、地质工程、生物和医学等方面的科学技术问题。仅就摄影测量而言,按技术处理手段又可分为模拟摄影测量、解析摄影测量和数字摄影测量。模拟摄影测量的直接成果为各种图件(如地形图、专题图等),它们必须经过数字化处理才能进入计算机中。解析摄影测量和数字摄影测量可以直接为各种数据库和地理信息系统提供基础地理信息。

任务 1.2 摄影测量与遥感的发展

1.2.1 摄影测量的三个发展阶段

从 1839 年尼普斯和达意尔发明摄影术算起,摄影测量已有 170 多年的历史。但将摄影术真正用于测量的是法国陆军上校劳赛达特,他在 1851—1859 年提出和进行了交会摄影测量。由于当时飞机尚未发明,摄影测量的几何交会原理仅限于处理地面的正直摄影,主要是用来进行建筑物摄影测量,而不是用来进行地形测量。

从空中拍摄地面的照片,最早是 1858 年纳达在气球上拍摄的。1903 年莱特兄弟发明飞机后,才使航空摄影测量成为可能。在第一次世界大战时期,第一台航空摄影机问世。由于航空摄影比地面摄影有明显的优越性(如视场开阔、无前景挡后景现象、可快速获得大面积地区的像片等),使得航空摄影测量成为 20 世纪以来大面积测制地形图的最有效方法。1901 年研制了立体坐标量测仪,1909 年研制了 1318 立体自动测图仪,这些仪器主要用于地面摄影测量。从 20 世纪 30 年代到 50 年代末,各国主要测量仪器厂针对航空地形摄影测量研制和生产了各种类型的模拟测图仪器(如光学和机械投影仪器、分工型和全能型仪器、简易型和精密型立体测图仪器)。这个时期是模拟航空摄影测量的黄金时期。在我国,模拟航空摄影测量一直延续到 20 世纪 70 年代末。

模拟航空摄影测量指的是用光学或机械方法模拟摄影过程,使两个投影器恢复摄影时的位置、姿态和相互关系,构成一个比实地缩小了的几何模型,即所谓摄影过程的几何反转,在此模型上的量测即相当于对实地的量测,量测的结果是通过机械或齿轮传动等方法直接在绘图桌上绘出,如地形图或各种专题图。

由于计算机及计算技术的发展,人们开始使用计算机来完成摄影测量中复杂的几何解算和大量的数值计算。这便出现了始于 20 世纪 50 年代末的解析空中三角测量仪、解析测图仪与数控正射投影仪,开辟了解析摄影测量的新纪元。1957 年,海拉瓦博士提出了利用计算机进行解析测图的思想,限于当时计算机的发展水平,解析测图仪经历了近 20 年的研制和试用阶段。到了 20 世纪 70 年代中期,计算机技术的发展才使解析测图仪进入了商用阶段。

解析测图仪是世界上首先实现测量成果数字化的仪器。在机助测图软件控制下,首先将在立体模型上测得的结果存储在计算机中,然后再传送到数控绘图机上绘出图件。这种以数

字形式存储在计算机中的地图,构成了测绘数据库和建立各种地理信息系统的基础。

解析摄影测量的进一步发展是数字摄影测量。从广义上讲,数字摄影测量指的是从摄影测量和遥感所获取的数据中,采集数字化图形或数字化影像,在计算机中进行各种数值、图形和影像处理,研究目标的几何和物理特性,从而获得各种形式的数字产品和可视化产品。这里的数字产品包括数字地图、数字高程模型(Digital Elevation Model, DEM)、数字正射影像(Digital Orthophoto Map, DOM)、测量数据库、地理信息系统(Geographic Information System, GIS)和土地信息系统(Land Information System, LIS)等。这里的可视化产品包括地形图、专题图、纵横剖面图、透视图、正射影像图、电子地图、动画地图等。对数字/数字化影像在计算机中进行全自动化数字处理的方法称为全数字化摄影测量,它包括自动影像匹配与定位、自动影像判读两大部分。自动影像匹配与定位是对数字影像进行分析、处理、特征提取和影像匹配,然后进行空间几何定位,建立数字高程模型和获得数字正射影像,所获得的可视化产品则为等高线图和正射影像图等。由于自动影像匹配与定位能代替人眼立体观测的过程,故而是一种计算机视觉方法。自动影像判读是解决对数字影像的定性描述,并称为数字图像分类。数字图像低级的分类方法是基于灰度、特征和纹理等,多用统计分类方法;数字图像高级的分类则基于知识,构成分类专家系统。

常用的数字摄影测量系统有武汉大学研制的全数字自动化测图系统 VirtuoZo 及中国测绘科学研究院研制的 JX-4A(DPW)。VirtuoZo 工作站版本是以 SGI4D/25 工作站为基础研制的,其功能包括内定向、相对定向、绝对定向、影像相关与特征匹配,建立数字高程模型(DEM)并根据 DEM 生成等高线图、正射影像图、景观图等。该系统已移植成 Windows NT 环境下的 VirtuoZo NT 微机版。JX-4A(DPW)是 Windows NT 环境下的数字摄影测量工作站,也具有 VirtuoZo NT 微机版类似功能。

数字摄影测量的发展还推动了实时摄影测量的问世。所谓实时摄影测量是用 CCD 多数字摄影机直接对目标进行数字影像获取,并直接输入计算机系统中。在实时软件作用下,立刻获得和提取需要的信息,并用来控制对目标的操作。这种实时摄影测量系统主要用于医学诊断、工业过程控制和机器人观察方面。在陆地车载或空中机载、星载系统中,利用 GPS 定位技术和 CCD 影像技术可以实时地直接为 GIS 采集所需要的数据和信息,对军用和民用都有极大的意义。

综上所述,摄影测量经历了模拟法、解析法和数字化三个发展阶段。表 1.1 列出了摄影测量三个发展阶段的主要特点。

表 1.1 摄影测量三个发展阶段的主要特点

三个发展阶段	原始资料	投影方式	仪器	操作方式	产品
模拟摄影测量	像片	物理投影	模拟测图仪	作业员手工操作	模拟产品
解析摄影测量	像片	数字投影	解析测图仪	机助作业员操作	模拟产品 数字产品
数字摄影测量	数字化影像 数字影像	数字投影	计算机	自动化操作+作业员的干预	数字产品 模拟产品

1.2.2 摄影测量与遥感的结合

遥感技术对摄影测量学的冲击和作用首先在于它打破了摄影测量学长期以来过分局限于测绘物体形状与大小等数据的几何处理,尤其是航空摄影测量长期以来只偏重于测制地形图

的局面。在遥感技术中除了使用可见光的框幅式黑白摄影机外,还使用彩色摄影机、彩红外摄影机、全景摄影机、红外扫描仪、多光谱扫描仪、成像光谱仪、CCD阵列扫描和矩阵摄影机以及合成孔径侧视雷达等。特别是美国在1999年发射的地球观测系统(EOS)空间站,主要传感器高级热量散射和反射辐射仪(ASTER)覆盖可见光到远红外线,有较高的空间分辨率和温度分辨率。其中高分辨率成像光谱仪有36个波段,加上其微波遥感EOS-SAR,它们的视场基本上覆盖了大气窗口的所有电磁波范围,提供了十分丰富的影像信息。正是由于遥感技术对摄影测量学的作用,早在1980年国际摄影测量与遥感学会汉堡大会上,国际摄影测量学会正式更名为国际摄影测量与遥感学会(ISPRS)。

进入20世纪80年代以后,遥感技术新的发展再次显示了它对摄影测量的巨大作用,首先是以航天飞机作为遥感平台或发射手段,可重复使用和返回地面,大大提高了遥感的性价比,更重要的是许多新的传感器的地面分辨率(空间分辨率)、温度分辨率、光谱分辨率(光谱带数)和时间分辨率(重复周期)都有了很大提高。在短短几十年中,遥感数据获取手段取得飞速发展,遥感数据获取技术趋向于三多和三高,三多是指多平台、多传感器、多角度,三高是指高空间分辨率、高光谱分辨率和高时相分辨率。遥感平台有地球同步轨道卫星(35000km高度),太阳同步卫星(600~1000km高度),太空飞船(200~300km高度),航天飞机(240~350km高度),探空火箭(200~1000km高度),平流层飞艇(20~100km高度),高、中、低空飞机,升空气球,无人机等。传感器有框架式光学相机,缝隙、全景相机,光机扫描仪,光电扫描仪,CCD线阵、面阵扫描仪,微波散射计,雷达测高仪,激光扫描仪和合成孔径雷达等,它们的视场几乎覆盖了可透过大气窗口的所有电磁波段。三行CCD阵列可同时得到三个角度的扫描成像,EOS Terra卫星上的MISR可同时从9个角度观测成像。

短短几十年中遥感数据获取手段发展飞快。卫星遥感的空间分辨率从Landsat卫星MSS图像的79m分辨率,到现在QuickBird的0.62m。高光谱分辨率已达到 $(5\sim6)\times 10^{-9}\text{m}$,有500~600个波段,在轨的美国EO-1高光谱遥感卫星,具有220个波段,EOS AM-1(Terra)和EOS PM-1(Aqua)卫星上的MODIS具有36个波段的中等分辨率成像光谱仪。时间分辨率的提高主要依赖于小卫星星座以及传感器的大角度倾斜,可以在1~3d的周期获得感兴趣地区的遥感影像。

另外,也应当看到解析摄影测量,尤其是数字摄影测量对遥感技术发展的推动作用。众所周知,遥感图像的高精度几何定位和几何纠正就是解析摄影测量现代理论的重要应用;数字摄影测量中的影像匹配理论可用来实现多时相、多传感器、多种分辨率遥感图像的复合和几何配准;自动定位理论可用来快速、及时地提供具有“地学编码”的遥感影像;摄影测量的主要成果,如DEM、地形测量数据库和专题图数据库,是支持和改善遥感图像分类效果的有效信息;至于像片判读和图像分类的自动化和智能化则是摄影测量和遥感技术共同研究的课题。一个现代的数字摄影测量系统与一个现代的遥感图像处理系统已看不出什么本质差别了。

事实上,摄影测量学的发展历史就是遥感技术的发展历史,而遥感技术则是传统摄影测量学发展的必然趋势。两者有机地结合起来,成了地理信息系统(GIS)技术中的数据采集和更新的重要手段。

1.2.3 摄影测量、遥感与地理信息系统的结合

随着数字测图、全数字化摄影测量和遥感图像处理技术的发展,需要一个数据库或空间信

息系统来存储、管理这些数据,并与其他非图形的专题信息相结合,并进行分析、决策,以回答用户所提出的有关问题。由于地理信息系统(GIS)和土地信息系统(LIS)都是与物体的空间位置和分布有关,都属于空间信息系统的某种特定形式,这就是摄影测量与遥感技术必然和地理信息系统相结合的原因。

事实上,早在20世纪60年代,当GIS这个术语在加拿大被首先采用时,就是与加拿大政府机构有密切关联的。1956年,奥地利政府开始研究计算机在自动化地籍测量中的应用。1974年在第14届国际测量师联合会(FIG)代表大会上,第一次提出了LIS的定义,由此可见,测绘与GIS/LIS是有历史联系与渊源的。

在摄影测量与遥感的历史上,早就确定了GIS的历史地位,1968年,美国摄影测量学会就首先使用了GIS这个术语,可见国际摄影测量与遥感学会属于最早研究GIS的国际学术组织。

1980年在国际摄影测量与遥感学会汉堡会议上,将第四专业委员会名称改为“摄影测量与遥感的制图和数据库应用”。

1984—1988年期间,ISPRS建立了一个跨第三和第四两个专业委员会的工作组,由美国Roywelch教授任组长,工作组名为“计算机图形学、数学方法和土地信息系统”。主要研究工作包括数据采集,数据结构、栅格和矢量法的结合,GIS的设计和实现以及GIS中的数据模型等。

20世纪90年代初以来,美国摄影测量与遥感学会强烈支持把GIS作为今后和未来的科学范畴之一,每年的年会总是与GIS大会一起联合召开。荷兰国际航天测量与地球学院(ITC)建立了将航测、制图与GIS相结合的新专业——地学信息工程(Geoinformatics);加拿大拉瓦尔大学和卡尔加里大学也将有关的专业做了类似的改动,更名为Geomatics;澳大利亚新南威尔士大学建立了Geomatics Engineering专业。之后,加拿大矿产资源能源部(EMR)下属的测绘局于1994年6月正式改为加拿大地理信息署(Geomatics Canada)。

经过摄影测量工作者多年的努力,一批基于GIS数据采集的解析测图仪相继问世,采集的数据可直接进入数据库和地理信息系统;数字摄影测量工作站不仅可以快速处理航空像片,更适合于处理各种传感器的遥感图像。

总之,摄影测量、遥感和GIS的结合是历史发展的必然趋势,这种结合必将使遥感图像成为GIS基础数据获取和快速更新的重要数据源,而摄影测量则成为数据获取和更新的有效手段。

1.2.4 影像信息科学的形成

摄影测量、遥感和GIS的结合,推动了一门新的信息科学分支——影像信息科学的形成和发展。

按照王之卓先生的定义,影像信息科学是一门记录、存储、传输、量测、处理、解译、分析和显示由非接触传感器影像获得的目标及其环境信息的科学。图1.1显示了影像信息科学的组成与相互关系。

图1.1中列出了与影像信息科学密切相关的专业课和专业基础课程(图中用*号表示)。从图1.1中看出,影像信息科学是信息科学中的一门高新技术。

从图1.1可以看到,影像信息获取、处理、加工和结果表达的整个过程是一个有机的结合体,它既包含了模拟法、解析法和数字摄影测量,又包含了遥感与地理信息系统。