

普通高等教育测绘类“十三五”系列教材

摄影测量与遥感 实践教程

主 编 赵 红 李爱霞
副主编 张作淳 徐 琪



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

普通高等教育测绘类“十三五”系列教材

摄影测量与遥感 实践教程

主 编 赵 红 李爱霞

副主编 张作淳 徐 琪



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

· 北京 ·

内 容 提 要

本书以突出应用操作为宗旨,系统地介绍了摄影测量与遥感的数据分析与准备、解析空中三角测量、模型定向、4D产品的生产制作、像片判读与调绘、遥感图像处理流程及专题图的制作过程。全书共分11章,按照“数字摄影测量系统→遥感数字图像处理”来组织。第1章至第6章主要介绍了利用VirtuoZo数字摄影测量系统进行航片处理的流程与方法;第7章至11章主要介绍了利用ERDAS IMAGINE遥感图像处理软件处理遥感图像的流程与方法。

本书既可作为高等院校测绘类、地理信息系统类专业的实习教材和指导书,也可以作为工程技术人员的学习参考书。

图书在版编目(CIP)数据

摄影测量与遥感实践教程 / 赵红, 李爱霞主编. --
北京: 中国水利水电出版社, 2017. 7
普通高等教育测绘类“十三五”系列教材
ISBN 978-7-5170-5565-5

I. ①摄… II. ①赵… ②李… III. ①摄影测量—高等学校—教材②遥感技术—高等学校—教材 IV. ①P23
②TP7

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第160862号

书 名	普通高等教育测绘类“十三五”系列教材 摄影测量与遥感实践教程 SHEYING CELIANG YU YAOGAN SHIJIAN JIAOCHENG
作 者	主编 赵红 李爱霞 副主编 张作淳 徐琪
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京瑞斯通印务发展有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 13.75印张 326千字
版 次	2017年7月第1版 2017年7月第1次印刷
印 数	0001—1000册
定 价	34.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究



前言

随着测绘与地理信息技术的发展,航空与遥感图像在社会生活和经济建设中发挥着越来越重要的作用,航空影像和遥感图像的数据处理也成为测绘类和地理信息系统类学生必须要掌握的技能之一。因此,摄影测量与遥感数据处理实训已成为摄影测量与遥感课程不可缺少的重要教学环节。编写本书的目的就是在学习摄影测量与遥感理论知识的基础上,熟悉常用的数字摄影测量系统与遥感图像处理软件的使用方法,重点学习利用 VirtuoZo 数字摄影测量系统处理航空影像的方法,以及利用 ERDAS IMAGINE 遥感图像处理软件处理遥感图像的流程与方法。

本书面向大学本科学生,共分 11 章,按照“数字摄影测量系统”“遥感数字图像处理”两部分来组织。第 1~6 章主要介绍利用 VirtuoZo 数字摄影测量系统进行航片处理的流程与方法;第 7~11 章主要介绍利用 ERDAS IMAGINE 遥感图像处理软件处理遥感图像的方法。主要内容如下:

第 1 章绪论,主要介绍了数字摄影测量和遥感数字图像处理的概念,以及几种常用的数字摄影测量系统和遥感图像处理软件。

第 2 章数据分析与准备,主要介绍了航空摄影的基本要求,以及测区和模型构建的方法。

第 3 章解析空中三角测量,主要介绍了解析空中三角测量的基本知识,以及解析空中三角测量的作业过程。

第 4 章模型定向,主要介绍了内定向、相对定向、绝对定向、核线影像生成的基本概念以及作业过程和方法。

第 5 章 4D 产品的生产制作,主要介绍了 4D 产品的概念,以及制作 4D 的操作流程。

第 6 章像片判读与调绘,主要介绍了像片判读与调绘的基本要求、基本方法。

第 7 章遥感数据的输入、输出和显示,主要介绍了利用 ERDAS IMAGINE 遥感图像处理软件进行数据输入、输出和显示的方法。

第 8 章遥感数据预处理,主要介绍了对遥感图像进行几何校正、拼接、投影变换、分幅裁剪、图像融合的基本概念和基本方法。

第9章图像增强，主要介绍了对遥感图像进行各种增强的方法，包括辐射增强、空间域增强、频率域增强、指数运算、主成分变换、缨帽变换、彩色增强。

第10章图像分类，主要介绍了非监督分类、监督分类的概念和方法。

第11章遥感专题地图制作，主要介绍了特征选取与查询、矢量数据编辑、矢量图层生成、编辑与管理以及专题地图建立的概念和方法。

本书由浙江水利水电学院和浙江农林大学的教师共同编写完成。第1章由赵红编写；第2、5、6章由徐琪编写；第3、4章由李爱霞编写；第7~11章由张作淳编写，全书由李爱霞统稿。

本书既可作为高等院校测绘类、地理信息系统类专业的实训教材和指导书，也可以作为工程技术人员的学习参考书。

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

2016年10月



目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 意义和目的	1
1.2 数字摄影测量系统	1
1.3 遥感数字图像处理	7
第 2 章 数据分析与准备	13
2.1 基础知识	13
2.2 数据分析	14
2.3 数据准备	14
第 3 章 解析空中三角测量	19
3.1 基础知识	19
3.2 实训目的和要求	21
3.3 实训内容	21
3.4 实训指导	21
第 4 章 模型定向	49
4.1 内定向	49
4.2 相对定向	52
4.3 绝对定向	58
4.4 生成核线影像	62
第 5 章 4D 产品的生产制作	64
5.1 数字高程模型 (DEM) 生产	64
5.2 数字正射影像 (DOM) 生产	73
5.3 数字线划地图 (DLG) 生产	81
5.4 数字栅格地图 (DRG) 生产	85
第 6 章 像片判读与调绘	88
6.1 像片判读	88
6.2 像片调绘	88
6.3 实训目的和要求	89
6.4 实训内容	89

第7章 遥感数据的输入、输出和显示	91
7.1 基础知识	91
7.2 实训目的和要求	91
7.3 实训内容	91
7.4 实训指导	92
第8章 遥感数据预处理	97
8.1 图像校正	97
8.2 图像拼接	110
8.3 图像投影变换	116
8.4 图像分幅裁剪	118
8.5 图像融合	121
第9章 图像增强	123
9.1 辐射增强	123
9.2 空间域增强	129
9.3 频率域增强	138
9.4 指数运算	147
9.5 主成分变换 (K-L 变换)	148
9.6 缨帽变换 (K-T 变换)	151
9.7 彩色增强	153
第10章 图像分类	156
10.1 非监督分类	156
10.2 监督分类	162
10.3 分类后处理	178
第11章 遥感专题地图制作	187
11.1 特征选取与查询	187
11.2 矢量数据编辑	192
11.3 矢量图层生成、编辑与管理	194
11.4 专题地图建立	206
参考文献	214

第1章 绪 论

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表达进行记录、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。摄影测量与遥感是测绘学科的一个重要分支,其主要特点就是对影像或像片进行量测和解译,无需接触被研究物体本身,因而很少受人不能到达、人不能触及等条件限制,而且可摄得瞬间的动态物体影像。随着科学技术的发展,多传感器、多分辨率、多光谱、多时段遥感影像与空间科学、电子科学、地球科学、计算机科学以及其他边缘学科交叉渗透、相互融合,摄影测量与遥感已逐渐发展为一门新型地球空间信息科学,同时也涵盖了大量的应用技术。

摄影测量与遥感的实践环节是在测绘类或地理信息系统类专业学生学习过程中,利用摄影测量学、遥感原理及应用等相关专业理论知识进行综合应用,使学生能够系统全面地学习并应用已学习的摄影测量与遥感知识,锻炼实践技能。通过摄影测量与遥感实训将课堂理论与实践相结合,深入掌握摄影测量与遥感的基本概念和原理、加强基本技能训练,培养学生分析问题和解决问题的能力。

1.1 意义和目的

本教程的目的是运用所学的基础理论知识,利用现有仪器设备和资料进行综合训练。该实训教程不仅要求学生掌握4D产品生产的基本原理与方法,而且要求掌握遥感影像的预处理、分类和专题图制作等相关原理和方法。通过摄影测量与遥感的综合训练,既能训练摄影测量和遥感的专业技能,又可以加强相关理论知识,深入认识摄影测量与遥感的区别和联系。

1.2 数字摄影测量系统

目前,摄影测量主要采用数字摄影测量系统进行数据处理。数字摄影测量系统的研制由来已久,早在20世纪60年代,第一台解析测图仪AP-1问世不久,美国研制了全数字化测图系统DAMC,其后出现了多套数字摄影测量系统,但基本上都是属于体现数字摄影测量工作站(DPW)概念的试验系统,直到1988年日本京都国际摄影测量与遥感协会(ISPRS)第16届大会上才展出了商用数字摄影测量工作站DSP-1。尽管DSP-1是作为商品推出的,但实际上并没有成功地进行销售。到1992年8月在美国华盛顿第17届国际摄影测量与遥感大会上,已有多套较为成熟的产品展示,它表明了数字摄影测量工作站正在由试验阶段步入摄影测量的生产阶段。1996年7月,在奥地利维也纳第18届国际摄影测量与遥感大会上,展出了十几套数字摄影测量工作站,这表明数字摄影测量工作站已进入了使用阶段。



1.2.1 数字摄影测量系统概述

在数字摄影测量研究的早期,许多研究者在解析测图仪或坐标仪上附加影像数字化装置及影像匹配等软件,构成在线自动测图系统。这些系统只对所处理的局部影像数字化,可以不需大容量的计算机内存和外存,例如早期的 AS-IIB-x、GPM 以及 PASTAR 系统均属此类。这些系统的共同特点是采用专门的硬件数字化相关系统,速度快,但其算法已被固化,无法修改,随着计算机容量的加大和速度的加快,可以在常规民用解析测图仪上附加全部由软件实现的数字相关系统,例如在 DSR-11 解析测图仪与 C100 解析测图仪上安装 CCD 数字摄影机实现数字相关。这种在解析测图仪(坐标仪)上加装 CCD 数字相机的系统属于混合型(Hybrid)数字摄影测量工作站。著名的混合型数字摄影测量工作站还有美国的 DCCS 与日本的 TOPCON 的 PI-100。

全数字型的数字摄影测量系统首先将影像完全数字化,而不是像在混合型系统中只对影像作部分数字化。这种系统无需精密光学机械部件,可集数据获取、存储、处理、管理、成果输出为一体,在单独的一套系统中即可完成所有摄影测量任务,因而有人建议把它称为“数字测图仪”。由于它可产生三维的形象化产品,其应用将远远超过传统摄影测量的范畴,因此,人们更倾向于称其为数字摄影测量工作站(DPW)或软拷贝(Softcopy)摄影测量工作站,甚至更简单、更概括地称之为数字站。数字立体测图仪的概念是 Sarjakoski 于 1981 年首先提出来的,但第一套全数字摄影测量工作站是 20 世纪 60 年代在美国建立的 DAMC。20 世纪 80 年代以来,由于计算机技术的飞速发展,许多数字摄影测量工作站相继建立。

适普(Supersoft)公司的 VirtuoZo 数字摄影测量工作站是根据 ISPRS 的前名誉会员、中国科学院院士、武汉大学(原武汉测绘科技大学)王之卓教授于 1978 年提出的“Fully Digital Automatic Mapping System”方案进行研究,由武汉大学教授张祖勋院士主持研究开发的成果,属于世界同类产品的知名品牌之一。最初的 VirtuoZo SGI 工作站版本于 1994 年 9 月在澳大利亚黄金海岸(Gold Coast)推出,被认为是有许多创新特点的数字摄影测量工作站(Stewart Walker & Gordon Petrie, 1996),1998 年由 Supersoft 推出其微机版本。VirtuoZo 系统基于 Windows 平台利用数字影像或数字化影像完成摄影测量作业,由计算机视觉(其核心是影像匹配与影像识别)代替人眼的立体量测与识别,不需要传统的光机仪器。VirtuoZo 系统中,从原始资料、中间成果及最后产品等都是以数字形式出现的,克服了传统摄影测量智能生产单一线划图的缺点,可生产出多种数字产品,如数字高程模型、数字正射影像、数字线划图、景观图等,并提供各种工程设计所需的三维信息、各种信息系统数据库所需的空間信息。VirtuoZo 不仅在国内已成为各测绘部门进行数字摄影测量的主要系统之一,而且也被世界诸多国家和地区所采用。

1.2.2 数字摄影测量系统组成

数字摄影测量系统通常包括专业硬件设备和摄影测量软件。

1. 硬件组成

数字摄影测量工作站的硬件由计算机及其外部设备组成。

(1) 计算机:目前可以是个人计算机或工作站。

(2) 外部设备:其外部设备分为立体观测及操作控制设备与输入/输出设备。



1) 立体观测及操作控制设备。

a. 立体观测设备。计算机显示屏可以配备为单屏幕或双屏幕。立体观测装置可以是以下 4 种之一, 红绿眼镜、立体反光镜、闪闭式液晶眼镜、偏振光眼镜。

b. 操作控制设备。操作控制设备可以是以下 3 种之一: ①手轮、脚盘与普通鼠标; ②三维鼠标与普通鼠标; ③普通鼠标。

2) 输入/输出设备。

输入设备: 影像数字化仪(扫描仪)。

输出设备: 矢量绘图仪、栅格绘图仪。

2. 软件组成

数字摄影测量工作站的软件由数字影像处理软件、模式识别软件、解析摄影测量软件及辅助功能软件组成。

(1) 数字影像处理软件主要包括影像旋转、影像滤波、影像增强、特征提取。

(2) 模式识别软件主要包括特征识别与定位、影像匹配、目标识别。

(3) 解析摄影测量软件主要包括定向参数计算、空中三角测量解算、核线关系解算、坐标计算与变换、数据内插、数据微分纠正、投影变换。

(4) 辅助功能软件主要包括数据输入/输出、数据格式转换、注记、质量报告、图廓整饰、人机交互。

1.2.3 国内外主流数字摄影测量系统

1.2.3.1 ImageStation SSK 摄影测量系统 (Intergraph 公司)

ImageStation SSK (Stereo Soft Kit) 是美国 Intergraph 公司推出的数字摄影测量系统, 它把解析测图仪、正射投影仪、遥感图像处理系统集成为一体, 与 GIS (地理信息系统) 以及 DTM (数字地形模型) 在工程 CAD 中的应用紧密结合在一起, 形成强大的具备航测内业所有工序处理能力的, 以 Windows 操作系统为基础的数字摄影测量系统。Intergraph 公司是目前世界上最大的摄影测量及制图软件的提供商之一。ImageStation SSK 数字摄影测量软件包是数字摄影测量技术发展了 20 余年的积累成果, 具备处理传统航测数据、数字航测数据、卫星影像数据以及近景摄影测量数据能力; 具备针对生产的优化设计、批命令、高效数据压缩和自动化作业能力, 从空三加密、DTM 采集到正射影像制作, 贯穿整个作业流程, 是涵盖摄影测量全领域的完全解决方案。

ImageStation SSK 主要包括项目管理模块 (ImageStation Photogrammetric Manager, ISPM)、数字测量模块 (ImageStation Digital Mensuration, ISDM)、立体显示模块 (ImageStation Stereo Display, ISSD)、DTM 采集模块 (ImageStation DTM Collection, ISDC)、特征采集模块 (ImageStation Feature Collection, ISFC)、基础纠正模块 (ImageStation Base Rectifier, ISBR)、自动 DTM 采集模块 (ImageStation Automatic Elevation, ISAE)、自动空三模块 (ImageStation Automatic Triangulation, ISAT)、自动正射模块 (ImageStation Ortho Pro, ISOP) 等。

1.2.3.2 Inpho 航空摄影测量系统

Inpho 公司是欧洲著名的航空摄影测量与遥感处理软件, 发源于德国, 是德国斯图加



特大学的航测学院院长、欧洲著名的航测遥感专家阿克曼教授（李德仁院士于 20 世纪 80 年代在斯图加特大学攻读博士学位时的博士生导师）在 20 世纪 80 年代创立，2007 年 2 月被美国 Trimble 公司收购。它可以全面系统地处理航测遥感、激光、雷达等数据，其空三软件和正射处理软件占有欧洲的最大份额，早期的 Intergraph SSK 软件采用的空三核心软件即由其提供，与海拉瓦系统齐名，是高端航测软件中的经典。

Inpho 摄影测量系统为数字摄影测量项目的所有任务提供一整套完整的软件解决方案。包括地理定标、生产数字地面模型 DTM、正射影像生产，以及三维地物特征采集。它的模块化组合，既可提供完整的、紧密结合的全套系统，也可提供独立工作的单一模块，可以很容易地把它加入到任何其他摄影测量系统的工作流程中。Inpho 系统的主要优点是以其严谨的数学模型来保证顶级的准确度，以其平稳的工作流程和高度的自动化程度来保证高效的生产能力。

Inpho 摄影测量系统支持各种数字影像，包括扫描框幅式航空相片，以及来自于数字航空相机和多种卫星传感器的各种影像。

其各模块简介如下：

ApplicationsMaster：它是系统的核心，提供用户界面和启动其他系统模块。通用的 ApplicationsMaster 作为一个平台把所有的模块结合到一起。ApplicationsMaster 本身具有项目定义、数据输入与输出、坐标变换、图像处理、图像定向，以及 DTM 管理等功能。

MATCH-AT 模块：对任何数字或模拟相机的框幅式影像的几何定位作全自动的空三处理。

MATCH-T 模块：从航空或卫星影像上自动提取高精度的数字地面模型。

DTMaster 模块：用于进行质量控制和监测，并可对立体像对或正射影像上多达 5000 万个 DTM 点进行编辑。

OrthoMaster 模块：从航空或卫星影像中生产正射相片。

OrthoVista 模块：强有力、高度自动化的正射相片镶嵌工具。包括智能的缝合线探测，以及大面积的辐射平衡调制功能。

Summit Evolution 模块：先进的数字立体测绘仪。从航片或卫星影像上进行三维地物采集并输出到 ArcGIS、SuperMap、AutoCAD 或 Microstation 系统中。

1.2.3.3 徕卡遥感及摄影测量系统（徕卡公司）

徕卡遥感及摄影测量系统（Leica Photogrammetry Suite, LPS）是徕卡公司最新推出的数字摄影测量及遥感处理软件系列。LPS 为影像处理及摄影测量提供了高精度及高效能的生产工具、它可以处理各种航天（最常用的包括卫星影像 QuickBird、IKONOS、SPOT5 及 LANDSAT 等）及航空（扫描航片、ADS40 数字影像）的各类传感器影像定向及空三加密，处理各种数字影像格式，黑/白、彩色、多光谱及高光谱等各类数字影像。LPS 的应用还包括矢量数据采集、数字地模生成、正射影像镶嵌及遥感处理，它是第一套将遥感与摄影测量集成于单一工作平台的软件系列。

其包含的主要功能模块如下：

数字地面模型自动提取模块（LPS Automatic Terrain Extraction, ATE）：LPS 的扩展模块，提供了从包含成百上千幅影像的项目区域中自动提取数字地面模型（DEM）的



能力。通过 LPS ATE, 可以快速地创建中等密度的表面。利用向导式处理 workflow, 可以快速地建立 DTM 工程, 然后自动进行提取, 也可以进行高级的操作, 例如地形过滤、裁切等。内嵌的质量控制和精度报告工具保证输出的精度。

数字地面模型编辑模块 (LPS Terrain Editor, TE): LPS Terrain Editor 是编辑 DTM 全面有力的工具, 可以迅速更新地图。包括立体模式下的点, 线和面地形编辑。地形编辑支持多种 DTM 格式, 包括 Leica Terrain Format、SOCET SET TINs、SOCET SET Grids、TerraModel TINs 和 Raster DEMs 等。在立体模式下的三维地形编辑、保证高质量数据产品的生产、地形模型的质量影响正射校正的几何精度, 摄影测量工作流程至关重要的部分就是质量控制和改进 DTM, 来提高整个摄影测量处理过程。地形图的动态实时可视化, LPS Terrain Editor 是一个动态的编辑工具, 某个点一旦被修改, 可以实时更新地形的显示。为了地形模型的可视化, LPS Terrain Editor 可以显示地形图元, 包括在立体影像上叠加点, 线, 网格和等高线层, 用于编辑和质量保证。

空三加密模块 (LPS ORIMA): LPS ORIMA 是一个区域网空中三角测量与分析的软件系统, 是现代化的、易于操作的定向管理软件, 能够处理大量影像坐标, 地面控制点和 GPS 坐标。ORIMA 能够实现以生产为核心的框幅式和徕卡 ADS40/ADS80 影像的空中三角测量。

立体观测模块 (LPS Stereo): LPS Stereo 以多种方式对影像进行三维立体观测, 能够在立体模式下提取地理空间内容, 进行子像元定位, 连续漫游和缩放, 快速图像显示, 显示包括: 立体、分窗、单片和三维显示等。应用 LPS 立体观测模块可以以多种方式对影像作三维立体视测。

LPS eATE 分布式并行自动地形提取模块: LPS eATE 是从立体像对中生成高分辨率地形信息的新模块。LPS eATE 为地形数据的处理提供了并行计算的环境。这种高通用性的解决方案适合于不同项目, 从卫星到航空框式和数字推扫式 (pushbroom) 传感器技术, 可输出不同密度的地形, 一直到像素级水平。对于合法用户, LPS eATE 的预览提供了提前查看新的 ERDAS 地形处理解决方案。

1.2.3.4 VirtuoZo 数字摄影测量系统

VirtuoZo 数字摄影测量系统是一个功能齐全、高度自动化的现代摄影测量系统, 能完成从自动空中三角测量到测绘各种比例尺数字线划地图 (DLG)、数字高程模型 (DEM)、数字正射影像图 (DOM) 和数字栅格地图 (DRG) 的生产。VirtuoZoNT 采用最先进的快读匹配算法确定同名点, 匹配速度高达 500~1000 点/s, 可处理航空影像、SPOT 影像、IKONOS 影像和近景影像。VirtuoZo NT 不但能制作各种比例尺的测绘产品, 也是三维景观、城市建模和 GIS 空间数据采集等最强有力的操作平台。VirtuoZo 数字摄影测量系统改变了我国传统的测绘模式, 提高了生产效率, 得到了广泛的应用。

在中国还有一套较为著名的数字摄影测量工作站—JX4, 是由中国测绘科学研究院刘先林院士主持开发的。

本书配套的摄影测量实训软件是 VirtuoZo, 如图 1.1 所示。VirtuoZo NT 基本软件有: 解算定向参数、自动空中三角测量、核线影像重采样、影像匹配、生成数字高程模型、制作数字正射影像、生成等高线、制作景观图、DEM 透视图等。VirtuoZo NT 工作流程图如图 1.2 所示。

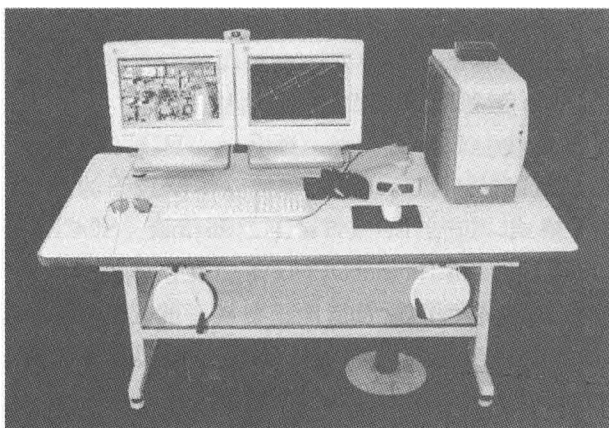


图 1.1 VirtuoZo 数字摄影测量系统

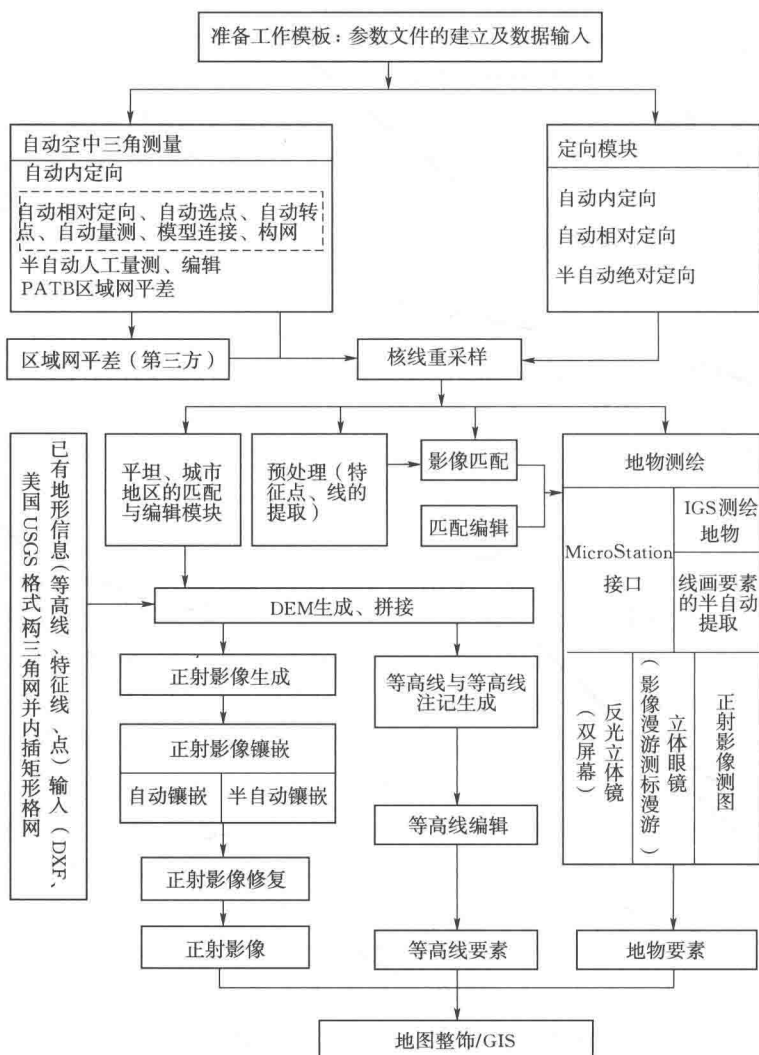


图 1.2 VirtuoZo NT 工作流程



1.3 遥感数字图像处理

遥感一词来自英语 Remote Sensing, 即“遥远的感知”。广义上遥感就是利用探测仪器, 不与探测目标接触, 从远处获得被测物体的电磁波辐射特征、力场特征和机械特征等信息并记录下来, 据此进行探测和识别被测物体者皆可称为遥感, 即无接触的远距离探测。狭义的遥感是指从一定距离对被测目标从紫外到微波波段发射或反射的电磁波信息进行探测, 从而达到对被测物体的识别。

遥感是以航空摄影技术为基础, 在 20 世纪 60 年代初发展起来的一门新兴技术。遥感发展的初期阶段是航空遥感。1972 年美国第一颗陆地卫星发射成功后, 标志着航天遥感时代的开始。经过几十年的迅速发展, 目前遥感技术正广泛应用于资源环境、水文、气象、地质地理等领域, 成为一门实用的、先进的空间探测技术。

遥感技术获取的信息量极大, 其处理手段是人力难以胜任的, 为了提高对庞大数据的处理速度, 遥感数字图像处理技术随之得以迅速发展。目前通用的遥感图像处理软件有美国 ERDAS LLC 公司开发的 ERDAS Imagine 以及美国 Research System INC 公司开发的 ENVI, 以及国产遥感图像处理软件包括国家遥感应用技术研发中心研发的 IRSA、中国林业科学院与北京大学遥感与地理信息系统研究所联合开发的 SAR INFORS 以及中国测绘科学研究院与四维公司联合开发的 CASM ImageInfo。

1.3.1 遥感数字图像处理概述

遥感数字图像是数字形式的遥感图像。数字图像最基本的单位是像素。像素是模/数(A/D)转换中的取样点, 是计算机图像处理的最小单元。遥感数字图像处理是利用计算机图像处理系统对遥感图像中的像素进行系列操作的过程。

遥感数字图像处理的主要内容包括以下 3 个方面:

(1) 图像增强。图像增强是指利用光学仪器或电子计算机等手段, 改变图像的表现形式和影像特征, 使图像变得更加清晰可判, 目标物更加突出易辨。图像增强常用的方法有灰度拉伸、平滑、锐化、彩色合成、主成分变换、代数运算等。

(2) 图像校正。图像校正主要是对传感器或环境造成的退化图像进行模糊消除、噪声滤除、几何失真或非线性改正。在进行信息提取前, 必须对遥感图像进行校正处理, 以使图像信息能够正确地反映实际地物信息或物理过程。图像校正主要包括辐射校正和几何校正。

(3) 图像分类。图像分类则是通过电子计算机对遥感图像上的目标进行自动识别和类型划分, 直接得到解译结果。

1.3.2 遥感数字图像处理过程

遥感数字图像处理包括 3 个阶段: 输入、处理和输出。

(1) 数据的输入。采集的数据中包括模拟数据(航空像片等)和数字数据(卫星图像等)两种。模拟数据需要经过影像数字化, 转换成数字影像后输入到计算机中。

(2) 校正处理。对进入处理系统的数据, 必须进行辐射校正和几何纠正。



(3) 变换处理。把某一空间数据投影到另一空间上,使观测数据所含的一部分信息得到增强。

(4) 分类处理。根据地物光谱特征和几何特征,确定不同地物信息的提取规则。在此基础上,利用该规则从校正处理后的遥感数据中提取各种有用的地物信息。

(5) 结果输出。处理结果可分为两种:一种是以模拟数据形式输出,即图像数据经D/A变换后得到模拟数据,并输出到显示装置及胶片上;另一种是以数字数据形式输出,这类数据可直接成为地理信息系统等其他处理系统的输入数据。

1.3.3 遥感数字图像处理系统

数字图像处理需要借助数字图像处理系统来完成。遥感数字图像处理系统包括硬件系统和软件系统两大部分。

1.3.3.1 硬件系统

硬件系统是进行图像处理所必须具备的设备,包括输入、存储、处理、显示、输出等设备。

(1) 输入设备。以不同方式存储的数据,需要不同的输入设备将原始数据输入到计算机中。存储在CCT磁带上的卫星图像数据,输入设备是磁带机;如果是卫星影像、航空像片这一类记录在胶片(相纸)上的数据,需要经过扫描,用光-电转换方式将影像数字化,输入设备有扫描数字化仪、飞点扫描器等;对于以线划符号描述信息的专业图件,则采用矢量数字化的方式,输入设备为数字化仪。

(2) 处理系统。一个完整的处理系统包括计算机和显示设备。对计算机系统的要求是:有一定的计算速度、一定容量的内存和大容量磁盘存储器。显示设备用于观察、监测处理过程和结果图像,并能对图像进行一定的处理,显示设备中包括大容量的随机存储器阵列、彩色显示屏幕以及显示操作部件。遥感数字图像的数据量很大,需要大容量的存储设备来保存数据。常用的存储设备有磁盘、光盘、光盘塔、磁带等。

(3) 输出设备。输出设备用于记录处理的结果。显示器是基本的图像显示设备。显示的图像可以通过硬拷贝转换到幻灯片、照片或透明胶片上。磁带机既是输入设备又是输出设备,绘图仪、打印机也是常用的输出设备。

1.3.3.2 软件系统

遥感数字图像处理系统包括系统软件和应用软件,应用软件又可进一步分为图像处理软件和专题应用软件。系统软件是现代计算机系统不可分割的组成部分,它的功能是对计算机系统资源进行集中管理(如处理器管理、存储管理、输入/输出设备管理以及文件管理等),以提高系统的利用率;它提供各种语言处理,为用户服务,是用户和计算机系统的一个界面。软件系统一般包括操作系统,各种语言编译、解释程序,服务程序以及数据库管理系统和网络通信软件等。

图像分析处理软件是指对遥感图像进行各种专题处理时,均要用到的一些基本的图像处理软件。如图像数据的格式转换、输入/输出,图像的校正、变换、增强、配准、镶嵌、显示,各种算术和逻辑运算,特征参数的提取及监督分类和非监督分类等。

专题应用软件是解决各种专业具体问题的软件。



下面介绍几种常用的遥感图像处理软件。

(1) ERDAS IMAGINE。ERDAS IMAGINE 是美国 ERDAS 公司开发的遥感图像处理系统。它以其先进的图像处理技术,友好、灵活的用户界面和操作方式,面向广阔应用领域的产品模式,服务于不同层次用户的模型开发工具以及高度的 RS/GIS(遥感图像处理和地理信息系统)集成功能,为遥感及相关应用领域的用户提供了内容丰富而功能强大的图像处理工具,代表了遥感图像处理系统未来的发展趋势。

ERDAS IMAGINE 面向不同需求的用户,对于系统的扩展功能采用开放的体系结构,以 IMAGINE Essentials、IMAGINE Advantage、IMAGINE Professional 的形式为用户提供了低、中、高三档产品架构,并有丰富的功能扩展模块供用户选择,使产品模块的组合具有极大的灵活性。

1) 完整的一体化系统。ERDAS IMAGINE 系统的开发与软件工程原理构成完整一体化的系统,不是若干部分拼凑的,易于使用、开发、维护,全菜单操作,无论 UNIX 还是 Windows 平台均一样使用。直接支持与 GPS 的连接与驱动,获取野外数据并同时进行坐标转换。具有更加贴近应用的快速人工解译。使得在遥感影像上解译与标注更加快捷,并能快速绘图输出,可广泛应用于水利、军事与地矿等需要人工快速解译的部门及其他应用领域。

2) 窗口管理得当。ERDAS IMAGINE 系统具有非常友好、方便地管理多窗口的功能。不论是几何校正还是航片、卫片区域正射校正以及其他与多个子窗口有关的功能,IMAGINE 都可将相关的多个窗口非常方便地组织起来,免去用户开关窗口、排列窗口、组织窗口的麻烦,应用方便,因而加快了产品的生产速度。IMAGINE 的窗口还提供了整倍的放大缩小、任意矩形放大缩小、实时交互式放大缩小、虚拟及类似动画游戏式漫游等工具,方便对图像进行各种形式的观看与比较。

3) 图像读取直接。ERDAS IMAGINE 系统具有十分丰富的栅格图像及矢量图形直接读取及转换功能,它支持多种数据格式。特别是对常用的 TIFF 格式可以直接进行操作,可以不经转换地读取、查询、检索其 Coverage、GRID、SHAPEFILE、SDE 矢量数据,并可以直接编辑 Coverage、SHAPEFILE 数据,这对于人工解译非常方便,将 RS/GIS 紧密结合在一起,减少工序,提高效率。另外,还可以直接作为 ArcSDE(空间数据管理引擎)的客户端,读取关系数据库里面的矢量数据与影像数据,这在建立影像库与应用当中是很好的客户服务器结构应用典范。

4) 支持海量数据。ERDAS IMAGINE 系统支持海量数据,如果操作系统及磁盘允许,其图像可以达到 48TB 大小(其他软件不超过 2GB)。可以直接读取 MrSid 压缩图像以及 SDE 数据,为海量数据的管理及应用提供了可能。

5) 提供高分辨率的工具。ERDAS IMAGINE 在传统多光谱分类方法基础之上,还提供了专家工程师及专家分类器工具,为高光谱、高分辨率图像的快速高精度分类提供了可能。此工具突破了传统分类只能利用光谱信息的局限,可以利用空间信息辅助分类。此工具可将积累的几乎所有数字信息进行分类,是分类应用的一大飞跃。在高光谱影像处理方面,在已有功能的基础之上,又增加了 4 个专业处理与分类工具:异常检测、目标检测、物质成分制图、物质标志工具。



6) 可进行客户化编辑。ERDAS IMAGE 系统提供了图形化模型构造工具, 用户可以对本身应用的功能进行客户化的编辑, 满足自己专业的独特需求。还可以将自己多年探索、研究的成果及工作流程以模型的形式表现出来。模型既可以单独运行也可以和界面结合像其他功能一样运行。其提供的批处理功能既可以一次完成多个同样的操作, 也可以将多个相连接的过程合并为一个来处理完成。通过设置处理时间可以避免计算机的繁忙时段, 减少用户的干预, 加快处理速度。

7) 强大的三维可视化分析工具。ERDAS IMAGE Virtual GIS 是强大的三维可视化分析工具, 它超越了简单的三维显示或者建立简单的飞行穿行观察, 还可以在野外或空中记录 GPS 的坐标作为飞行路线, 然后回室内回放。能够在真实的虚拟地理信息环境中(具有真实大地坐标与投影)交互处理, 可以进行洪水淹没评估、不同观测站间的可视性分析及视线区分分析。可以通过设置雾浓度、太阳高度、水波纹, 特别是可以沿点/线/面的矢量数据所确定的范围直接快速叠加三维模型来模拟真实情况, 还可让景观中的模型沿各自的路线飞行。

本教程配套的遥感图像处理实训采用 ERDAS IMAGE 软件。

(2) ENVI。ENVI (The Environment for Visualizing Images) 是一套功能齐全的遥感图像处理系统, 是处理、分析并显示多光谱数据、高光谱数据和雷达数据的高级工具。获得 2000 年美国权威机构 NIMA 遥感软件测评第一。

ENVI 包含齐全的遥感影像处理功能: 常规处理、几何校正、定标、多光谱分析、高光谱分析、雷达分析、地形地貌分析、矢量应用、神经网络分析、区域分析、GPS 连接、正射影像图生成、三维图像生成、丰富的可供二次开发调用的函数库、制图、数据输入/输出等功能组成了图像处理软件中非常全面的系统。对处理的图像波段数没有限制, 可以处理最先进的卫星格式, 如 Landsat7、IKONOS、SPOT、RADARSAT 等, 并准备接受未来所有传感器的信息。

1) 良好的图形用户界面。ENVI 的图形用户界面直观方便, 操作便捷。用户还可以借助 ENVI 的底层开发语言 IDL 定制 GUI, 以满足自己特定的图像处理需求。

2) 高光谱和多光谱数据的处理与分析。ENVI 能够充分提取图像信息, 具备全套完整的遥感图像处理工具, 能够进行文件处理、图像增强、掩膜、预处理、图像计算和统计, 完整的分类及后处理工具, 及图像变换和滤波工具、图像镶嵌、融合等功能。ENVI 遥感图像处理软件具有丰富完备的投影软件包, 可支持各种投影类型。同时, ENVI 还创造性地将一些高光谱数据处理方法用于多光谱影像处理, 可更有效率地进行知识分类、土地利用动态监测。

3) 便捷地集成栅格与矢量数据。ENVI 包含所有基本的遥感影像处理功能, 如校正、定标、波段运算、分类、对比增强、滤波、变换、边缘检测及制图输出功能, 并可以加注汉字。ENVI 具有对遥感影像进行配准和正射校正的功能, 可以给影像添加地图投影, 并与各种 GIS 数据套合。ENVI 的矢量工具可以进行屏幕数字化、栅格和矢量叠合, 建立新的矢量层、编辑点、线、多边形数据, 缓冲区分析, 创建并编辑属性并进行相关矢量层的属性查询。

4) 强大的空间三维建模分析与虚拟 GIS 能力。利用 ENVI 可进行空间建模分析和虚