

国家“十五”重点图书

数 字 地 球 基 础 丛 书



空间信息系统的 集成与实现

李德仁 关泽群 著



全国优秀出版社
武汉大学出版社

数字地球基础丛书

空间信息系统的集成与实现

李德仁 关泽群 著

国家自然科学基金重点项目(编号:49631050)资助

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

空间信息系统的集成与实现/李德仁,关泽群著. —武汉:武汉大学出版社,
2000.3

国家“十五”重点图书

数字地球基础丛书

ISBN 7-307-03440-9

I. 空… II. ①李… ②关… III. ①数字地球 ②空间信息系统 IV. P208

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 14779 号

责任编辑:徐 方 任 翔

出版:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:wdp4@whu.edu.cn 网址:www.wdp.whu.edu.cn)

发行:新华书店湖北发行所

印刷:湖北省荆州市今印印务有限公司

开本:787×960 1/16 印张:15.75 字数:343千字 插页:8

版次:2002年3月第1版 2002年4月第2次印刷

ISBN 7-307-03440-9/P·45 定价:40.00元

版权所有,不得翻印;凡购我社的图书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

李德仁 男,生于1939年12月,祖籍江苏丹徒。1985年获得联邦德国斯图加特大学工学博士。中国科学院院士,中国工程院院士,原武汉测绘科技大学校长,第九届全国政协委员。长期从事摄影测量、遥感、全球定位系统和地理信息系统的教学、科研、应用和软件开发工作。发表论文230余篇,主要著作有《误差处理与可靠性理论》等7部。培养了100余名博士和硕士生。

E-mail: dil@wtusm.edu.cn

关泽群 男,1957年生于安徽合肥。博士,教授。主要从事遥感、图像分析和地理信息系统的教学和科研工作。在国内外刊物和会议上共发表中英文论文40余篇,参与撰写著作2部。《商空间下的遥感图像分析理论探讨》已入选中国首届优秀博士论文。

E-mail: zequng@public.wh.hb.cn

“数字地球”系列丛书

学术指导委员会

顾 问：徐冠华

主 任：李德仁

委 员：(按姓氏笔画排序)

宁津生 叶嘉安 刘先林

刘纪远 李 琦 林宗坚

陈 军 杨崇俊 周成虎

龚健雅 童庆禧

前 言

近二三十年来,现代空间信息技术的综合应用有了飞速发展,使得人们能够及时和连续不断地获得有关地球表层及其环境的大量几何与物理信息,形成地球空间数据流和信息流,从而促成了地球空间信息科学技术体系的产生。在这个技术体系中,最基础和基本的技术核心是“3S”技术及其集成。所谓“3S”是全球定位系统(GPS)、地理信息系统(GIS)和遥感(RS)的统称。没有“3S”技术的发展,现实变化中的地球是不可能以数字的方式进入计算机网络系统的。

“3S”集成是指将上述三种对地观测新技术及其它相关技术有机地集成在一起。这里所说的集成,是英文 Integration 的中译文,是指一种有机的结合、在线的连接、实时的处理和系统的整体性。GPS、GIS、RS 集成的方式可以在不同技术水平上实现。

“3S”集成包括空基“3S”集成与地基“3S”集成。空基“3S”集成:用空—地定位模式实现直接对地观测,主要目的是在无地面控制点(或有少量地面控制点)的情况下,实现航空航天遥感信息的直接对地定位、侦察、制导、测量等。地基“3S”集成:车载、舰载定位导航和对地面目标的定位、跟踪、测量等实时作业。

“3S”的提法虽已经广为流传,但由于将空间定位技术(目前主要指 GPS 技术)、遥感技术和地理信息系统技术集成为一体,不论从理论上还是在实践中,都是一项难度很大的工作,即使在发达国家也仅属起步阶段,而国内实际上还处在理论探讨阶段。鉴于这种原因,为了跟上国际在该领域的发展,结合过去 10 年中武汉测绘科技大学在 GPS 辅助空中三角测量、国产 GIS 软件 GeoStar 和 CCD 实时立体摄影测量方面的成果,借助测绘遥感信息工程国家重点实验室的支持,在国家自然科学基金重点项目“遥感、地理信息系统和全球定位系统集成理论与关键技术”的资助下,以李德仁院士为课题主持人,由数十名教授、副教授、博士生和硕士生组成课题组,对空间信息系统的集成与实现进行了深入的理论探讨和一系列的实验。经过数年的艰苦努力已取得重要进展:

(1)在 GIS 与 RS、GPS 与 RS、GPS 与 GIS 两两的集成理论与关键技术方面已取得一系列成果;

(2)已对 GPS+RS+GIS、GPS+GIS+CCD 的整体集成开展了有成效的理论与实际工作;

(3)在空间信息的融合、空间概念的形成与联想、空间知识发现与数据挖掘等方面做了大量开拓性的工作,它们对促进空间信息系统的集成有重要作用。

以上成果已被整理成 50 余篇论文在国内外的刊物或学术会议上公开发表,它们涉及地球空间数据和信息从采集、处理、量测、分析、管理、存储到显示和发布的全过程,促进了地球空间信息科学理论框架的完善、技术体系的建立和应用领域的形成。在此基础上,经过进一步加工和系统化,形成了空间信息系统的集成与实现一书。

本书大致可分为五个部分。在绪论部分主要阐述了地球空间信息科学技术体系,及作为其基本技术核心的“3S”技术及其集成的理论与关键技术。

由于空间信息的融合、空间概念的形成与联想、空间知识发现与数据挖掘等是空间信息系统的集成与实现中的重要方法或手段,因而在第 2 至第 4 章作了详尽的介绍。

从第 5 章到第 8 章主要就“3S”中的集成问题进行了探讨,主要涉及:车辆定位与自动导航,以及道路信息和其它环境信息的采集;将 GPS 动态相位差分技术用于航空/航天摄影测量进行无地面空中三角测量;利用 RS 数据和 GIS 数据快速发现空间对象的变化,同时,对 GIS 数据库进行快速更新;从 GIS 数据中发现知识用以辅助遥感数据处理;车载 GPS、GIS 与 CCD (包括其它测绘传感器)集成系统等。

以空间定位技术、遥感技术和地理信息系统技术为基础的集成数据库技术是空间信息集成中的热点问题之一,它包括 GPS 数据、RS 数据和 GIS 数据的一体化存贮与管理,也包括利用遥感数据制作导航数字影像地图以及基于数据集成的 3D 可视化模型。第 9 章专门就这方面内容作了介绍。

最后一章介绍了目前国际上刚刚开始但讨论很热烈的地球空间数据框架等问题,并就它们与“3S”的关系作了阐述,同时介绍了我们在这方面的工

作。可以看出,空间信息系统的集成与实现一书是集体智慧的结晶,是数十名教授、副教授、博士生和硕士生辛勤劳动的成果。其中,李德仁院士不仅是整个研究的主要负责人,而且对全书进行了缜密的构思与组织,关泽群教授在他的指导下执笔完成此书。陈小明博士、仲思东教授、龚健雅教授、袁修孝教授、邱凯昌博士等为本书的完成也起到了重要的作用。

本书的出版,得到了武汉测绘科技大学出版社任翔先生的支持,在此一并致谢。

我国在空间信息系统集成领域的研究工作经过不懈努力取得了许多优秀成果,培养了一大批具有较高素质的中青年学术骨干,为学科的发展作出了自己的贡献。但是,我们必须清醒地认识到,由于在传感器、计算机、通讯以及综合国力等方面与先进国家存在较大差距,使得在相当长的一段时间在空间信息系统集成

作者

2000 年春于武昌

目 录

第 1 章 绪 论	(1)
1.1 “Geomatics”与多学科集成	(1)
1.2 地球空间信息学与数字地球	(4)
1.3 RS、GIS 与 GPS 集成的定义、理论与关键技术	(11)
1.4 空间信息系统集成的研究思路	(16)
参考文献	(18)
第 2 章 空间信息的融合	(19)
2.1 互补信息和协同信息的融合	(19)
2.2 商结构下的融合	(26)
2.3 多源遥感数据的融合	(32)
参考文献	(37)
第 3 章 空间概念形成与概念的联想	(39)
3.1 空间信息与空间概念	(39)
3.2 形成概念的几种方法	(42)
3.3 结构域中的概念形成	(44)
3.4 空间数据索引与抽象	(47)
3.5 概念的联想	(52)
参考文献	(59)
第 4 章 空间数据挖掘与知识发现	(60)
4.1 空间数据挖掘与知识发现的框架	(61)
4.2 从空间数据库发现聚类	(67)
4.3 Rough 集理论及其在 GIS 属性分析和知识发现中的应用	(74)
参考文献	(81)

第 5 章 全球定位系统与地理信息系统的集成	(83)
5.1 GPS 的观测量	(83)
5.2 GPS 数据处理方法	(86)
5.3 GIS 与 GPS 的结合	(92)
5.4 车载 GPS 道路信息采集系统	(95)
参考文献	(98)
第 6 章 遥感与全球定位系统的集成	(100)
6.1 GPS 辅助空中三角测量与自动空中三角测量的结合	(100)
6.2 GPS 辅助空中三角测量中的一些关键技术	(103)
6.3 GPS 支持下的全数字摄影测量系统	(112)
6.4 GPS 辅助光束法平差系统 WuCAPS _{GPS}	(114)
参考文献	(120)
第 7 章 遥感与 GIS 的集成	(122)
7.1 将 GIS 数据直接纳入图像处理	(122)
7.2 典型趋势面变化自动发现	(129)
7.3 在 GIS 中协调遥感图像分析结果	(133)
7.4 遥感与 GIS 相结合快速发现地表覆盖变化	(136)
7.5 概念形成的演化过程	(143)
7.6 基于空间数据挖掘的遥感图像分类方法研究	(149)
参考文献	(157)
第 8 章 GPS 与 GIS 支持下的车载立体视觉系统	(159)
8.1 射影空间中摄影测量基本几何关系式的建立	(159)
8.2 CCD 阵列相机的几何标定	(167)
8.3 车载测量系统中影像信息的处理	(172)
8.4 移动式 GPS、GIS 和多传感器集成系统	(175)
参考文献	(181)
第 9 章 空间数据库及其组织	(182)
9.1 多样性的数据库	(182)
9.2 矢量栅格一体化数据结构	(185)

9.3	空间数据结构与索引机制	(193)
9.4	空间数据的无缝组织	(197)
9.5	空间象系统的形式化描述及其相互间的关系	(203)
9.6	矢量与栅格集成的三维数据模型	(209)
9.7	基于数据集成的 3D 可视化模型	(219)
	参考文献.....	(224)
第 10 章	从空间信息到地球空间数据框架	(226)
10.1	信息高速公路和空间数据基础设施	(226)
10.2	地球空间数据框架的信息内容	(229)
10.3	从影像到地球空间数据框架	(232)
10.4	空间数据仓库与数据开采	(234)
10.5	数字地球与“3S”技术	(237)
	参考文献.....	(244)

第1章 绪论

早在 20 世纪 70 年代,集成概念已非鲜闻,集成技术也逐步得到应用。但用现代系统科学与信息技术的观点来解释集成思想,并把这种思想用于遥感(RS)、地理信息系统(GIS)和空间定位系统(主要指 GPS 全球定位系统)的集成,形成一个较完整的系统集成理论、技术与方法体系,则是空间信息领域的专家学者近年来一直在致力探索的事情。空间信息集成系统的核心在于系统集成,实现各单元信息系统的异构同化和同构整体化;这是一个多学科多技术相互渗透的并行、重构与协同过程,是多方法多机制相互融合以产生突破与聚变的过程。本书将从空间信息系统的集成与实现的角度就这方面的问题作系统的探讨。

1.1 “Geomatics”与多学科集成^[1]

1.1.1 “Geomatics”一词的出现过程

“Geomatics”一词最早于 60 年代末期出现在法国,法国的大地测量和摄影测量学家 Bernart Dubuisson 于 1975 年将该词的法文“Geomatique”正式用于科学文献。1990 年 Gagnon P.^[2]将“Geomatics”定义为“利用各种手段,通过一切途径来获取和管理有关空间基础信息的空间数据部分的科学技术领域”。随即,加拿大、澳大利亚、英国、荷兰、香港等国家和地区的一些高等学校的测量工程系、政府机构、杂志等出现了更名热潮。例如,加拿大拉瓦尔大学、卡尔加里大学、新不伦瑞克大学将测量工程系改名为“Geomatics”系,加拿大学者 Groot 到荷兰 ITC 任教,将测量学、摄影测量学、遥感图像处理、地图制图、土地信息系统以及计算机科学几个教研室合起来成立了“GeoInformatics”系。同年,加拿大能源矿产资源部将其测绘和遥感局改名为“Geomatics Canada”。加拿大的测量员杂志和军事测绘杂志也改了杂志名。目前连曾对“Geomatics”持观望态度的德国和美国也开始接受“Geomatics”一词。

从以上“Geomatics”一词出现的过程可以看出,“Geomatics”反映了现代测绘科学、遥感和地理信息学等学科与现代计算机科学和信息科学相结合的多学科集成以满足对空间信息要求的趋势。

1.1.2 国外学者、组织对“Geomatics”给出的各种定义

现在让我们分析一下国际上对“Geomatics”给出的各种定义并展开一些讨论。

首先是 Groot 教授的定义:“Geomatics 是研究空间信息的结构与性质,信息的获取、分类和合格化以及存储、处理、描绘、传播和确保其优化使用的基础设施科学技术”。

卡尔加里大学 Schwarz 教授的定义是:“Geomatics 是一个现代术语,描述一种采集、分析、表示、存储、发布和管理与空间分布有关数据的集成方法”。由于该教授是大地测量学家,他又强调指出:“天文测量和大地测量学,由于使用了地面、舰船、航空和太空平台传感器(不仅仅是影像传感器)来采集各种类型的空间数据,也应当包含在 Geomatics 之中”。

加拿大能源矿产资源的定义是:“Geomatics 是我们新名字的一部分,因为它是我们各学科的一个简单的集合词。这些学科是测量学、制图学、遥感、地图学、摄影测量学和地理信息系统。所有这些学科都与地理信息的采集、处理、解译和发布有关”。

澳大利亚新南威尔士大学 Trinder 教授的定义是:“Geomatics 是一个现代科学术语,用以表示量测、分析、管理、存储和显示基于地球数据(即通常说的空间数据)的描述和位置的集成方法。这些数据来自各种数据源,包括地球轨道卫星、空载和舰载传感器及地面仪器。利用计算机硬件和软件,借助现代信息技术来处理和管理空间数据。它的应用覆盖所有依赖空间数据的学科,包括环境研究、规划、工程学、导航、地质和地球物理学、海洋学、国土开发、土地经营和旅游学”。

新西兰国际 Geomatics 杂志的有关定义是:“Geomatics 是一个集合词,代表了所有与采集、处理、查询、表示和管理与空间信息的学术活动”。

西班牙国家团体的定义是:“Geomatics 是一个新的学科,它包括了所有的用电子计算机处理地理信息的各种科学与技术。它覆盖了大地测量学、地形学、遥感、摄影测量、地理信息系统(GIS)、土地信息系统(LIS)、自动测图和市政工程管理(AM/FM)、重力测量、地震学、水文学、地籍学和其它地球科学”。

美国 Webster 字典(第三版,1993年)所作的定义是:“Geomatics 是地球的数学,它强调的是所有现代地理科学的严格技术支撑”。

从以上七个由不同国家的不同专家给出的定义可以看出,以下几个方面是一致和公认的:

- (1)“Geomatics”涵盖了现代测绘科学的全部内容;
- (2)“Geomatics”强调了对地球空间数据和信息的计算机技术处理;
- (3)“Geomatics”强调了相关学科的综合,强调对地球空间数据(Geo-Spatial data)的集成处理,强调从数据采集、处理、量测、分析、管理、存储、显示到发布的信息流全过程。

各种定义中也有一些差异。有些定义中用地理信息(Geographic information),有些用空间信息(Spatial information),也有用基于地球的数据(Earth based data)。所涵盖的学科有的定义多,有的定义少,特别是 Webster 字典简单地用地球的数学来定义“Geomatics”,独具特色。

到了1996年,国际标准化组织(ISO)终于给出了“Geomatics”的定义:“Geomatics is a field of activity which, using a systematic approach, integrates all the means used to acquire and manage spatial data required as part of scientific, administrative, legal and technical operations involved in the process of production and management of spatial information. These activities include, but are not limited to, cartography, control surveying, digital mapping, geodesy, geographic information systems, hydrography, land information management, land surveying, mining surveying, photogrammetry and remote sensing”。ISO还给出以下的简明定义:“Geomatics is the modern scientific term referring to the integrated approach of measurement, analysis, management and display of spatial data”。

1.1.3 “Geomatics”应译为地球空间信息学

基于上述论述,作者有理由认为“Geomatics”一词应译为“地球空间信息学”。

从国际标准化组织(ISO)给出的定义可明显看出:

(1)“Geomatics”处理的是空间数据(Spatial data)和空间信息(Spatial information);

(2)“Geomatics”作为一个科学术语,所涉及的是采集、量测、分析、存储、管理、显示和应用空间数据的集成方法,属于现代的空间信息科学技术;

(3)“Geomatics”所涵盖的学科范围包括(但不限于)地图学、控制测量、数字测图、大地测量、地理信息系统、水道测量、土地信息管理、土地测量、摄影测量、遥感、重力测量和天文测量。所采用的方法有星载、机载、舰载和地面数据采集方法,属于现代测绘科学与计算机信息科学的集成,归属于空间信息科学。

从“Geomatics”的构词过程可以看出,它分为两部分“Geo”和“matics”。“Geo”可以理解为地球或地学,不宜理解为地理,更确切地应理解为 Geo-spatial 的缩写,宜译作地球空间;“matics”可以理解为 informatics 或 mathematics 的缩写,宜译为信息学。所以,“Geomatics”宜译为“地球空间信息学”。

国内文献曾将“Geomatics”译成“地理信息学”或“地球信息学”。作者认为这两种译法均不够准确,不能反映国际标准化组织和各国测绘学家对“Geomatics”给出的定义。地理学以人与自然关系为中心,研究四大圈层(大气圈、水圈、生物圈和岩石圈)之间的相互作用。地球空间信息并不能涵盖全部地理信息,尤其是人文地理方面的信息。而且国际地理学界没有利用“Geomatics”这个词,也没有给“Geomatics”下过正式的定义。

“Geomatics”不宜译作“地球信息学”的理由是明显的。地球作为一个复杂的巨系统,需要获取和利用地球信息来研究它。从目前地球科学的发展看,地球信息科学除了包括地球空间信息学外,还包括地质学、地球物理学、地球化学、大气科学、气象科学、生态学、环境科学等诸多地球科学学科提供的关于地球的信息,包括过去的、现在的和未来的地球信息。以全球定位系统(GPS)、航空航天遥感(RS)、地理信息系统(GIS)和计算机技术、通讯技术为主要手段

的地球空间信息科学,只能以地球的数学这种形式来为地球信息科学提供空间基础数据。所以,地球空间信息科学是地球信息科学的组成部分,为之提供空间框架。以上说明将“Geomatics”译为“地球空间信息学”充分反映了国际标准化组织(ISO)对“Geomatics”所定义的完整内容,反映了传统测绘科学与遥感、地理信息系统、多媒体通讯等现代计算机科学和信息科学的集成。其意义远远超出了讨论一个名词译法的范围,而是标志着推动地球科学研究从定性走向定量、从模拟走向数字、从孤立静止走向整体动态乃至实时的信息化过程。它将成为我们探讨空间信息系统的集成与实现问题的出发点。

1.2 地球空间信息学与数字地球^[3,4,5]

1.2.1 地球空间信息学

地球空间信息科学(Geo-Spatial Information Science 简称 Geomatics)是以全球定位系统(GPS)、地理信息系统(GIS)、遥感(RS)等空间信息技术(简称3S)为主要内容,并以计算机技术和通讯技术为主要技术支撑,用于采集、量测、分析、存贮、管理、显示、传播和应用与地球和空间分布有关数据的一门综合和集成的信息科学和技术。它是地球科学的一个前沿领域,是地球信息科学的重要组成部分,是数字地球的基础。

1) 地球空间信息学的形成

随着社会和经济的迅速发展,人类活动引起的全球变化日益成为人们关注的焦点。从最近几个世纪的历史看,人类活动对生态环境的影响主要是向变坏的方面发展。随着世界人口的急剧增加,造成资源的大量消耗、生态环境恶化也成为有目共睹的事实。地球及其环境是一个复杂的巨系统,为了解决上述问题,要求以整体的观点认识地球。随着人类社会步入信息时代,有关地球科学问题的研究需要以信息科学为基础,并以现代信息技术为手段,建立地球信息的科学体系。地球空间信息科学,作为地球信息科学的一个重要分支学科,将为地球科学问题的研究提供数学基础、空间信息框架和信息处理的技术方法。

地球空间信息广义上指各种空载、星载、车载和地面测地遥感技术所获取的地球系统各圈层物质要素存在的空间分布和时序变化及其相互作用信息的总体。“地球空间信息科学”作为信息科学和地球科学的边缘交叉学科,它与区域乃至全球变化研究紧密相连,是现代地球科学为解决社会可持续发展问题的一个基础性环节。

空间定位技术、航空和航天遥感、地理信息系统和互联网等现代信息技术的发展及其相互间的渗透,逐渐形成了地球空间信息的集成化技术系统。近二三十年来,这些现代空间信息技术的综合应用有了飞速发展,使得人们能够快速及时和连续不断地获得有关地球表层及其环

境的大量几何与物理信息,形成地球空间数据流和信息流,从而促成了“地球空间信息科学”的产生。

地球空间信息科学不仅包含现代测绘科学的所有内容,而且体现了多学科的交叉与渗透,并特别强调计算机技术的应用。地球空间信息科学不局限于数据的采集,而是强调对地球空间数据和信息从采集、处理、量测、分析、管理、存储、到显示和发布的全过程。这些特点标志着测绘学科从单一学科走向多学科的交叉;从利用地面测量仪器进行局部地面数据的采集到利用各种星载、机载和舰载传感器实现对地球表面及其环境的几何、物理等数据的采集;从单纯提供静态测量数据和资料到实时/准实时地提供随时空变化的地球空间信息;将空间数据和其他专业数据进行综合分析,其应用已扩展到与空间分布有关的诸多方面,如:环境监测与分析、资源调查与开发、灾害监测与评估、现代化农业、城市发展、智能交通等。

推动地球空间信息科学发展的动力有两个方面:一是方面现代航天、计算机和通讯技术的飞速发展为地球空间信息科学的发展提供了强有力的技术支持;另一方面全球变化和社会可持续发展日益成为人们关注的焦点,而作为其主要支撑技术的地球空间信息科学必然成为优先发展的领域。具体表现为:地球空间信息科学理论框架逐步完善,技术体系初步建立,应用领域进一步扩大,产业部门逐步形成。

2) 地球空间信息学的理论基础

地球空间信息科学理论框架的核心是地球空间信息机理。地球空间信息机理作为形成地球空间信息科学的重要理论支撑,通过对地球圈层间信息传输过程与物理机制的研究,揭示地球几何形态和空间分布及变化规律。主要内容包括:地球空间信息的基准、标准、时空变化、认知、不确定性、解译与反演、表达与可视化等基础理论问题。

(1) 地球空间信息基准

地球空间信息基准包括几何基准、物理基准和时间基准,是确定一切地球空间信息几何形态和时空分布的基础。地球参考坐标系轴向对地球体的定向是基于地球自转运动定义的,地球动力过程使地球自转矢量以各种周期不断变化;另一方面,作为参考框架的地面基准站又受到全球板块和区域地壳运动的影响。因此,区域定位参考框架与全球参考框架的连接和区域地球动力学效应问题,是地球空间信息科学和地球动力学交叉研究的基本问题。

(2) 地球空间信息标准

地球空间信息具有定位特征、定性特征、关系特征和时间特征,它的获取主要依赖于航空、航天遥感等手段。各种遥感仪器所感受的信号,取决于错综复杂的地球表面和大气层对不同电磁波段的辐射与反射率。地球空间信息产业发展的前提是信息的标准化,它作为一种把地球空间信息的最新成果迅速地、强制性地转化为生产力的重要手段,其标准化程度将决定以地球空间信息为基础的信息产业的经济效益和社会效益。主要包括:空间数据采集、存贮与交换格式标准、空间数据精度和质量标准、空间信息的分类与代码、空间信息的安全、保密及技术服务标准等。

(3) 地球空间信息时空变化

地球及其环境是一个时空变化的巨系统,其特征之一是在时间-空间尺度上演化和变化的不同现象,时空尺度的跨度可能有十几个数量级。地球空间信息的时空变化理论,一方面从地球空间信息机理入手,揭示和掌握地球空间信息的时空变化特征和规律,并加以形式化描述,形成规范化的理论基础,使地球科学由空间特征的静态描述有效地转向对过程的多维动态描述和监测分析。另一方面,针对不同的地学问题,进行时间优化与空间尺度的组合,以解决诸如不同尺度下信息的衔接、共享、融合和变化检测等问题。

(4) 地球空间信息认知

地球空间信息以地球空间中各个相互联系、相互制约的元素为载体,在结构上具有圈层性,各元素之间的空间位置、空间形态、空间组织、空间层次、空间排列、空间格局、空间联系以及制约关系等均具有可识别性。通过静态上的形态分析、发生上的成因分析、动态上的过程分析、演化上的力学分析以及时序上的模拟分析来阐释与推演地球形态,以达到对地球空间的客观认知。

(5) 地球空间信息不确定性

由于地球空间信息是在对地理现象的观测、量测基础上的抽象和近似描述,因此存在不确定性,而且它们可能随着时间发生变化,这使得地球空间信息的管理非常复杂、困难。同时,这些差异会对信息的处理、分析结果产生影响。地球空间信息的不确定性包括:类型的不确定性、空间位置的不确定性、空间关系的不确定性、时域的不确定性、逻辑上的不一致性和数据的不完整性。

(6) 地球空间信息解译与反演

通过对地球空间信息的定性解译和定量反演,揭示和展现地球系统现今状态和时空变化规律。从现象到本质回答地球科学面临的资源、环境和灾害诸多重大科学问题是地球空间信息科学的最终科学目标。地球空间信息的解译与反演涉及范围广泛的地球学科。

(7) 地球空间信息表达与可视化

由于计算机中的地球空间数据和信息均以数字形式存贮,为了使人们更好地了解 and 利用这些信息,需要研究地球空间信息的表达与可视化技术方法。主要涉及到空间数据库的多尺度(多比例尺)表示、数字地图自动综合、图形可视化、动态仿真和虚拟现实等。

3) 地球空间信息学的技术体系

地球空间信息科学的技术体系是指贯穿地球空间信息采集、处理、管理、分析、表达、传播和应用的一系列技术方法所构成的一组完整的技术方法的总和。它是实现地球空间信息从采集到应用的技术保证,并能在自动化、时效性、详细程度、可靠性等方面满足人们的需要。地球空间信息科学技术体系是地球空间信息科学的重要组成部分,它的建立依赖于地球空间信息科学基础理论及其相关科学技术的发展,包括以下几个大的方面:

(1) 空间定位(GPS)技术

GPS作为一种全新的现代定位方法,已逐渐在越来越多的领域取代了常规光学和电子仪器。20世纪80年代以来,尤其是90年代以来,GPS卫星定位和导航技术与现代通信技术相结合,在空间定位技术方面引起了革命性的变化。用GPS同时测定三维坐标的方法将测绘定位技术从陆地和近海扩展到整个海洋和外层空间,从静态扩展到动态,从单点定位扩展到局部与广域差分,从事后处理扩展到实时(准实时)定位与导航,绝对和相对精度扩展到米级、厘米级乃至亚毫米级,从而大大拓宽它的应用范围和在各行各业中的作用。

(2) 航空航天遥感(RS)技术

当代遥感的发展主要表现在它的多传感器、高分辨率和多时相特征。国外已有或正研制地面分辨率为1—3m的航天遥感系统,俄罗斯也将原军方保密的分辨率为2m的间谍卫星影像公开出售。在影像处理技术方面,开始尝试智能化专家系统。遥感信息的应用分析已从单一遥感资料向多时相、多数据源的复合分析,从静态分析向动态监测过渡,从对资源与环境的定性调查向计算机辅助的定量分析过渡,从对各种现象的表面描述向软件分析和计量探索过渡。近年来,由于航空遥感具有的快速机动性和高分辨率的显著特点使之成为遥感发展的重要方面。

(3) 地理信息系统(GIS)技术

随着“数字地球”这一概念的提出和人们对它的认识的不断加深,从二维向多维动态以及网络方向发展是地理信息系统发展的主要方向,也是地理信息系统理论发展和诸多领域的迫切需要如资源、环境、城市等。在技术发展方面,一个发展是基于Client/Server结构,即用户可在其终端上调用在服务器上的数据和程序。另一个发展是通过互联网络发展Internet GIS或Web-GIS,可以实现远程寻找所需要的各种地理空间数据,包括图形和图像,而且可以进行各种地理空间分析,这种发展是通过现代通讯技术使GIS进一步与信息高速公路相接轨。

(4) 数据通讯技术

数据通讯技术是现代信息技术发展的重要基础。地球空间信息技术的发展在很大程度上依赖于数据通讯技术的发展,在GPS、GIS和RS技术发展过程中,高速度、大容量、高可靠性的数据通讯是必不可少的。目前在世界范围内通讯技术正处于飞速发展阶段,特别是宽带通讯、多媒体通讯、卫星通讯等新技术的应用以及迅速增长的需求,为数据通讯技术的发展创造了良好的外部环境。

1.2.2 数字地球

戈尔副总统在“数字地球——认识21世纪我们这颗星球”的报告中,比较详尽地阐述了数字地球的概念。所谓“数字地球”,可以理解为对真实地球及其相关现象统一的数字化重现和认识。其核心思想是用数字化的手段来处理整个地球的自然和社会活动诸方面的问题,最大限度地利用资源,并使普通百姓能够通过一定方式方便地获得他们所想了解的有关地球的信息,其特点是嵌入海量地理数据,实现多分辨率、三维对地球的描述,通俗地说就是虚拟地球。