

普通高等院校地理信息科学系列教材

地理空间数据获取与处理

崔铁军 等 编著



科学出版社

普通高等院校地理信息科学系列教材

地理空间数据获取与处理

崔铁军 等 编著

天津市品牌专业经费资助



科学出版社

北京

内 容 简 介

地理空间数据获取与处理是地理信息技术重要内容之一,是近年来地理信息科学研究的热点,也是地理信息技术发展最迅速的领域。本书全面介绍了地理空间数据获取与处理的理论方法、技术流程、软件系统和工程方法,讨论了地理空间数据获取与处理技术产生、发展过程,介绍了地理空间数据获取与处理研究内容,特别是对地理空间数据的数据源、获取方法、处理方法和过程进行详细论述,同时还介绍了地理空间基准与误差处理、数字测图、地图数字化、基于摄影测量的立体影像数字化测图、遥感图像处理与模式识别、三维激光测量与地物提取、数字高程模型建立、矢量数据处理、栅格数据处理与矢量化、地物三维建模和水深测量等方法。

本书条理清晰、叙述严谨、实例丰富,既适合作为地理信息科学专业或相关专业本科生、研究生教材,也可供从事信息化建设、信息系统开发等有关科研、企事业单位的科技工作者研读。

图书在版编目(CIP)数据

地理空间数据获取与处理 / 崔铁军等编著. —北京: 科学出版社, 2015.11
普通高等院校地理信息科学系列教材

ISBN 978-7-03-046240-4

I. ①地… II. ①崔… III. ①地理信息系统-数据处理-高等学校-教材
IV. ①P208

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 264574 号

责任编辑: 杨 红/责任校对: 赵桂芬

责任印制: 徐晓晨/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>

北京厚诚则铭印刷科技有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2015年11月第一版 开本: 787×1092 1/16

2015年11月第一次印刷 印张: 22

字数: 550 000

定价: 58.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

本书编写人员名单

崔铁军 郭继发 霍红元 连 懿
梁玉斌 刘朋飞 毛 健 宋宜全

前 言

德国哲学家伊曼努尔·康德把人类的知识分成三类:①研究特定对象的领域(如生物学);②按时间顺序研究对象的领域(如历史学);③按空间关系研究对象的领域(如地理学)。作为地理知识源泉,地理信息(geographic information)是指与空间地理分布有关的地表物体和环境固有的数量、质量、分布特征、联系和规律的数字、文字、图形、图像等的总称。随着现代科学技术的发展,特别是借助近代数学、空间科学和计算机科学,人们已能够迅速地采集地理空间的几何信息、物理信息和人文信息,并适时适地地识别、转换、存储、传输、显示并应用这些信息。人们以现代信息技术为手段,以信息科学为基础研究解决有关地球信息科学问题,逐步形成一门从信息流的角度研究地球表层自然要素与人文要素相互作用及其时空变化规律的科学——地理信息科学。三十多年来,地理学科也如饥似渴地吸收信息科学的精华,与计算机技术结合,形成了网络、嵌入式和组件式等各种各样的地理信息系统(geographic information system, GIS)。同时,面对艰巨而复杂的地理信息系统工程建设的任务,应用工程化方法,人们逐步完善形成了需求分析、系统设计、实施管理、质量评估和标准体系等地理信息工程技术体系。它被广泛应用于国民经济的许多部门。地理信息科学是以应用为目的,以技术为引导,为社会各行各业服务中逐步从地理学、测绘学和信息学中自然形成的一门边缘学科。学科内容涵盖了基础理论、技术体系、软件系统、工程质量标准和应用领域五个部分。

作者到天津师范大学城市与环境科学学院工作以来,一直致力于地理信息科学专业的教学改革,在教改过程中以地理信息系统应用为牵引,以地理科学理论和测绘科学技术为基础,以计算机数据库作为数据储存和管理的支撑,以计算机编程为平台,逐步完善了地理信息的获取、处理、存储、管理、提取、可视化和分析等技术体系。地理空间数据的获取与处理作为地理信息系统的重要技术之一,是地理信息科学本科教学中的重要教学内容。但地理空间数据的获取与处理涉及面广,几乎涵盖了现代测绘科学的所有内容,而且研究范围较之现代测绘学更加广泛,在教学过程中没有适合学生使用的教材,这是作者编写这本教材的主要初衷。

随着计算机的发展和应用,社会急剧信息化过程中对地理信息的强大需求推动了地理信息系统的应用与发展。地理信息工程建设的首要任务是地理空间数据的获取与处理,强大的需求带动了技术的迅猛发展。

地理空间数据获取与处理的核心是将外业实地测量、现有的地图、数字地图、外业观测成果、航空摄影像片、卫星遥感图像、文本资料转换成地理信息系统所需要的数据产品。不同数据产品需要不同数据获取方法,不同类型的数据输入需要用到不同的设备。不同的数据源加工成所需的数据产品需要不同的处理方法技术。根据地理信息系统应用需求,不同的数据源、不同的数据获取方法和采用不同的处理技术就构成了地理空间数据获取与处理的研究内容,这些技术方法成为地理信息科学极其重要的组成部分。编著这本书的目的是抛砖引玉,旨在引起国内学者对地理空间数据获取和处理技术的探讨和思考,关注地理空间数据获取和

处理技术研究,推动地理信息科学的发展。但由于作者水平有限,再加上地理空间数据获取与处理技术还处在不断发展和完善阶段,书中疏漏在所难免,希望相关专家学者及读者给予批评指正。

参与本书编写的有天津师范大学地理信息科学专业的郭继发、宋宜全、刘朋飞、毛健、梁玉斌、连懿、霍红元等老师,其中,郭继发负责第四章地图数字化和第十章矢量数据处理;宋宜全负责第十二章地物三维模型建模;刘朋飞负责第五章数字摄影测量;毛健负责第二章地理空间基准及误差处理和第三章地面数字测图;梁玉斌负责第七章三维激光扫描和第八章水深测量;连懿负责第十一章栅格数据处理;霍红元负责第六章遥感图像处理;其他章节由崔铁军负责。全书由崔铁军最终定稿。在本书撰写过程中,在读研究生协助完成了插图绘图和初稿校对等工作。对此,向他们表示衷心的感谢。还需要说明的是,本书在编著过程中吸收了大量国内外有关论著的理论和技术成果,书中仅列出了部分参考文献,未公开出版的文献没有列在书后参考文献中,尽量在正文当页下方作了脚注,部分资料可能来自于某些网站,但未能够注明其出处,在此向被引用资料的作者表示感谢。

值此成书之际,感谢天津师范大学城市与环境科学学院领导和老师的支持,感谢历届研究生在地理信息科学研究方面所作出的不懈努力!

作者

2015年8月1日于天津

目 录

前言	
第一章 绪论	1
1.1 概述	1
1.2 研究内容	6
1.3 发展趋势	30
1.4 与其他学科关系	36
1.5 本书主要内容	38
第二章 地理空间基准及误差处理	40
2.1 地理空间基准	40
2.2 坐标基准的转换	46
2.3 测量误差处理	49
第三章 地面数字测图	61
3.1 地面数字测图概论	61
3.2 野外数据采集	69
3.3 数字测图内业成图	78
第四章 地图数字化	86
4.1 地图数字化仪	86
4.2 地图扫描数字化	88
4.3 地图矢量数字化	96
4.4 地图智能矢量化处理	113
第五章 数字摄影测量	118
5.1 摄影测量学概述	118
5.2 数字摄影测量	125
5.3 数字摄影测量数据获取	131
5.4 倾斜摄影测量	144
第六章 遥感图像处理	150
6.1 遥感图像概论	150
6.2 遥感数据处理	157
6.3 遥感图像解译	175
第七章 三维激光扫描	186
7.1 三维激光扫描概述	186
7.2 机载三维激光扫描	194
7.3 车载三维激光扫描	202

7.4	地面三维激光扫描	204
7.5	激光扫描数据融合	212
7.6	数字表面模型构建	212
第八章	水深测量	214
8.1	水深测量概述	214
8.2	系统组成与工作原理	215
8.3	水深测量方法步骤	217
8.4	水深测量数据处理	219
8.5	等深线绘制	223
第九章	数字高程模型	225
9.1	数字高程模型基本概念	225
9.2	数字高程模型数据结构	230
9.3	不规则三角形 (TIN) 构建方法	236
9.4	规则数字高程模型插值方法	244
9.5	自动追踪等高线方法	249
第十章	矢量数据处理	254
10.1	拓扑关系建立	254
10.2	矢量数据编辑	262
10.3	矢量数据压缩	270
10.4	空间坐标变换	274
10.5	数据格式转换	277
第十一章	栅格数据处理	280
11.1	地理栅格数据概述	280
11.2	栅格数据组织	289
11.3	栅格数据编码	290
11.4	栅格数据矢量化	295
11.5	矢量数据栅格化	301
11.6	地理栅格重采样	308
第十二章	地物三维模型建模	312
12.1	建模内容与方法	312
12.2	建模流程	317
12.3	地物数据的获取与处理	318
12.4	模型制作	321
12.5	地物三维模型集成	339
12.6	模型质量控制	341
	主要参考文献	343

第一章 绪 论

地理空间数据是地理信息的重要载体。地理空间数据的获取与处理是地理信息科学重要的技术内容之一，是地理信息工程建设的首要任务。其核心是将外业实地测量、现有的地图、外业测量成果、航空像片、遥感图像、文本资料转换成地理信息工程所需要的数据产品。

1.1 概 述

1.1.1 地理空间数据

人们在认识自然和改造自然的活动中，长期以来用语言、文字、地图等手段表示或描述自然现象和人文社会文化的发生和演变的空间位置、形状、大小范围及其分布特征等方面的地理信息（图 1.1）。随着计算机技术和信息科学的引入，人们不得不将以连续的模拟方式存在于地理空间的空间物体离散化，用数字（数据）描述地球表面地理信息，以便计算机能够识别、存储和处理地理实体。空间物体离散化的基本任务就是将以图形模拟的空间物体表示成计算机能够接受的数字形式（数字化）。地理空间数据是指用来表示地理空间实体的位置、形状、大小及其分布特征诸多方面信息的数据，可以用来描述来自现实世界的目标，具有定位、定性、时间和空间关系等特性。

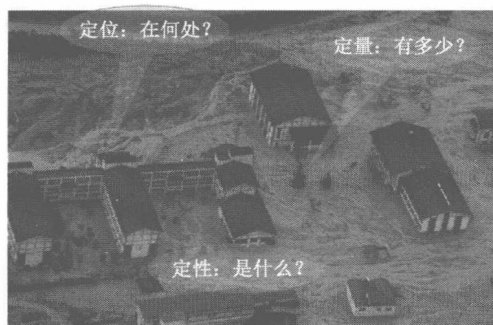


图 1.1 地理实体的描述

1. 地理实体的数据描述

1) 地理现实世界

地理学是研究地球表面自然和人文社会现象及发展规律的科学，借助于外感官，探讨地球表面众多现象、过程、特征以及与人类和自然环境的相互关系在空间及时间上的分布。地理现实世界是复杂多样的，要正确地认识、掌握与应用这种广泛而复杂的现象，需要进行去粗取精、去伪存真的加工，这就要求对地理环境进行科学的认识。对于复杂对象的认识是一个从感性认识到理性认识的抽象过程。对于同一客观世界，不同社会部门或学科领域的人群，往往在所关心的问题、研究的对象等方面存在着差异，这就会产生不同的环境映像。

2) 地理现实世界抽象表达

人类自从有了语言就学会了抽象表达。人类借助于外感官了解外面的地理现象,在认识过程中,从感性认识上升到理性认识,把所感知事物的共同本质特点抽象出来,加以概括,就成为概念。概念层次的世界充满了复杂的形状、样式、细节。人类在表达概念的过程中形成语言,包括自然语言、文字和图形。用图形表示地理世界就有了地图。地图用简单的、抽象的地图符号描述复杂的地理现象。地图在抽象概括表达过程中用两种概念来描述现实世界。

第一种抽象为场。地理现象在空间上是连续的充满地球表层空间的。地球表面的任何一点都处于三维空间,如果包含时间,是四维连续世界,如大气污染、大气降雨、地表温度、土壤湿度以及空气与水的流动速度和方向等。

借助物理学中场的概念,把地理空间连续的事物和现象表示成一类具有共同属性值的地理实体或者地理目标的集合,根据应用的不同,场可以抽象表示为二维或三维。一个二维场就是在二维空间中任何已知的点上,都有一个表现这一现象的值;而一个三维场就是在三维空间中对于任何位置来说都有一个值。基于场模型在地理空间上任意给定的空间位置都对应唯一的属性值。根据这种属性分布的表示方法,基于场模型可分为图斑模型、等值线模型和选样模型。

图斑模型是将一个地理空间划分成一些简单的连通域,每个区域用一个简单的数学函数表示一种主要属性的变化。根据表示地理现象的不同,可以对应不同类型的属性函数。比较简单的情况是,每个区域中的属性函数值保持一个常数。图斑模型常常被用于描述土壤类型、土地利用现状、植被及生物的空间分布。除了单一属性值,还有多属性值的情况。

等值线模型经常被视为由一系列等值线组成,一条等值线就是地面上所有具有相同属性值的点的有序集合。用一组等值线将地理空间划分成一些区域,每个区域中属性值的变化是相邻两条等值线的连续插值。等值线模型常表示等高线、等温线、大气压、地下水文线等。

选样模型是以有限的抽样数据表达地球表面无限的连续现象,地理现象在地理空间上任何一点的属性值是通过有限个点的属性值插值计算的。按采样点选择模型分为无规律的离散点和规则格网点。

第二种抽象为对象。地球表层空间被散布的各种对象所填充,对象之间具有明确的边界,每一个对象都有一系列的属性。基于对象的思想是采用面向实体的构模方法,将地球表面的现实世界抽象为点、线、面、体的基本单元,每个基本单元表示为一个实体对象。每个实体对象的几何位置和形态用矢量坐标表示。每个实体对象均赋以唯一的标识来表示,并用属性表表示实体对象的质量和数量特征。

几何数据是描述空间对象空间形态特征,用来描述空间实体的位置、形状、大小的信息,也称位置数据、定位数据,一般用经纬度、坐标表达。

属性数据是描述空间对象的质量和数量特性,表明其“是什么”,又称非几何数据,一般通过代码给予表达。属性数据是对地理要素进行语义定义。它包括各个地理单元中社会、经济或其他专题数据,是对地理单元(实体)专题内容广泛、深刻的描述,如对象的类别、等级、名称、数量等。

关系数据用于描述各个不同空间实体之间的关系(如邻接、关联、包含、连通、接近度),一般通过拓扑关系表达。

除了这三种基本信息外,地理实体变化也是一个很重要的特征。时间特征在传统地图中用资料说明和编图时间来反映,在基础地理数据中常用元数据和作业时间来表达,描述地理

数据的几何数据随时间各自独立变化,时间因素赋予地图要素动态性质,时间因素也是评价空间数据质量的重要因素。

3) 地理现实世界数字表达

为了使计算机能够识别、存储和处理地理现象,人们把地理实体数字化,表示成计算机能够接受的数字形式。数据是地理信息表达的一种形式,可以是数字、文字、图形、图像和声音等多种形式。由于人们对地理现实世界的描述只能抽象表达,所以,用数据描述地理世界只能在抽象表达基础上用有限的对象描述,而不能也没有必要全面、详尽、保真地复制地理现象本身。用数据世界描述地理世界有两种形式:①基于场的观点,表达连续现象的栅格数据;②基于对象观点,表达地理离散现象的矢量数据(图 1.2)。

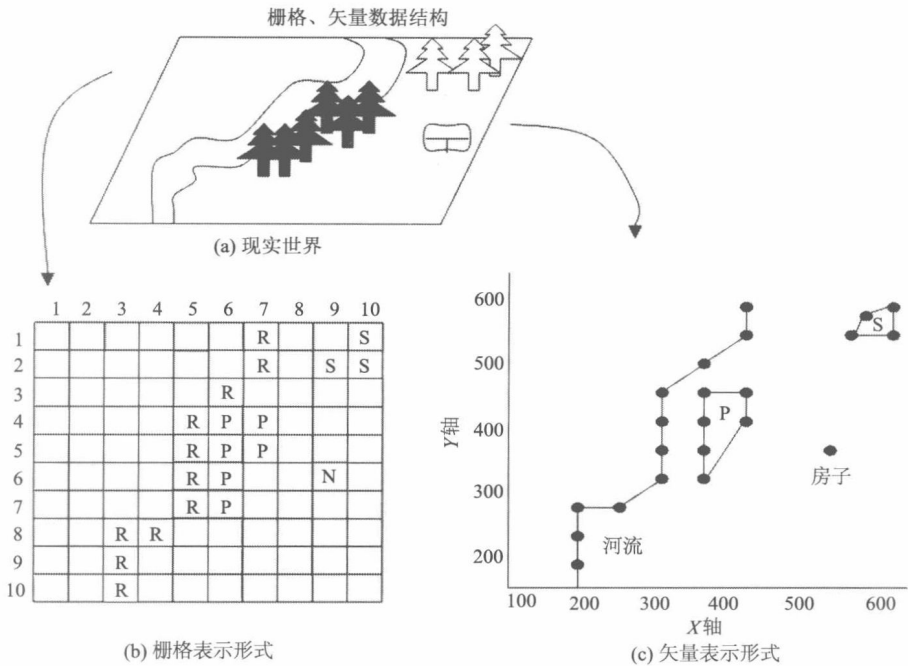


图 1.2 地理实体的数据描述

矢量数据就是在直角坐标系中,用 X 、 Y 坐标表示地图图形或地理实体的位置和形状的数据。通过记录实体坐标及其关系,尽可能精确地表现点、线、多边形等地理实体,坐标空间设为连续,允许任意位置、长度和面积的精确定义。矢量数据结构是利用欧几里得几何学中的点、线、面及其组合体来表示地理实体空间分布的一种数据组织方式。这种数据组织方式能最好地逼近地理实体的空间分布特征,数据精度高,数据存储的冗余度低,便于进行地理实体的网络分析。

栅格数据就是按栅格阵列单元的行和列排列的有不同“值”的数据集。栅格结构是以大小相等、分布均匀、紧密相连的像元(网格单元)阵列来表示空间地物或现象分布的数据组织,是最简单、最直观的空间数据结构,它将地球表面划分为大小均匀、紧密相邻的网格阵列。每一个单元(像素)的位置由它的行列号定义,所表示的实体位置隐含在栅格行列位置中,数据组织中的每个数据表示地物或现象的非几何属性或指向其属性的指针。点实体由一个栅格像元来表示;线实体由一定方向上连接成串的相邻栅格像元表示;面实体(区域)由具有相同属性的相邻栅格像元的块集合来表示。

2. 地理空间数据的特征

地理空间数据代表了现实世界地理实体或现象在信息世界的映射，是地理空间抽象的数字描述和离散表达。地理空间数据是描述地球表面一定范围（地理圈、地理空间）内地理事物（地理实体）的位置、形态、数量、质量、分布特征、相互关系和变化规律的数据。地理空间数据作为数据的一类，具有空间特征、属性特征和时间特征三个基本特征外，还具备抽样性、时序性、详细性与概括性、专题性与选择性、多态性、不确定性、可靠性与完备性等特点。这些特点构成了地理空间数据与其他数据的差别。

1.1.2 地理空间数据获取与处理过程

地理空间数据的获取与处理是建设地理信息工程的基础工作。因地理空间数据的来源不同，数据存在的类型和格式不同，数据的获取方法也是不同的。地理空间数据获取与处理一般有地理信息的获取、处理和质量检查三个过程，最终得到地理信息数据产品，如图 1.3 所示。

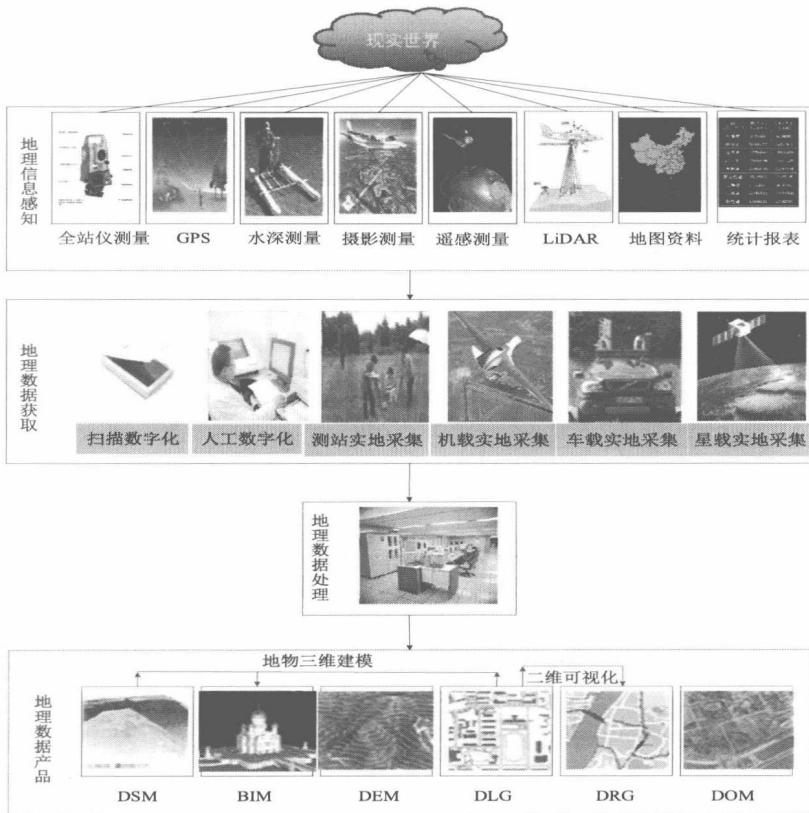


图 1.3 地理空间数据获取与处理过程

1. 地理信息感知

地理信息感知就是利用位置传感器测量地球表面地物实体的空间坐标和几何形态。常用的地理信息感知手段有测量仪器（全站仪）实地测量、卫星定位系统测量、多波束测深系统（水深测量）、摄影测量、遥感（remote sensing, RS）、激光雷达、地图及统计资料等方法。

2. 地理数据获取

地理空间数据的获取常以测绘技术为基础,利用不同位置的感知器采用不同测量方法、不同数据处理方法和不同处理软件系统进行。

(1) 实地测量,是利用电子经纬仪、光电测距仪、全站型电子速测仪、GPS RTK 技术等先进测量仪器和技术对地球表面局部区域内的各种地物、地貌特征点的空间位置的获取与处理方法。应用大比例尺地面数字测图软件系统,完成地面地形空间数据进行采集、输入、编辑、成图、输出整个过程。

(2) 航空摄影测量,是利用摄影测量的外业调查,获取地形地物和数字高程模型等三维数据。

(3) 遥感获取,是利用遥感图像的几何处理和影像模式识别处理方法,获取地物数据。

(4) 地图数字化,是利用地图几何处理、几何匹配、数据压缩、多边形拓扑关系自动生成和数据质量检查方法。用以实现地理实体的图形数据和属性数据的采集、编辑和质量检查。

3. 地理数据处理

由于数据在获取过程中都不同程度地存在错误或误差,依据地理信息应用对数据组织管理的需求,需要对数据进行加工、编辑和处理。地理空间数据处理是对位置传感器所采集的各种数据,按照不同的方法对数据进行编辑运算,清除数据冗余,弥补数据缺失,进行数据文件格式转换,形成符合用户需求的数据产品。处理方法主要有误差修正(设定容许值、连接接点、重建拓扑关系)、边界匹配、数据格式的转换、投影变换、坐标变换、图像纠正、图像解译和精度评价等。

4. 地理数据产品

地理数据产品是地理空间数据获取与处理的结果。国家基础地理信息产品主要有四种基本模式,即数字高程模型、数字正射影像图、数字栅格地图和数字线划地图。随着倾斜摄影测量和机载激光雷达(light detection and ranging, LiDAR)技术的成熟应用,所获取高精度、高分辨率的数字表面模型,以及通过加工所生成的三维地物模型和建筑信息模型等能充分表达城市三维空间的起伏特征,已成为新的地理信息数据产品。

国家制定了地理数据产品标准,适用于基础地理信息数据产品的生产、建库、更新与分发服务应用。标准规定了数字正射影像图、数字高程模型、数字线划图、数字栅格地图的元数据内容、结构和格式。主要内容包括元数据文件的结构、记录、内容和格式等。同时,国家制定了地理信息数据产品元数据标准,规定了元数据文件的结构,内容包括有关数据源、数据分层、产品归属、空间参考系、数据质量(数据精度、质量评价)、数据更新、图幅接边等方面的信息。标准对元数据文件的记录提出了要求,即规定了元数据记录内容的一般规定和其他规定。另外,还分别采用表的形式规定了数字栅格地图元数据、数字正射影像图元数据、数字高程模型元数据和数字线划图元数据文件的内容和格式。

5. 产品质量检验

在地理信息工程建设过程中,地理数据是一个极为重要的因素,数据质量的优劣将决定整个地理信息系统应用的成败。建设高质量地理信息数据绝非易事,首先要求有高质量、规范化、准确、标准统一、完备性、适宜性和现势性强的地理数据,还要求空间基准、地理属性、完整性和正确性、逻辑一致性、拓扑关系等质量因素严格按照技术设计和标准执行。

产品质量特性表现在空间位置、属性数据精度、时域、空间数据逻辑一致性、空间数据

的完整性、空间数据及地图数据可视化的空间关系正确性等几个方面。它们之间既相互联系又相互影响，空间数据随时间而变化，可能会引起空间位置、空间实体属性及空间数据间拓扑关系的变化，常出现空间数据的不完备性、空间属性数据概念的模糊性和不确定性等问题，所有这些造成了空间数据的质量问题。

地理空间数据质量检测包括四个方面，分别是地理空间数据格式检查、拓扑关系检查、位置关系检查及逻辑一致性检查。不同的检测内容对应不同的检查手段和算法，并有数据质量检测系统。

1.1.3 地理空间数据获取与处理在学科中的地位

地理信息科学涵盖了基础理论、技术体系、软件系统开发设计、工程质量标准和应用五个部分。技术体系包括地理空间数据的获取与处理、存储与管理、空间分析和可视化制图等四个部分，如图 1.4 所示。

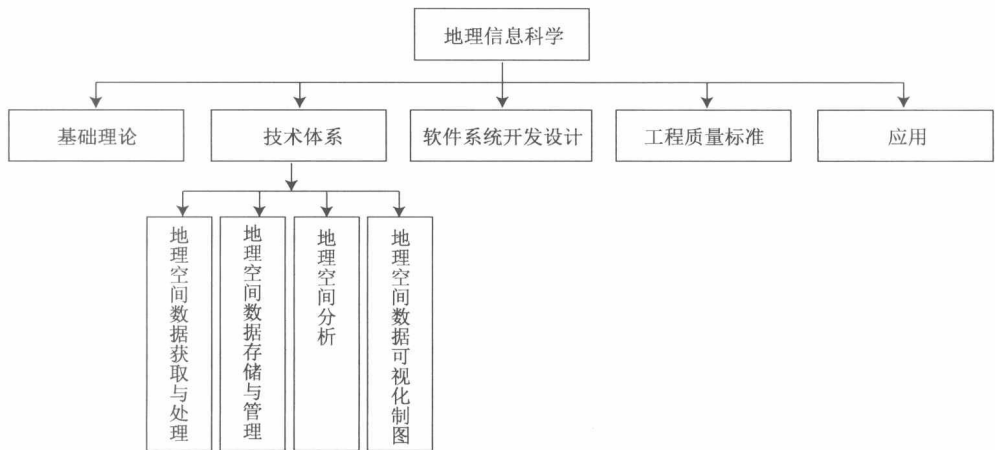


图 1.4 地理空间数据获取与处理在学科中的地位

地理空间数据获取与处理技术是地理信息科学的重要技术之一。地理信息获取与处理技术核心是将外业实地测量、现有的地图、数字地图、外业观测成果、航空摄影影像、卫星遥感图像、文本资料转换成地理信息系统所需要的数据产品。地理空间数据获取与处理是地理信息工程建设的首要任务，也是地理空间信息工程建设中最昂贵的部分。地理空间数据是地理信息系统管理和存储对象，也是地理空间分析和可视化的基础。

1.2 研究内容

1.2.1 地理信息感知技术

人类研究和认识自己赖以生存的地理环境（主要指地球的四大圈层——岩石圈、水圈、大气圈、生物圈），包括位置、分布、关系、变化和规律等，离不开地理空间认知。地理空间认知包括地理感知、表象再现、地理记忆和地理思维四个过程。人们认识地理总是从感知开始的，没有感知地理事物和现象，就不能获得丰实的地理感性知识，更不能获取地理信息。人的五官生来就是为了感受信息的，它们是信息的接收器，它们所感受到的一切，都是信息。然而，大量的信息是我们的五官不能直接感受的，人类正通过各种手段，发明各种仪器来感

知它们,发现它们,扩展人类的信息器官功能,提高人类对信息的接收和处理能力,实质上就是扩展和增强人们认识世界和改造世界的能力。地理感知是多层次的,一般按感知程度从低到高依次可分为地理语言文字感知、图像感知及地理实地测绘考察。

实地测绘是以地球和地球表面上的实体为对象,在实地上直接测量,经过综合取舍,按一定的比例绘制成图。测量就是利用测量仪器测定物体的形状、大小和空间位置。描绘就是将测定的物体用地图的方式表达出来。随着测绘仪器的更新和测绘技术、计算机技术的发展,传统的测绘技术方法逐渐被数字测绘技术方法所取代。利用电子经纬仪、光电测距仪、全站型电子速测仪、全球卫星定位等先进测量仪器和技术可直接获得地球表面局部区域内的各种地物、地貌特征点的空间位置等矢量数据,实现地面地形空间数据的采集、输入、编辑、成图、输出整个过程数字化作业。这些数据通过软件处理和编辑可以形成高精度的地形、地籍和其他专题地理信息数据,为地理信息系统提供准确和现势性好的资料。

1. 全站型电子速测仪

全站型电子速测仪 (electronic total station) 是一种集光、机、电为一体的高技术测量仪器,是集水平角、垂直角、距离(斜距、平距)、高差测量功能于一体的测绘仪器系统,简称全站仪。根据测角精度可分为 $0.5''$ 、 $1''$ 、 $2''$ 、 $3''$ 、 $5''$ 、 $10''$ 等几个等级。根据电子经纬仪的自动记录、储存、计算功能,以及数据通信功能,智能型全站仪 (robotic total station) 安装了自动目标识别与照准的新功能,进一步克服了需要人工照准目标的重大缺陷,实现了全站仪的智能化。在相关软件的控制下,智能型全站仪在无人干预的条件下可自动完成多个目标的识别、照准与测量,进一步提高了测量作业的自动化程度。全站仪主要获取地物三维坐标 (X, Y, Z) 值。

2. 全球卫星定位技术

美国的全球定位系统 (global positioning system, GPS) 是基于无线电定位原理,由 24 颗距离地面 12000km 的 GPS 卫星组成。在地面上的任意一点都可以同时观测到 4 颗以上的卫星。利用三维坐标中的距离公式,利用 3 颗卫星,就可以组成 3 个方程式,解出观测点的位置 (X, Y, Z)。考虑卫星的时钟与接收机时钟之间的误差,实际上有 4 个未知数, X 、 Y 、 Z 和钟差,因而需要引入第 4 颗卫星,形成 4 个方程式进行求解,从而得到观测点的经纬度和高程。

全球卫星定位系统包括三个部分:太空中的 24 颗 GPS 卫星、地面上 1 个主控站和用户接收机,可以为地球表面绝大部分地区提供准确的定位、测速和高精度的时间标准。

全球卫星定位系统使用的卫星接收机种类很多,根据型号分为测地型、全站型、定时型、手持型、集成型;根据用途分为车载式、船载式、机载式、星载式、弹载式。单 GPS 系统提供的定位精度优于 25m,而为得到更高的定位精度,通常采用差分 GPS 技术,载波相位差分技术可使定位精度达到厘米级。

3. 水深测量技术

水深测量技术,简称测深,是水下地形测量最主要的数据获取手段。测深方法主要有人工测量、测深声呐测量和机载激光雷达测量三种。测深声呐是根据超声波能在均匀介质中匀速直线传播,遇不同介质面产生反射的原理设计的。激光测深仪通过分析激光测水的回波波形来确定水底的位置。水深是指水面到水底的垂直距离。随着差分 GPS 的应用,传统的水深测量已逐步被内外业一体化水深测量所取代。该作业模式不仅无需验潮,而且能够有效消除

传统作业模式中船只动态吃水和涌浪等因素对测量成果的影响。

水深测量是测定水底点至水面的高度和点的平面位置的工作，是海道测量和海底地形测量的一个中心环节。江河湖泊也需要进行水深测量。水深测量因为水面受潮汐、海流、风浪等多种因素的影响，处于动荡不定的状态中，尤其是受潮汐的影响，水面随时在升降中，高潮和低潮之差，小的有1~2m，大的有10~20m。因此，外业测得的水深只是当时当地的瞬时深度，同一地点、不同时间测得的水深是不一样的，不同地点、不同时间测得的水深无法进行对比。为了使在不同时间测得的不同地点的水深有可比性，必须确定一个统一的基准面，这就是海道测量学中的深度基准面。海图上标注的水深值是仪器测量的瞬时深度与仪器测深瞬时位置经深度基准面改正后的值。

4. 惯性导航技术

惯性导航系统（inertial navigation system, INS）的工作机理是建立在牛顿经典力学的基础上的。一个物体如果没有外力作用，将保持静止或匀速直线运动，而且物体的加速度正比于作用在物体上的外力。如果能够测量得到加速度，那么通过加速度对时间的连续数学积分就可计算得到物体的速度和位置的变化。惯性测量系统是利用陀螺仪、加速度计等惯性敏感元件和电子计算机，实时测量运载体相对于地面运动的加速度，以确定运载体的位置和地球重力场参数的组合仪器。整个系统安装在运载体（汽车或直升机）上，主要包括惯性测量装置（其核心为加速度计、陀螺仪和万向支架）、电子计算机、控制显示器、数据存储记录器和电源。

惯性测量系统的优点是可以全天候工作，不受大气折射的影响，不要求相邻待测点之间通视，克服了传统大地测量所受的自然条件的限制。因此，惯性测量系统为大地控制网的加密和快速定位开辟了新的途径。惯性测量系统的缺点是仪器结构复杂，造价较高，维护工作繁重。但它仍是一种能满足动态测绘要求的全天候快速测量仪器。

5. 摄影测量技术

航空摄影测量是空间数据获取的主要技术手段，以飞机为平台，利用搭载于飞机上的专业相机在严格的几何条件下，对地面连续摄取像片，结合地面控制点测量、调绘和立体测绘等步骤，获取地面信息。

航空影像与地形图的本质区别是投影方式不同，航空影像是中心投影，而地形图采用垂直平行投影。航空摄影测量的主题是将地面的中心投影（航摄像片）变换为正射投影（地形图）。

近几年数字摄影测量应用计算机技术、数字影像处理、影像匹配、模式识别等多学科的理论与方法，通过对影像内容、特征、结构、关系、纹理及灰度等的对应关系、相似性和一致性分析，寻求相同影像目标的方法研究，提高了影像匹配的精确性、可靠性、算法的适应性及速度，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，完成影像几何与物理信息的自动提取。在少量的地面控制点的条件下，经过一系列的自动化处理，输出包括数字表面模型（DSM）、数字高程模型（DEM）和数字正射影像等产品。

倾斜摄影测量技术克服了正射影像只能从垂直角度拍摄的局限，可获得五个或更多角度的倾斜摄影影像，实现了城市建筑模型批量自动构建：一方面它使城市建筑三维建模成本大大降低；另一方面它能真实、快速、精确再现城市三维，使建立城市时空数据库成为可能。该产品的出现，解决了传统建筑三维建模过程中存在的采集制作周期长、建模费用高、测量精度差、感官不真实等问题。

6. 卫星遥感技术

卫星遥感技术集中了空间、电子、光学、计算机通信和地学等学科的最新成就,从人造卫星、飞机或其他飞行器上收集地物目标的电磁辐射信息,是非接触的、远距离的探测技术,是当代高新技术的一个重要组成部分。遥感是遥感卫星在太空探测地球地表物体对电磁波的反射及其发射的电磁波,从而提取该物体信息,完成远距离识别物体,将这些电磁波转换、识别得到可视图象,即遥感图像(remote sensing image)。遥感系统由遥感平台、传感器、信息传输设备、接收装置及图像处理设备等组成。传感器的种类很多,主要有照相机、电视摄像机、多光谱扫描仪、成像光谱仪、微波辐射计、合成孔径雷达等。传输设备用于将遥感信息从远距离平台(如卫星)传回地面站,可以及时地提供广大地区的同一时相、同一波段、同一比例尺、同一精度的空间信息。遥感作为获取和更新空间数据的有力手段,能为地理信息系统及时、正确、综合和大范围地提供各种资源和环境数据。遥感所具有的动态特点对地理信息系统数据库多时相更新极为有利,在解决大范围的以统计为主的地理信息系统中,获取遥感信息显得尤为重要。

7. 激光雷达技术

三维激光扫描技术是继卫星空间定位系统之后的又一项测绘技术新突破。它利用激光测距的原理,通过惯性测量系统和差分定位技术集成实现了运动物体的动态高精度姿态测量。它融合了激光扫描仪、惯性测量单元、差分 GPS 以及航飞控制与管理等多项高科技技术。

差分 GPS 技术和惯性测量装置集成组成的位置姿态测量系统实现了运动物体的动态高精度姿态测量。在航测飞行中测定传感器的位置和姿态,并经严格的联合数据处理(即卡尔曼滤波),获得高精度的传感器外方位元素,从而实现无或极少地面控制的传感器定位和定向。动态差分 GPS 虽不具备实时性,但具有极高的定位精度潜力,可使定位精度达到厘米级。惯性测量单元(inertial measurement unit, IMU)获取的是动态目标的姿态信息,即滚动、俯仰和航偏角,具有完全自主、无信号传播,既能定位、测速,又可快速量测传感器瞬间的移动,输出姿态信息等优点。但主要缺点是误差随时间迅速积累增长。可以看出差分 GPS 与 IMU 正好互补。因此,最优化的方法是对两个系统获得的信息进行综合,这样可得到高精度的位置、速率和姿态数据。

激光测距技术利用激光的单色性好、方向性强、能量高、光速窄等特点,实现高精度的计量和检测,如测量长度、距离、速度、角度等。激光测距技术在传统的常规测量中扮演着非常重要的角色。利用高分辨率的数码相机获取地面的地物地貌真彩或红外数字影像信息,以弥补 LiDAR 的不足,以对生成 DEM 产品的质量进行评价,或作为一种数据源,对目标进行分类识别,或作为纹理数据源。

激光雷达由多个重要硬件组成,一个关键的技术就是如何实现三个重要设备的精确同步。中心控制单元一般都采用导航、定位和管理系统,构成同步记录 IMU 的角速度和加速度的增量以及 GPS 的位置、激光扫描仪和数码相机的数据。

机载/车载/固定三种方式为获取高时空分辨率地球空间信息提供了全新的技术手段。

1.2.2 地理空间数据获取方法

地理空间数据的采集可以通过实地调查、外业测量、现有地图数字化、航空影像、遥感影像及过去的资料获取。不同类型的数据源采用不同的数据获取方法。在地理空间数据的获