



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

空间信息导论

INTRODUCTION TO GEO-SPATIAL INFORMATION

边馥苓 主编

测绘出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

空间信息导论

Introduction to Geo-Spatial Information

边馥苓 主编

测绘出版社

· 北 京 ·

内 容 简 介

空间信息技术是 21 世纪发展最快的尖端技术之一,是一个国家科技发展水平的重要标志。着眼于这一背景,围绕着“空间特性”这一主题,本书首先阐述了空间信息在建设“数字地球”中的重要意义,然后系统地论述了空间信息在获取、处理、存储、传输和应用过程中的方法和特点,以及空间数据的地理基础、质量控制等问题,最后通过实例介绍了空间信息在一些专业领域中的重要作用。

本书是读者全面了解空间信息相关理论的重要读本,可以作为普通高校相关专业的教材,也可供从事数字工程、地理信息系统、资源与环境信息系统以及其他专业信息系统建设等工作的科技人员和管理人员参考。

© 边馥苓 2006

图书在版编目(CIP)数据

空间信息导论/边馥苓主编. —北京:测绘出版社,
2006.8

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
ISBN 7-5030-1400-8

I. 空... II. 边... III. 地理信息系统 IV. P208

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 070945 号

责任编辑:贾晓林 金 君/责任校对:李 艳/封面设计:李 伟

测 绘 出 版 社 出 版 发 行

地址:北京市西城区复外三里河路 50 号 邮编:100045
电话:(010)68512386 68531558 网址:www.sinomaps.com

三河艺苑印刷厂印刷 新华书店发行

成品尺寸:184 mm×260 mm 印张:16.75 字数:395 千字

2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月第 1 次印刷

印数:0001—4000 册

ISBN 7-5030-1400-8/P·435

定价:36.00 元

如有印装质量问题,请与我社发行部联系

编辑委员会

主编:边馥苓

编委:(按姓氏拼音为序)

胡自锋

江聪世

李晓雷

沙宗尧

田扬戈

涂建光

王金鑫

王少华

熊庆文

杨宗亮

殷百中

张目

周松涛

前 言

人类社会正在向信息社会迈进,空间信息产业的发展使空间信息资源在当今社会中的基础性地位日渐突出,已成为推动国家信息化进程的关键因素。空间信息技术的应用在国民经济发展中的地位不断提高,其发展水平直接关系一个国家的综合国力和国土安全。国家发改委、国家地理空间信息协调委员会召开的“国家空间信息基础设施发展战略研讨会”指出,必须将国家空间信息基础设施的建设和应用作为国民经济和社会信息化的重要内容,应加快发展,以带动地理空间信息技术的应用和相关产业的发展,并进一步推动经济结构的战略性调整。

随着空间技术及其相关高新技术的迅速发展和相互融合,21世纪空间信息技术将全面步入集成化、网络化和产业化应用的新时期。2004年的《自然》杂志,把空间信息技术称做世界上继生物技术和纳米技术之后发展最为迅速的第三大新技术,空间信息技术的发展面临着新的机遇。

2003年,教育部批准武汉大学设立全国第一个“空间信息与数字技术”专业。空间信息导论被指定为该专业的核心课程,并由武汉大学国际软件学院空间信息与数字工程研究中心组织教材的编写工作。在各位专家、老师及博士生的共同努力下,依据教学大纲的要求,历时一年多完成了本书的编写工作。

本书的编写既立足于当前空间信息技术的现状,又面向其发展的趋势,首先阐述了空间信息的基本概念,然后介绍了空间信息的获取、存储、加工、处理与应用的全过程,最后通过实例介绍了空间信息在一些领域中的重要作用。

本书是在参阅国内外有关教材、专著、论文的基础上,结合教学、工程应用的实践编写而成,由周松涛(第一、二章)、王少华(第三、四章)、江聪世(第五章、附录)、张目(第六章)、田扬戈(第七章)、胡自锋(第八章)等分工编写,由周松涛、王少华、田扬戈、李晓雷、王金鑫、熊庆文、杨宗亮、殷百中、沙宗尧、涂建光进行汇总和校对,最后由边馥苓进行审校和定稿。

空间信息与数字技术正处在迅猛发展之中,由于时间紧促,书中内容在选择深度和广度上可能存在不足,恳请广大读者和教材的使用者多提宝贵意见!

边馥苓

2005年12月

目 录

第 1 章 概 论	(1)
§ 1.1 数据与信息	(1)
1.1.1 数据	(1)
1.1.2 信息	(3)
1.1.3 数据与信息的关系	(5)
§ 1.2 空间数据与空间信息	(6)
1.2.1 空间认识的发展历程	(6)
1.2.2 空间数据与空间信息	(7)
1.2.3 空间信息在社会中的地位、作用及发展趋势	(10)
思考题	(11)
第 2 章 从现实世界到数字世界	(12)
§ 2.1 对现实世界的认识	(12)
2.1.1 现实世界的复杂性	(12)
2.1.2 对现实世界的认知过程	(13)
§ 2.2 从现实世界到数字世界	(14)
2.2.1 数字世界是现实世界的抽象表达	(14)
2.2.2 现实世界到数字世界的转换模型	(16)
2.2.3 数字世界是社会发展的必然阶段	(20)
2.2.4 数字世界的优点	(21)
思考题	(21)
第 3 章 空间数据的地理基础	(22)
§ 3.1 空间参照系	(22)
3.1.1 地球的几何模型	(22)
3.1.2 坐标系	(23)
3.1.3 高程系	(25)
§ 3.2 地图投影	(26)
3.2.1 投影的变形	(27)
3.2.2 投影的分类	(27)
3.2.3 常用的地图投影	(29)
§ 3.3 比例尺	(32)
3.3.1 比例尺与分辨率	(32)
3.3.2 多比例尺	(33)

3.3.3 国家基本比例尺地形图系列	(33)
§ 3.4 坐标系的应用	(35)
3.4.1 我国地理坐标系的应用状况	(35)
3.4.2 坐标系的转换	(35)
§ 3.5 地图投影的应用	(37)
3.5.1 地图投影的应用状况	(37)
3.5.2 投影转换	(38)
思考题	(39)

第 4 章 空间数据的表达	(40)
§ 4.1 空间数据模型	(40)
4.1.1 栅格数据模型	(40)
4.1.2 矢量数据模型	(41)
4.1.3 网络数据模型	(41)
4.1.4 时空数据模型	(42)
4.1.5 面向对象的数据模型	(43)
§ 4.2 空间关系	(44)
4.2.1 位置关系	(44)
4.2.2 拓扑关系	(46)
4.2.3 方向关系	(46)
4.2.4 度量关系	(46)
§ 4.3 空间数据结构	(47)
4.3.1 栅格数据结构	(47)
4.3.2 矢量数据结构	(52)
4.3.3 三维数据结构	(56)
4.3.4 DEM	(59)
§ 4.4 空间数据转换	(66)
4.4.1 矢量数据结构向栅格数据结构的转换	(66)
4.4.2 栅格数据结构向矢量数据结构的转换	(68)
§ 4.5 空间数据存储	(70)
4.5.1 文件存储	(70)
4.5.2 文件数据库混合存储	(72)
4.5.3 全关系型数据库存储	(72)
4.5.4 面向对象空间数据库存储	(73)
§ 4.6 空间数据组织管理	(74)
4.6.1 分层组织管理	(74)
4.6.2 分块组织管理	(75)
4.6.3 无缝组织管理	(76)
思考题	(80)

第 5 章 空间数据采集技术	(81)
§ 5.1 基于地面测量方法的空间数据采集技术	(81)
5.1.1 地面测量概述	(81)
5.1.2 地形图的基本知识	(82)
5.1.3 地形图的测量原理	(86)
5.1.4 地面测绘工作概述	(90)
§ 5.2 基于 GPS 的数据采集技术	(99)
5.2.1 概 述	(99)
5.2.2 GPS 的组成部分	(100)
5.2.3 GPS 的定位原理	(102)
5.2.4 GPS 测量的实施	(104)
5.2.5 其他卫星定位系统	(105)
5.2.6 GPS 的应用	(106)
§ 5.3 基于遥感的的数据采集技术	(108)
5.3.1 遥感的基本概念与原理	(108)
5.3.2 遥感平台与传感器	(115)
5.3.3 遥感图像及其特征	(124)
5.3.4 遥感处理的基本流程与技术	(125)
5.3.5 遥感应用	(129)
§ 5.4 基于摄影测量的数据采集技术	(135)
5.4.1 摄影测量学概述	(135)
5.4.2 摄影测量原理概述	(137)
5.4.3 数字摄影测量及其数据采集	(143)
思考题	(148)
第 6 章 空间数据的质量控制	(149)
§ 6.1 空间数据质量	(149)
6.1.1 空间数据质量的定义	(149)
6.1.2 数据质量的描述框架	(149)
6.1.3 影响空间数据质量的原因	(152)
6.1.4 研究空间数据质量控制的重要意义	(160)
§ 6.2 质量控制体系	(161)
6.2.1 质量管理体系	(161)
6.2.2 质量标准体系	(163)
6.2.3 质量控制措施	(165)
§ 6.3 质量评价体系	(168)
6.3.1 质量评价模式	(168)
6.3.2 质量评价方法	(169)
§ 6.4 空间数据共享中的质量控制	(171)

6.4.1	空间数据共享的法制建设问题	(171)
6.4.2	基于元数据的空间数据共享质量控制	(172)
	思考题	(175)
第7章	空间数据分析	(176)
§ 7.1	空间对象的特征值	(176)
7.1.1	几何形态	(176)
7.1.2	空间分布	(178)
§ 7.2	空间关系分析	(181)
7.2.1	邻近度分析	(181)
7.2.2	网络分析	(182)
7.2.3	叠置分析	(186)
§ 7.3	空间查询	(188)
§ 7.4	空间统计分析	(190)
7.4.1	相关分析	(190)
7.4.2	回归分析	(191)
7.4.3	主成分分析	(192)
7.4.4	判别分析	(193)
7.4.5	空间统计学	(193)
§ 7.5	空间插值	(199)
7.5.1	边界内插方法	(199)
7.5.2	趋势面分析	(200)
7.5.3	泰森多边形方法	(200)
7.5.4	加权移动平均法	(201)
7.5.5	样条函数插值方法	(202)
7.5.6	克里金插值	(202)
§ 7.6	空间数据挖掘	(204)
7.6.1	数据概化	(204)
7.6.2	空间数据仓库	(205)
7.6.3	空间关联规则	(206)
7.6.4	空间聚类	(207)
7.6.5	分类分析	(208)
	思考题	(208)
第8章	空间信息的共享与应用	(209)
§ 8.1	空间数据共享的基本概念及其意义	(209)
8.1.1	空间数据共享的基本概念	(209)
8.1.2	空间信息共享的意义	(209)
§ 8.2	国内外空间信息共享概况	(210)

8.2.1	国外空间信息共享概况	(210)
8.2.2	国内空间信息共享概况	(214)
§ 8.3	空间信息共享的支撑技术	(217)
8.3.1	古老的文字及其相关的技术	(217)
8.3.2	传统的地图及其相关的技术	(217)
8.3.3	现代空间信息系统及其相关的技术	(218)
§ 8.4	空间信息共享的有关标准	(218)
§ 8.5	空间信息共享的安全机制	(219)
8.5.1	加密机制	(219)
8.5.2	数字签名机制	(220)
§ 8.6	我国空间信息共享当前存在的主要问题	(220)
§ 8.7	电子地图	(221)
8.7.1	地图和电子地图的概念	(221)
8.7.2	国内外电子地图发展概况	(221)
8.7.3	电子地图与常规地图的比较	(222)
8.7.4	多媒体电子地图设计和制作的过程	(223)
8.7.5	网络环境下的电子地图	(224)
8.7.6	电子地图与地理信息系统	(226)
§ 8.8	空间信息的应用	(226)
8.8.1	面向国家的综合应用	(227)
8.8.2	面向行业的专业应用	(228)
8.8.3	面向企业的商业应用	(231)
8.8.4	面向公众的大众化与个性化的应用	(232)
思考题	(234)
参考文献	(235)
附录 1	按被测量分类法的传感器体系	(238)
附录 2	各类遥感卫星及其传感器参数	(240)
2.1	FY-1C、FY-1D 通道编号、波长范围及其主要用途	(240)
2.2	Landsat 系列卫星参数	(240)
2.3	SPOT 系列卫星参数	(241)
2.4	中巴资源卫星参数表	(244)
2.5	MODIS 仪器特性、波段范围和主要用途	(244)
2.6	高分辨率卫星及其传感器特性	(246)
附录 3	VirtuoZo 的功能介绍	(251)

第 1 章 概 论

空间信息技术是继生物技术和纳米技术之后发展最为迅速的第三大新技术,与之相关的研究与应用已得到世界各国的高度重视,其飞速发展的结果是对传统产业的革命性改造和提升,并迅速形成新的产业和新的经济增长点。在以“数字中国”为总目标的“数字城市”、“数字国土”、“数字战场”、“数字社区”等数字化工程以及“紧急救援”、“防灾减灾”、“智能交通”等重大应用工程建设中,都离不开空间信息技术。本章从数据与信息的相关概念入手,介绍了人类对空间认识的发展历程,讨论了空间信息的特点、来源以及作用,并指出空间信息技术对国民经济发展的重要性。

§ 1.1 数据与信息

当今社会已经逐步进入信息时代,信息和知识成为生产力发展的决定性因素,人们形象地称这种推动社会生产力发展的力量为知识经济。知识经济的表现形式为数字经济,因为信息革命的标志就是数字技术的革命。其中数据与信息是两个相互联系的重要概念。信息时代,大量的信息以数据为载体,通过计算机、网络等技术共享应用,成为各行各业不可或缺的资源,在推动社会经济向前发展的过程中发挥了巨大的作用。

1.1.1 数据

数据是指那些未经加工的事实或是着重对一种特定现象的客观描述,也就是人们为了反映客观世界而记录下来的可以鉴别的符号,它是客观事物的性质、属性、位置,以及相互关系的抽象表示,是构成信息和知识的原始材料。它既可以是字母、数字或其他符号,也可以是图像、声音甚至味道。例如,当前的温度,一个零件的成本,某企业的员工姓名、工资,企业存货数量、销售订单等。数据通常由 3 个部分表示,即数据名称、数据类型和数据长度。一般常见的数据类型有数值型、字符型、图表、音频、视频等,如图 1.1 所示。

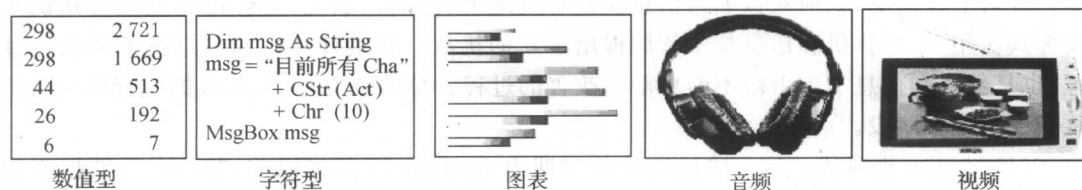


图 1.1 常见的数据类型

数据具有自然属性和社会属性。自然属性是指数据具有可感知、可存储、可加工、可传递、可再生、可压缩等特性。如通过看一幅图,可以了解图中所描绘的内容,听一首歌,可以

感受歌中优美的旋律,同样,其他类型的数据同样会通过感知器官提供给人类各种信息,可见,数据具有可感知的特性;磁带、光盘、书籍、照片等,都是数据的载体,我们可以通过传输这些载体达到传输数据的目的,这反映了数据的可存储、可传递的特性;书籍可以翻译、改编,声音、视频可以剪辑,磁带上的声音可以刻录成 CD 光盘,光盘上的声音数据可以通过压缩得到流行的 MP3 文件,这些处理过程反映了数据的可加工、可再生、可压缩的特性。数据是信息的重要载体,是社会上各行各业不可缺少的资源,具有商业性、资源性、公用性和私密性等性质,这说明数据具有社会属性。

数据的载体多种多样,一些数值、字符、图表类型的数据在计算机出现以前多以书籍、纸张、照片等形式出现,而声音、视频大都保存在磁带中。纸张发明之前,我们的祖先曾大量使用动物的骨头、竹签等形式记录各种数据;古埃及的石雕、古巴比伦文明的泥板、古犹太人的死海羊皮古卷,都为人类研究古代文明记录了大量的数据。可见,不同时代、不同条件下数据的载体有很大的不同。计算机的出现推动人类社会进入了数字时代,从而使当今社会中的绝大多数数据都以数字化的形式存在。对于计算机而言,数据是指输入到计算机并能被计算机处理的一切对象,计算机对数据的表达处理方式与传统的数据载体有很大的区别。对任何类型的数据,如数字、文字、符号、声音、图像等,都必须转换成二进制数值的方式才能被计算机所接受,通过处理后,计算机可以以光或磁的方式将它们保存在光盘、磁盘、磁带等存储设备中。

随着人类活动范围的扩展、节奏的加快,以及技术的进步,人们能以更快速、更容易且更廉价的方式获取和存储数据,这就使得社会中各种应用的数据量以指数形式向上增长。早在 20 世纪 80 年代,人们粗略地估算到全球的数据总量,每隔 20 个月就增加一倍。进入 90 年代,社会上各类机构的数据量增长更快,一个中等企业每天要产生 100 MB 以上来自各方面的营业数据。美国政府部门的一个典型的大数据库每天要接收约 5 TB 的数据量,在 15 s~1 min 的时间里,要维持的数据量达到 300 TB,存档数据达 15 PB~100 PB。在科研方面,以美国宇航局的数据库为例,每天从卫星下载的数据量就达 3 TB~4 TB 之多,而为了研究的需要,这些数据要保存 7 年之久。90 年代因特网(Internet)的出现和发展,以及随之而来的企业内部网(Intranet),企业外部网(Extranet)以及虚拟私有网(Virtual Private Network)的产生和应用,将整个世界联成一个小小的地球村,人们可以跨越时空地在网上交换各类数据和协同工作。这样,展现在人们面前的已不是局限于本部门、本单位和本行业的庞大数据库,而是浩瀚无垠的数据海洋。

针对上述情况,如何对数据与信息快速有效地进行分析、加工、提炼以获取所需知识并发挥其作用,给计算机和信息技术领域提出了新的挑战。其实计算机和信息技术的发展过程,也是数据和信息加工手段不断更新和改善的过程。总的来说,人类对数据的管理应用大致经历了 4 个阶段。

(1) 人工管理阶段。这一阶段所处的时期为 20 世纪 50 年代以前,其特点为数据不能长期保存在计算机中,数据作为程序的组成部分不能独立存在,数据由程序员在程序中进行管理,无专门的数据管理软件,数据面向应用,不同的数据之间相互独立,彼此无关。即便是两个不同应用涉及到相同的数据,也必须各自定义,无法相互参照和使用。由于以上数据管理特点的存在,以及技术上的原因,造成大量数据冗余,而且数据无法实现共享。

(2) 文件系统阶段。20 世纪 50 年代后期,计算机存储技术得到飞速发展,出现了磁带、

磁鼓和磁盘等较大容量的存储设备,计算机操作系统也开始出现,使得数据以文件形式长期保存在计算机中,文件组织形式由顺序文件发展到随机文件。此外,为了方便应用,出现了数据的输入和输出操作接口,以及数据存取方法。这些技术,使得数据共享成为可能,但由于大量的数据以文件形式分散存储并以拷贝的方式实现共享,因此,仍然存在数据的冗余和不一致性问题。

(3) 数据库系统阶段。20世纪60年代中期以后,数据库技术得到了发展,人们开始采用一定的数据模型来组织数据,数据不再面向应用,而是面向系统。此时程序可以独立于数据,实现了数据的独立性。这种情况下,数据冗余度明显减小,从而减少了数据的不一致性。采用操作方便的用户接口对数据库进行访问,实现了数据共享。此外,数据库技术还提供了对数据的控制功能,使得数据在完整性、安全性、并发性控制方面得到保证,而且数据库的恢复功能还能够数据损害时,尽可能恢复到与原来一致的状态。

(4) 高级数据库技术阶段。随着数据库技术、网络技术、软件工程技术的发展,目前,数据存储应用技术发展的重点是分布式数据库、面向对象的数据库等。

1.1.2 信息

信息这一术语是在人类社会互通情报的实践过程中产生的。到20世纪40年代末期,随着信息论这一学科的诞生,信息这一名词成了科学上的概念,它的含义就不再仅仅是我们日常生活中所说的信息了。

英文信息(information)一词的含义是情报、资料、消息、报道、知识的意思,所以长期以来人们就把信息看做是消息的同义语,简单地把信息定义为能够带来新内容、新知识的消息。日常生活中,信息也常常被认为是“消息”、“情报”、“知识”、“情况”等。不可否认,信息与它们之间的确存在着密切的联系。但是信息的含义要比消息、情报等的含义更广泛,更深刻。

信息不等于“情报”、“知识”、“情况”,它们都只是人类社会客观存在的部分信息,不代表信息的全体。信息也不能等同于“消息”。我们知道,在电视、电话、广播、互联网等通信系统中传递的是各种各样的消息。这些被传递的消息有着各种不同的形式,例如文字、符号、数据、语言、音符、图像、视频等,所有这些不同形式的消息都是能被人们的感觉器官所感知的。人们通过通信,接收到消息后,得到的是关于描述某种事物状态的具体内容。例如,听气象广播,气象预报为“晴间多云”,这就告诉了我们某地的气象状态,而“晴间多云”广播语言则是对气象状态的具体表述。再如,电视中转播球赛,人们从电视图像中看到了球赛进展的情况,而电视中播放的视频图像则是对球赛状态的描述。可见,语言、图像等消息都是对客观物质世界的各种不同运动状态或存在状态的表述。同样,消息也可以用来表述人们头脑里的思维活动。例如,朋友给你打电话,告诉你“过几天我要去旅游”,你就知道了你朋友的想法。这时,此语言消息则反映了人的主观世界——大脑物质的思维运动所表现出来的思维状态。因此,用文字、符号、数据、语言、音符、图片、图像等能够被人们感觉器官所感知的形式,把客观物质运动和主观思维活动的状态表达出来后就成为消息。由此可见,消息中包含信息,是信息的载体。得到消息,从而获得信息,而且同一则信息可以用不同的消息来载荷。如前例中,足球比赛的进展情况可以用电视图像、广播、报纸等不同的消息来表述。同一则消息也可以载荷不同的信息。因此,信息与消息是既有区别又有联系的。那么究竟

该如何对信息进行定义呢？

控制论的创始人之一维纳(N. Wiener)提出：“信息是人们适应外部世界并且使这种适应反作用于外部世界的过程中，同外部世界进行交换的内容的名称。”但是，信息不仅仅与人类相关，也不仅仅是人与外部世界交换的内容。一切生物体都在与外部世界进行着信息的交换，也都有各自独立的接收和交换信息的方式，例如声音、气味、超声波、电磁场等。另外，信息的确是人们与外部世界交换的内容，但是，人们与外部世界还存在着物质和能量的交换。这样，维纳的定义就把物质、能量与信息混同起来，显然是不确切的。

意大利的学者朗格(G. Longe)1975年提出：“信息是反映事物的形式、关系和差别的东西。信息是包含于客体间的差别中，而不是在客体本身中。……在通讯中仅仅差别关系是重要的。”朗格的定义从差异量的角度来度量信息，的确，宇宙内到处存在着差异，差异的存在使人们存在着“疑问”和“不确定性”，从这个角度看，差异的确是信息。但是，并不能说没有差异就没有信息。所以，这样定义的信息也是不全面、不确切的。

香农(C. E. Shannon)第一个给予信息以科学的定义。他在1948年发表的著名论文《通信的数学理论》中，从通信系统传输的实质出发，提出“信息是人们对事物了解的不确定性的消除或减少”，并对信息进行了定性和定量的描述。虽然香农的信息概念比以往的认识有了巨大的进步，但仍存在着局限性。因为这一概念同样没有包含信息的内容和价值，只考虑了随机性的不确定性，没有从根本上回答“信息是什么”的问题。

有关信息的定义还有很多种，它们都从不同的侧面、不同的层次揭示了信息的特征与性质，但同时也都有这样或那样的局限。人们一般说到的信息多指信息的交流，信息只有经过交流或传播，才能够被人们所利用，否则信息就没有用处了。我们日常生活中所读过的书，所听到的音乐，所看到的事物，所想到或者做过的事情，这些都是信息存在和交流的载体，信息随着这些载体的传播得到交流。从20世纪40年代起，人类在信息的获取、传输、存储、处理和检索等方面的技术与手段，以及利用信息进行决策、控制、指挥、组织和协调等方面的原理与方法，都取得了突破性的进展，特别是90年代后期，随着计算机及因特网在全球范围内的普及，带来了信息的数字化革命。信息交流的范围、速度、形式及信息容量都产生了巨大的变化，这些变化不可避免地带来了信息量爆炸性的增长，促使人们发明更快、更有效的方法去处理和传播信息，又推动了信息革命的发展。

目前，人们越来越意识到信息对社会发展的重要作用，因此，现代哲学家和科学家认为物质、能量和信息是物质世界的3大支柱，是科学历史上3个最重要的概念。信息具有以下重要性质：

(1) 普遍性。信息是事物运动的状态和状态变化的方式，因此，只要有事物的存在，只要事物在不断地运动，就会有它们运动的状态和状态变化的方式，也就存在着信息，所以信息是普遍存在的，即信息具有普遍性。

(2) 无限性。整个宇宙时空中，信息是无限的，即使是在有限的空间中，信息也是无限的。一切事物运动的状态和方式都是信息，事物是无限多样的，事物的发展变化更是无限的，因而信息是无限的。

(3) 相对性。对同一个事物，不同的观察者所能获得的信息量可能不同。

(4) 传递性。信息可以在时间上或在空间中从一点传递到另一点。

(5) 变换性。信息是可变换的，它可以用不同载体以不同的方法来载荷。

(6) 有序性。信息可以用来消除系统的不定性,增加系统的有序性。获得了信息,就可以消除认识主体对于事物运动状态和状态变化方式的不定性。信息的这一性质对人类具有特别重要的价值。

(7) 动态性。信息具有动态性质,一切信息都随时间而变化,因此,信息也是有时效的。信息是事物运动的状态和状态变化的方式,事物本身在不断发展和变化,因而信息也会随之变化。脱离了母体的信息因为不再能够反映母体的新的运动状态和状态变化方式,它的效用就会降低,以致完全失去效用,这就是信息的时效性。所以,人们在获得信息之后,并不能就此满足,要及时让信息发挥效用,并不断进行补充和更新。

(8) 无损耗性。信息不同于能量,信息在传输过程中不会发生损耗。如,A发出信息I给B,B收到该信息后又发给C,在传输正确的情况下,A、B和C将各自同时拥有完整的且完全相同的信息I,而不是拥有其部分信息。

上面的这些性质是信息的主要性质,了解信息的性质,一方面有助于对信息概念的进一步理解,另一方面也有助于人们更有效地掌握和利用信息。

1.1.3 数据与信息的关系

数据与信息是信息技术中常用的两个术语,常常被混淆使用,但是它们之间还是有差别的。信息是有用的、经过加工的数据。数据是描述客观事实、概念的一组文字、数字或符号等,它是信息的素材,是信息的载体和表达形式。信息是从数据中加工、提炼出来的,用于帮助人们正确决策的有用数据,它的表达形式是数据。根据不同的目的,可以从原始数据中得到不同的信息。虽然信息都是从数据中提取,但并非一切数据都能产生信息。可以认为,数据是处理过程的输入参数,而信息是输出结果。人们将数据和信息的关系形象地解释为是原材料与产品之间的关系,见图1.2。

原材料和产品是相对而言的,因为一个部门的原材料可能是另一个部门的产品,同时一个部门的产品也可能是另一个部门的原材料。因此,相同的一组数据对一部分人来讲是信息,而对另一部分人来讲可能就是数据。

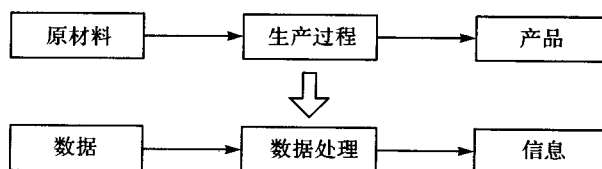


图 1.2 数据与信息的关系

以遥感应用为例,遥感卫星利用能够感知可见光谱的仪器,对地球表面进行拍照,得到地球表面的可见光谱信息,然后将这一信息以数字影像的方式保存起来,传输给卫星地面接收站,地面接收站就得到了以影像方式保存的地表可见光谱信息的数据。这里,可以将地球看做“原材料”,从这个“原材料”中人们可以得到各种各样的信息,如地质上的、地理上的等等。而采用感知可见光谱的仪器反映了人们想要了解地球表面可见光谱信息这一“主观需求”,而不是其他方面的信息,它所感知到的光谱信息就是“产品”。光谱信息的载体——数字影像,客观地反映了地表可见光谱信息,不仅是这一过程中的产品,而且它还是其他方面应用的原材料。例如,如果这一影像被水利部门应用,通过对数字影像进行处理,图像中包含的村庄、城市、植被等信息就可能被忽略,而仅仅从数据中提取河流、湖泊等相关的信息,进而将这些信息以某种方式保存,得到河流相关信息的数据。在这一过程中,

数字影像是被加工的对象,是原始数据。

数据并非是信息的唯一载体,但是,随着计算机技术和网络技术的发展,当今社会面临着前所未有的信息革命,它所带来的影响就是人们生活中所面临的各种信息都在向数字化方式转换。而在计算机及网络技术所代表的数字世界中,信息的唯一表达方式就是数据。目前,世界上绝大多数的信息都以数字化的形式保存,各种信息无不包含在各种各样的数据之中,在这种条件下,人们在日常应用中常常将数据与信息等同起来,即数据就是信息。人们对数据进行分析、检索、传输、共享,从而达到信息的获取、传输和共享的目的。

相对于传统方式的信息获取、传输与共享,采用数字技术对信息进行表达有着无可比拟的优势。例如,一个连锁超市要统计某一天的销售额,在传统方式下,其各个分店要分别统计各自的当天销售情况,然后将结果提交给总部,总部进一步统计,得到需要的信息。一个连锁超市一天的销售记录至少要有几万条甚至几十万条,即便不考虑人为统计容易出现的错误,在完全正确的情况下,这一统计工作量也是十分巨大的。而如果这个连锁超市采用了以计算机和网络技术为基础的销售系统,不用说日常统计,即使是精确到小时、分钟的销售情况也可以在几秒钟内统计出来,而且统计的准确性也能得到保障。这一切都得益于数字世界中计算机可以对数据进行快速准确的分析、检索,网络可以对数据进行快速实时的传输。事实表明,数字化的信息无论从量上还是在传播速度、范围上都得到了前所未有的发展,给我们生活的方方面面带来了巨大的冲击。

§ 1.2 空间数据与空间信息

空间信息产业的发展使空间信息资源在当今信息社会中的基础性地位日渐突出,空间信息处理技术也成为推动国家信息化进程的关键因素。随着空间技术及其相关高新技术的迅速发展和相互融合,21世纪空间信息技术全面步入集成化、网络化和产业化应用的新时期。一系列即将投入民用的高分辨率空间信息资源的开发利用成为新世纪高技术及其产业化的热点。

1.2.1 空间认识的发展历程

任何物体都有时空特性,时间和空间是运动着的物质的存在形式,所以空间性是物质的本质特性之一,没有空间就没有物质,这是辩证唯物主义时空观,其空间概念是广义上的空间概念。相对于广义空间,人们平时研究的空间概念多指狭义空间。狭义空间是一个与坐标相关的空间概念,例如,欧氏空间指的是定义了向量的内积的向量空间,属狭义空间的范畴。本节所描述的空间特指地理空间,是地球上大气圈、水圈、生物圈、岩石圈和土壤圈发生交换和作用的区域,是我们所生活的现实世界所在的空间。在研究这一空间概念时,需要对地球表面建立几何模型,确定地理空间的坐标系,实现对地理空间数据的度量 and 表达,因此,地理空间也属于狭义空间。

人类对地理空间的认知过程,也是人类对自己所居住的星球不断探索的过程。在这一过程中,人类对地理空间的认知范围从局部到全球,进一步扩展到从外层空间到海底世界的立体空间,突破了人类生活的地表平面的限制。16~19世纪的三百余年间,经过测量和绘制地图的区域大约占陆地面积的30%。20世纪初到中叶的航空摄影测量大约覆盖了陆地

面积的 70%。50 年代以后,陆地卫星的多波段扫描影像很快覆盖了全部的陆地,包括无人永久居住的格陵兰和南极大陆。后来,随着卫星传感器技术的发展,陆地卫星的应用也由通用型向专业化转变,能够感知的波段精度、空间精度不断增强,卫星的轨道技术也允许在需要将星载传感器对准感兴趣的地区,人类与卫星交换数据的手段也由回收舱方式转变到了数字通讯方式,大大提高了空间信息应用的实时性。现在,围绕在地球周围的轨道卫星每天都在对地球进行不间断的扫描,发回各种精度、各个时段、各个方面的与地球空间相关的信息。通过全球定位系统(Global Positioning System,简称 GPS),人类甚至可以实时获取地球表面任意一点的 3 维坐标,这在使用简单的测绘工具和平台时代是不可想象的。大量事实说明,随着地理空间认知技术的进步,人类对地球的认识无论从范围上还是从精度上都得到了长足的发展,人类对地球的认识是在加速进行的,甚至于随着技术条件的满足,人类正渴望能够像认识地球一样认识太阳系的其他星球。

相对于认知技术的进步,人类对地理空间的表达方式也发生了巨大的变化。为了把地球椭球体的表面展布到 2 维的地图上,加以合理的描述,数学家和地图学家大约设计了近 300 种投影方案,其中的高斯-克吕格投影和墨卡托投影应用最为广泛。由于投影方案的不统一,地图学家们设计和推导了许多地图投影方式相互转换的公式,以满足不同国家政治和军事上的需要。如今,采用 GPS 和计算机系统,可直接获取地表的 3 维数据,卫星遥感与航空摄影也实现了全数字化,地理坐标相关的大量信息都可直接输入空间数据库,并按 3 维地理坐标存储地球表层的多种信息,直接通过电脑实现多种信息的叠加、融合和综合分析,近一步可以按照指定的地图分幅和投影进行输出,或者直接在数字空间中进行地理空间的虚拟绘制。

可见,遥感技术、通信技术及计算机技术对人类对地理空间的认知起到了加速作用,使得对地球的认知手段和表达手段都得到了飞速的发展。

1.2.2 空间数据与空间信息

空间数据(地理空间数据)指以地球表面空间位置为参照的自然、社会、人文、经济数据,可以是图形、图像、文字表格和数字等。它所表达的信息就是空间信息,反映了空间实体的位置以及与该实体相关联的各种附加属性的性质、关系、变化趋势和传播特性等的总和。在实际应用中,人们一般不去刻意区分空间数据与空间信息的区别,而是将二者等同起来,因此,下面的叙述中不再去严格区分空间信息和空间数据。

空间信息具有定位、定性、时间和空间关系等特性。定位是指在已知的坐标系里空间目标都具有唯一的空间位置;定性是指有关空间目标的自然属性,它与目标的地理位置密切相关;时间是指空间目标是随时间的变化而变化;空间关系通常用拓扑关系表示。

空间信息代表着现实世界地理实体或现象在信息世界中的映射,它所反映的特征应包括自然界中的地理实体向人类传递的基本信息。空间数据描述的是所有呈现 2 维、3 维甚至多维分布的关于区域的现象,不仅包含表示实体本身的空间位置及形态信息,还包括表示实体属性和空间关系的信息。其基本特征如图 1.3 所示,可从空间性、时间性、非语义性 3 个方面进行描述。

(1) 空间性。空间性是空间信息的最主要的特征,是区别于其他信息的一个显著的标志。空间性表示了空间实体的地理位置、几何特性以及实体间的拓扑关系,从而形成了空间