



地理信息科学教学丛书

地理信息科学导论

DILI XINXI KEXUE DAOLUN

张友静 许捍卫 余远见 王红 编著



国防工业出版社
National Defense Industry Press

地理信息科学教学丛书

地理信息科学导论

张友静 许捍卫 余远见 王红 编著

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书在理解地理信息科学概念的基础上,系统地介绍了地理信息的获取、管理、表达与可视化以及地理信息应用与服务。

全书共分5章,其中第1章地理信息科学概述,主要介绍地理信息科学的概念,研究对象,应用领域和发展过程;第2章地理信息获取,主要介绍地理数据定位基础,地形数据采集,全球定位导航系统和遥感技术;第3章地理信息管理,主要介绍地理信息与社会生活,地理信息系统的概念、组成,地理数据的组织与管理,地理数据建模与空间分析;第4章地理信息表达与可视化,从可视化的角度,介绍地理信息可视化的概念、发展,地理信息可视化的表达方法与应用,虚拟地理环境概念与特点;第5章地理信息应用与服务,主要介绍目前地理信息系统较为成熟的应用,包括“3S”集成与应用、WebGIS,并简要介绍了GIS在数字城市中的应用。

本书主要选择地理信息相关内容编写,可作为地理信息系统专业入门教材,同时可作为测绘工程、土地管理、资源环境与城乡规划管理、计算机应用相关专业参考。

图书在版编目(CIP)数据

地理信息科学导论 / 张友静等编著. —北京:国防工业出版社, 2009. 11

(地理信息科学教学丛书)

ISBN 978 - 7 - 118 - 06533 - 6

I. 地... II. 张... III. 地理信息系统 IV. P208

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 164094 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 710×960 1/16 印张 11 $\frac{3}{4}$ 字数 222 千字

2009 年 11 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 23.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

前 言

根据 1998 年教育部设置的专业目录,地理信息系统专业已走过了十多年的历程。期间,地理信息系统(Geographical Information System, GIS)理论、地理信息技术、地理信息应用与服务得到了飞速发展。地理信息科学的内涵和研究领域得到不断拓展,对地理信息的认知不断深化。地理信息科学在全球变化和区域可持续发展研究中发挥着不可替代的作用。而地理信息技术则日新月异,许多计算机领域的新技术和方法在问世不久就迅速应用到地理信息系统,使地理信息系统成为信息技术产业的重要组成和高新技术领域的生力军。GIS 应用的深度和广度不断扩展。基于互联网和位置的地理信息服务已经走进千家万户,逐渐地改变人们的生活。而空间认知的普及,甚至将改变人们的思维方式。地理信息的应用正在成为国家、政府、企业和人们行为方式的重要组成。

作为走进地理信息系统专业的新生,他们对专业的了解和认识还不够清晰。由于专业培养方案中课程设置的原因,许多学生在入学后的一年甚至两年,尚不清楚地理信息系统是什么,可以做什么,我将向哪去。为此,编者从 2004 年开始,在新生入学后的第一学期开设了地理信息科学导论课程,以期使学生能够早一些了解专业,逐步提高学生的专业认识,并培养起学生的专业兴趣。但苦于无合适的教材,而使课程教学稍显零乱。基于此,编者决定面向地理信息系统专业新生编写该教材。

本书共分 5 章,按照地理信息获取—管理—表达—应用来组织本书,希望使学生能够了解专业的主要脉络。第 1 章由张晓祥、张友静编写;第 2 章由安如、王卫平、颜梅春、张友静编写;第 3 章至第 5 章分别由许捍卫、王红、余远见编写。全书由张友静、许捍卫定稿、统稿。

作为地理信息系统专业新生的入门教材,本书试图以通俗的语言介绍专业的主要内容。但是否能够达到编者设定的期望,尚需时间检验。此外,由于编者的水平和能力所限,本书不妥之处在所难免,盼读者不吝赐教,以便修改和完善。

编著者
2009 年 8 月

目 录

第 1 章 地理信息科学概述	1
1.1 地理信息、地理信息系统与地理信息科学	1
1.1.1 地理信息	1
1.1.2 地理信息系统	2
1.1.3 地理信息科学	3
1.2 地理信息科学的研究内容和应用领域.....	5
1.2.1 地理信息科学的学科属性	5
1.2.2 地理信息科学的研究内容	6
1.2.3 地理信息科学的应用领域	7
1.3 地理信息科学的发展.....	9
1.3.1 地理信息科学的萌芽	9
1.3.2 地理信息科学的形成.....	13
1.3.3 地理信息科学的发展.....	14
第 2 章 地理信息获取	19
2.1 地理信息定位基础	19
2.1.1 地理空间的定义.....	19
2.1.2 地理空间的数学构建.....	20
2.1.3 地理坐标系的建立.....	25
2.2 地形测量	32
2.2.1 地形图的基本知识.....	32
2.2.2 地形测量数据采集.....	33
2.2.3 地形图测绘.....	37
2.2.4 数字化测图.....	40
2.3 全球导航卫星系统与信息获取	41
2.3.1 全球导航卫星系统概述.....	41

2.3.2	GPS 定位原理	47
2.3.3	GPS 高程测量	50
2.3.4	GPS 定位的误差源	51
2.4	遥感技术与信息获取	52
2.4.1	遥感技术系统	53
2.4.2	遥感技术特点	57
2.4.3	地物波谱与遥感数据处理	59
2.4.4	遥感技术的应用	63
第 3 章	地理信息管理	67
3.1	地理信息与社会生活	67
3.2	地理信息系统基本概念	72
3.2.1	地理信息系统定义	72
3.2.2	GIS 研究内容	73
3.2.3	GIS 基本构成	73
3.3	地理数据表达	76
3.3.1	地理数据	77
3.3.2	离散对象和连续场	78
3.3.3	矢量数据和栅格数据	78
3.4	空间数据结构	80
3.4.1	矢量数据结构	80
3.4.2	栅格数据结构	83
3.4.3	TIN 数据结构	89
3.5	空间分析	90
3.5.1	空间查询与空间量算	90
3.5.2	叠加分析	92
3.5.3	缓冲区分析	93
3.5.4	地理数据的插值与分析	95
第 4 章	地理信息表达与可视化	97
4.1	地理信息可视化概念	97
4.1.1	地理信息可视化	97
4.1.2	地理信息可视化研究框架	100

4.1.3	地理信息可视化发展	101
4.2	地理信息可视化方法和应用	102
4.2.1	地理信息可视化方法	102
4.2.2	地理信息可视化常用的 GIS 模块	105
4.2.3	地理信息三维可视化过程	106
4.2.4	地理信息可视化应用实例	107
4.3	虚拟地理环境	112
4.3.1	虚拟世界及其与现实世界的相互关系	112
4.3.2	虚拟地理环境概念及其形成	114
4.3.3	虚拟地理环境特点	119
4.3.4	虚拟地理环境研究框架	121
第 5 章	地理信息应用与服务	123
5.1	“3S”集成	123
5.1.1	“3S”基本概念	123
5.1.2	“3S”集成模式	123
5.1.3	“3S”集成应用	129
5.2	WebGIS	138
5.2.1	WebGIS 概述	138
5.2.2	WebGIS 的实现技术与标准	141
5.2.3	WebGIS 应用	148
5.3	位置服务	156
5.3.1	位置服务概述	156
5.3.2	定位与服务	161
5.3.3	位置服务的应用	165
5.4	数字城市	172
5.4.1	数字城市的起源、概念与框架	172
5.4.2	数字城市建设国内外现状	175
5.4.3	国内数字城市建设进展	177
	参考文献	179

第1章 地理信息科学概述

1.1 地理信息、地理信息系统与地理信息科学

1.1.1 地理信息

地理数据是地理圈或地理环境固有要素或物质的数量、质量、分布特征、联系和规律的数字、文字、图像和图形等的总称。地理信息是有关地理实体的性质、特征和运动状态的表征和一切有用的知识,是对地理数据的解释。Maguire认为,地理信息是关于地球表面某一位置地理实体或地理现象的信息。国际标准化组织认为地理信息是直接或间接与地球上某一位置相关联的地理实体或地理现象的信息。地理信息与其他类型信息的根本区别,就在于它总是与某一地理区位及其区位的特定参考基准联系的。

地理信息是关于地球表面或地理空间的描述,即对地理对象的位置、形状、属性、空间关系等方面的表达。其表达基本形式是 $\langle x, y, z, t, a \rangle$ 。其中, (x, y, z) 是对象的空间位置; t 是对象在时间维上的变量; a 是对象在该位置上的属性。属性可以是对象在该位置上的类型、特征或概念,也可以是地理变量的一种测度和可能性,还可以是一个活动或一个组织等。由此可见,地理信息的内容除位置外,还涉及人口、环境、资源、社会、经济、军事等诸领域的各种地理要素及其变化,不仅是对广义人地关系的描述,也凝结着人类认识自然和社会的知识,是对地理空间要素的形式化表达。地理信息具有以下基本特征:

(1) 存在空间自相关,这是地理数据分析的基础。空间变异函数、空间插值与地统计分析等就是关于数据的关联程度的分析方法。

(2) 地理尺度,即与地理现象的格局及过程密切相关的地理范围、单元大小、边界划分等。

(3) 地理数据的不确定性,不仅表现在空间位置数据存在着测量误差,概念数据模型(如概念界定与分类)、空间数据分析(如空间插值)中也存在着一定的不确定性因素。

(4) 时间与空间不可分割,即地理信息具有随时间变化的特点。

(5) 空间数据的其他特征,如空间分形、距离衰减、空间依赖现象、非正态分布等。另外,地理数据往往是多维数据且数据量庞大,各种特征不是独立地存在,往

往交织在一起。

由于地理信息具有区域性、多维性和时序性的特点,人类生存和社会活动所需的 80% 信息与地理信息相关。地理信息是连接各种信息、形成在空间和时间上连续分布的综合信息的基础。它既具有社会公益性,又具有市场价值,是我国解决人口、资源、环境和灾害等重大问题和促进国家可持续发展的基本信息手段。目前,大多数政府部门利用地理信息处理日常工作,超过一半的大型跨国公司使用地理信息为其服务,基于互联网和空间位置的地理信息服务正以前所未有的速度走进千家万户。

1.1.2 地理信息系统

自 20 世纪 60 年代加拿大测量学家 Roger Tomlinson 提出地理信息系统(Geographical Information System, GIS)概念以来, GIS 在全世界获得飞速发展。各国政府、产业界、学术界和社会对 GIS 的认可度不断增强。可以说地理信息系统的出现是近 30 年来地理科学的革命性事件。一方面,它为地理科学的研究提供了一个现代化的工具,使地理科学的研究从传统的定性描述发展到定量分析,从简单的数据处理走向复杂的辅助决策系统和地理科学实验平台;另一方面,地理信息系统有广泛的社会需求和广阔的应用领域,它发展之快、应用之广、影响之深刻,令世人瞩目。1992 年,联合国环境与发展大会秘书长斯特朗认为:“在可持续发展的研究与决策中,没有任何其他方法比利用地理信息系统技术更为重要”。世界著名杂志《Nature》2004 年 1 月刊登的“Mapping Opportunities”,将以遥感与 GIS 为基础的地理信息技术和纳米技术、生物技术作为最新出现且最具发展前景的三大高新技术,高度评价了 GIS 的发展前景。2006 年 2 月《Nature》刊登了题为“The Web-Wide World”的文章,讨论了 Google Earth 以及 GIS 的未来发展。

Maguire 将对地理信息系统的认识综合归纳为以下三种观点:

(1) 地图观:认为 GIS 来源于现代的地图学,因而可将 GIS 看做一个地图处理与显示系统。这种观点强调系统能生成出高质量的地图和表格。

(2) 数据库观:强调 GIS 应具有良好设计的数据库系统,在这个系统中可以使用各种地理数据进行复杂的分析。这种观点强调 GIS 首先是一个信息系统。

(3) 空间分析观:强调在数据建库的基础上,通过对地理数据的空间分析和建模,得到有价值的信息。这种观点强调 GIS 的地理特性,认为 GIS 本质是一个地理系统。

由上可见,地理信息系统以地球表层的信息流为研究对象,具有以下三方面的特征:

(1) 具有采集、管理、分析和输出地理信息的能力,因而具有空间性和动态性特征。

(2) 计算机系统的支持是地理信息系统的重要特征,它使得地理信息系统能快速、精确、综合地对复杂的地理系统进行空间定位和过程动态分析。

(3) 运用地理学的理论和分析方法,利用计算机程序完成各种复杂的分析和计算,以生成有用的信息为分析、管理和决策服务。

地理信息系统将一个逻辑缩小的、高度信息化的地理系统放入计算机,从视觉、计量和逻辑上对系统的功能进行模拟,提取地理系统各不同侧面、不同层次的空间和时间特征、信息流动的过程与结果。这使得地理学家可以在地理信息系统支持下快速地取得地理预测或“实验”的结果,选择优化方案,用于分析、管理与决策。

地理信息系统按其内容可以分为三大类:

(1) 专题地理信息系统:具有有限目标和专业特点的地理信息系统,为特定的专门目的服务,如森林动态监测信息系统、水资源管理信息系统、矿业资源信息系统、农作物估产信息系统、草场资源管理信息系统、水土流失信息系统等。

(2) 区域信息系统:主要以区域综合研究和全面的信息服务为目标,可以有不同的规模,如国家级的、省级的或市级和县级的等不同级别行政区服务的区域信息系统;也可以按自然分区或流域为单位的区域信息系统,如加拿大国家信息系统、中国黄河流域信息系统等。许多地理信息系统是介于上述二者之间的区域性专题信息系统,如北京市水土流失信息系统、海南岛土地评价信息系统、河南省冬小麦估产信息系统等。

(3) 地理信息系统工具或地理信息系统外壳:是一组具有地理数据数字化、存储管理、查询检索、分析运算和多种输出等地理信息系统基本功能的软件包。它们或者是专门设计研制的,或者在完成了实用地理信息系统后抽取掉具体区域或专题的地理数据后得到的,具有对计算机硬件适应性强、数据管理和操作效率高、功能强且具有普遍性的开发工具。

在通用的地理信息系统工具支持下建立区域或专题地理信息系统,不仅可以节省系统开发的人力、物力、财力,缩短系统建设周期,提高系统技术水平,而且易于推广地理信息系统技术,并使广大地学工作者可以将更多的精力投入高层次的应用模型开发上。

1.1.3 地理信息科学

地理信息系统技术的应用大大提高了人类处理和分析有关地球资源、环境、社会与经济数据的能力。但作为一门快速发展的学科,GIS面临着新的问题。而新方法不断出现,也需要与相关学科交叉进行跨学科的综合研究。陈述彭指出:GIS的进一步发展必须以地理信息机理理论为基础。地理信息系统已不仅仅限于物质流与能量流的信息载体,而应研究包括地学信息流程的动力学机

理与时空特征、地学信息传输机理以及不确定性和可预见性等。因此, GIS 的进一步发展与腾飞需要新的科学研究成果作为“源动力”, 地理信息科学应运而生。

1992 年, 国际知名地理信息科学家 Goodchild 撰文提出地理信息科学 (Geographical Information Science, GIScience) 这一新的学科。明确将其定义为“信息科学有关地理信息的一个分支学科”, 并列出了地理信息科学的主要研究问题, 描绘了地理信息科学的学科领域与范围。Goodchild 认为, 地理信息科学主要研究地理学在应用计算机技术对信息进行处理、存储、提取以及管理和分析过程中所提出的一系列基本理论问题和技术问题。与地理信息系统相比, 它更加侧重于将地理信息系统看做一门科学, 而不仅仅是一个技术实现。Goodchild 的这一观点对近 20 年来的地理信息科学的发展产生了广泛的影响。

1994 年, 美国成立了“大学地理信息科学联盟”(UCGIS), 为新的组织与该学科领域界定了一个解释性的“间接”定义: “大学地理信息科学联盟致力于理解地理过程、地理关系与地理模式, 研究和利用新的理论、方法、技术和数据, 将地理数据转换成有用的信息是地理信息科学的核心”。

1999 年初, 美国国家科学基金会(NSF)的一个工作组提出了地理信息科学的一个“完整”定义: “地理信息科学(GIScience)是一为追求重新定义地理概念并在地理信息系统中成功应用的基础研究领域。地理信息科学将深入研究以空间信息为主要研究对象的一些传统科学, 如地理学、地图学、大地测量学中的最基本命题, 同时将结合认知与信息科学中的最新发展; 它也将与某些较为专门的研究领域, 如计算机科学、统计学、数学、心理学等相互交叠, 并继续对这些领域的发展做出贡献; 它将支持在政治科学、人类学领域的研究, 在地理信息和社会的关系研究中利用这些领域的知识”。

闫国年等则将地理信息科学定义为研究地理信息产生、运动和转化规律的一门交叉学科, 是以广义 GIS 为研究对象的一门学科, 是自然科学、技术科学、社会科学、思维科学之间的交叉学科。其主要研究内容包括: 地理信息产生、运动过程; 地理信息转化过程; 地理信息获取与处理技术; 地理信息技术集成理论与方法; 地理信息科学的应用研究。

从地理信息科学的概念可以看出地理信息系统与地理信息科学的关系。有人将 GIScience 称为超越技术的 GIS。认为 GIS 本质上是技术系统, 而地理信息科学的基本原理和应用实践中既隐含特定的科学问题, 又具有组织与社会属性。GIS 的身份标志是地理空间, 空间认知与表达是 GIS 的思想基础, 空间数据分析方法以及从地理数据中挖掘、产生新知识, 是 GIS 生命力的体现。同时, 不能忽略 GIS 应用中的管理与社会问题。英国东伦敦大学地理信息研究中心将其涉及的研究领域界定为地理信息科学、地理信息系统和地理信息工程。指出, 地理信息科学主要关

注空间数据处理和分析中的通用性问题,如数据结构、可视化、空间分析、空间数据质量与不确定性传播等,地理信息系统主要关注技术及其在不同领域的应用,地理信息工程则关注特定空间信息解决方案的设计。由上可见,地理信息科学是地理信息系统发展到一定阶段的必然产物。它关注地理信息的基本和普遍的科学问题,重视地理信息系统应用所涉及的社会、经济、组织和管理问题,并从信息科学的普遍规律出发,深化地理信息系统的研究,推动 GIS 的不断发展。

1.2 地理信息科学的研究内容和应用领域

1.2.1 地理信息科学的学科属性

名词和定义反映了学科的内涵与本质。显然,从名词的直观词义看,地理信息科学应是信息科学的一个分支。牛津英语词典对“信息科学”的定义是:“信息科学是与信息存储、检索和传播的过程相关联的知识的分支”。

从哲学思维与认知的角度,当一个智能主体的智力行为指向现实世界中的一个对象或事物时,信息就会产生;信息是智力行为内容的关键部分。而信息科学是研究“在自然与人工系统中信息的特性与行为,研究信息从一个主体到其他主体的转换过程、形式、机制的科学”。而地理信息科学则是信息科学中有关地理信息研究的一个子集。著名学者 Luc Anselin, David Rhind 等从地理信息的信息基础与社会性基础出发,阐明了地理信息科学是信息科学一个独立、重要子集的科学命题。国内外对 GIScience 科学在信息科学领域设定的研究具有引人注目的相似性,这为地理信息科学应是信息科学一个分支的学科界定提供了充分的证据。当然,地理信息科学与地理学科具有紧密的关系,它们关注现实世界共同的对象。同时,地理信息科学发源于 GIS,因而与系统科学紧密相关。三者的相互交叉和发展形成了地理信息科学,并使之具有显著的科学深度,是一门正在迅速发展中的新学科。

1992 年 Goodchild 提出地理信息科学时认为,地理信息科学的学科体系应包括地理学、地图学、测量学、大地测量学、摄影测量学、计算机科学以及统计学(空间统计学)、经济学(信息经济学)、认知科学(空间认知学)、心理学(环境心理学、发展心理学、社会心理学)和数学(几何学)。图 1-1 是地理信息科学的学科体系示意图。地理学、数学和计算机与信息科学显然已对地理信息科学的形成做出了重大贡献;地理信息系统与遥感技术定位导航技术的集成研究与应用取得长足的进展。空间认知学和心理学正在成为研究的热点。可以相信,各学科与地理信息科学都将在学科需要的背景下发挥自己的作用。同时,地理信息科学只有通过多学科的协作,才能不断地深化与发展。

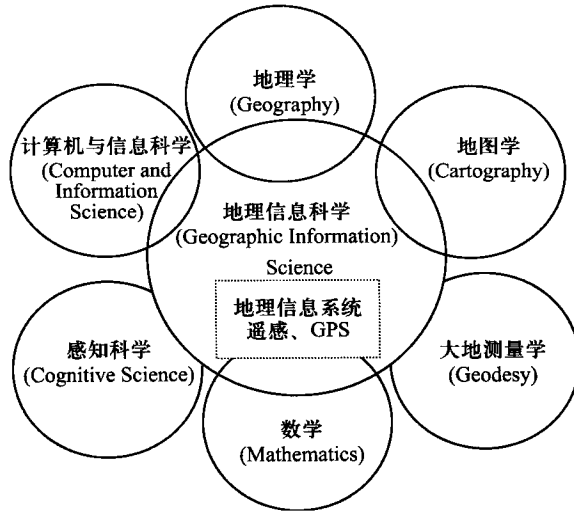


图 1-1 地理信息科学的学科体系

1.2.2 地理信息科学的研究内容

针对提出地理信息科学以来对其科学属性及其内涵的众多不同理解,开展了关于地理信息科学的确切内涵,地理信息科学与地理信息技术的关系,以及如何推进地理信息科学深入发展等地理信息科学三大问题为核心的研究。在 GIScience 的研究主题方面,不同的团体在不同的时间有着不同的观点。

1995 年,美国国家地理信息与分析中心(NCGIA)向 NSF 提交了一份命名为“推进地理信息科学”的研究建议,将新形成的 GIScience 定义为基于三个基础研究领域的一门学科,分别是地理空间的认知模型、地理概念表达的计算方法和信息社会的地理学。

1996 年,UCGIS 提出了如下课题作为 GIScience 的研究主题:空间数据采集与综合;地理数据与各种基于 GIS 活动的不确定性;GIS 环境中的空间分析;空间信息基础设施的未来;地理信息互操作;分布式计算;GIS 与社会;比例尺;地理信息认知;地理表达的扩展等。

2002 年,UCGIS 提出长期研究挑战涉及的论题包括空间本体、地理表达、空间数据获取与集成、尺度、空间认知、时空分析与建模、地理信息不确定性、可视化、GIS 与社会、地理信息工程。

中国国家自然科学基金委员会在 2001 年 11 月提出的“地球空间信息科学”基金优先资助领域战略研究报告中,在“基础研究”、“方法技术”与“应用研究”三个领域内提出了 14 个研究主题:①遥感信息机理;②地理空间认知;③地理空间尺度;④地理空间关系;⑤地理表示方法扩展;⑥地理信息不确定性;⑦数据获取与集

成;⑧地理可视化;⑨空间分析方法与模型;⑩空间信息分布式计算;⑪互操作;⑫数据基础设置;⑬全球变化;⑭区域可持续发展。

UCGIS 于 2006 年提出地理信息科学与技术知识体系。UCGIS 将地理信息科学与技术知识体系划分为概念基础、地理空间数据、地图学与可视化、系统设计、数据建模、数据操作、地理计算、分析方法、地理信息科学技术与社会、组织与机构方面 10 大模块。可以看出,以上知识体系的划分既涵盖了传统 GIS 研究的基本内容,同时密切关注相关方向的最新研究发展,并面向地理信息产业化发展与社会化应用,强调 GIS 与社会以及相关的组织机构问题。

从地理信息科学出发,地理信息科学的研究内容由三部分组成:

(1) 地理信息机理研究:通过对地表各圈层间信息的形成和变化机制及传输规律的研究,揭示地理信息的发生和形成以及相互作用机理。着重研究地理空间认知、地理空间尺度、空间关系、地理表示方法扩展和地理信息不确定性等内容。

(2) 地理信息技术方法研究:主要包括信息获取技术(数据的采集、数据处理和信息提取)、信息模拟技术(应用数理模型进行动态模拟、科学预测和辅助决策)、信息传播技术(通过地理数据的建库、信息的共享和互操作实现地理信息的网络传播)。

(3) 地理信息应用:主要包括资源开发、环境分析、灾害监测、电子政务、基于位置和网络的信息服务、数字城市、数字农业、数字流域等,区域可持续发展以及全球变化等领域。

1.2.3 地理信息科学的应用领域

地理信息科学产生与发展,无论是从理论上还是从技术上都将为全球变化与区域可持续发展研究提供指导与支持。陈述彭先生用人的双手形象地描述了地球信息科学的应用:一只手看做是全球变化,其中每一个手指分别代表生物圈、水圈、大气圈、土壤圈和岩石圈,五方面相互作用构成全球变化研究主题;另一只手看做是区域可持续发展研究,大拇指代表人流,其余四指表示人与自然的的关系。还有人说:基于互联网与位置的服务和全球变化是所谓的地理信息科学的“杀手级应用”,也有可能是构建这个领域的骨架。表明了地理信息科学在上述领域不可或缺的学科地位。

地理信息科学是全球环境变化研究的科学和信息基础。全球变化可定义为全球环境中能改变地球承载生命能力的变化。全球变化研究对信息的基本要求就是要有在空间上展布和时间上连续的海量数据以及对这些数据的处理技术和分析平台的支持。遥感和地理信息系统正是全球变化研究的主要手段和科学实验的平台。它们自身的发展涉及了地理信息科学的主要研究领域,如地理信息的表达,尺

度问题,不确定性问题等。同时,它们还向人们源源不断地提供空间信息和信息管理与分析的方法。遥感通过传感器从空中持续地获取反映地表现状及其动态变化的影像,并通过处理与分析提取影像中所包含的地理信息。地理信息系统通过空间系统(格网和坐标体系)整合获得空间与非空间信息。这些信息构成了地理信息科学所关注的地表系统变化的信息基础,并以此支持对全球变化、区域可持续发展的研究,地球资源、环境和人口的协调发展,以及对自然灾害的监测、评估、预测、预报和预警。正是由于地理信息科学的发展,全球变化的研究才能在真正意义上实现全球尺度的研究。这一研究主要以有关环境演变的时空模型为主要内容,如有关气候与地表覆盖的变化,海平面及海岸线变迁,水系的变迁,沙漠化和湿地、绿洲,冰川的变化,森林、草场的变化等。

发展是硬道理。区域的可持续发展与和谐发展是当今社会的热门话题,也是我国的重要发展战略。可持续发展指的是社会、经济、人口、资源、环境的协调发展。世界银行和亚洲开发银行的资料表明,可持续发展依赖于是否能够融合现有的数据、信息、知识及技术,并将它们成功地应用到工业、农业、商业、管理等各个部门。在区域可持续发展研究中,人口向城市的流动与集中凸显了城市管理的不足。人类活动的加剧导致了资源的过分消耗和环境的恶化,并成为影响和谐发展的重要因素。对这些问题的深入认识并制定资源、环境和人口的协调发展策略,都有赖于对信息流现状的了解和分析以及科学的决策。地理信息科学在区域可持续发展方面的应用研究以人类活动与生态环境变化的时空模型为主,其研究重点是城市化进程与管理、农业现代化、区域资源开发、土地利用和土地退化的时空变化以及自然灾害的影响等方面。地理信息科学的发展将极大地推动区域可持续发展的研究,同时,也将促进地理信息科学在认知理论上的深化。而空间探测技术以及信息处理分析技术的发展,将大大推动人们对全球变化、区域可持续发展以及相关应用问题的研究和解决,特别是加深人们对地球资源、环境和人口协调发展的认识,有助于提高管理者对社会经济发展科学决策水平。

“数字地球”概念的提出将人们对地球空间信息的认识提高到了一个新的高度。地球空间信息的标准化、规范化、网络化以及以此为基础与各种非空间信息的整合,将大大促进人们世界观和认识论的改变和深化。在空间基础设施不断完善的条件下,基于互联网与位置的服务正走进千家万户。人们可以方便地借助互联网查询、分析所需要的信息,如乘车、晚餐、寻找合适的住房、选择省时省钱的旅游线路等。而导航系统与GIS的集成不仅方便了出行,对于物流业,甚至市容管理都具有重要意义。可以认为,地理信息科学正是数字地球的科学依据和理论基础,也是我国蓬勃开展且方兴未艾的“数字城市”和城市信息化的重要技术和手段。当然,这一科学技术领域的发展还远非完善。它的理论体系、研究方法、分析模型、支撑技术、数据标准、应用领域以及发展方向等均有待于进一步的深入研究。

1.3 地理信息科学的发展

Goodchild 提出地理信息系统发展的三个阶段:第一个阶段, GIS 作为地理学者的研究助手;第二个阶段, GIS 作为交流工具;第三个阶段, GIS 作为扩展人类感觉地理现实的手段,这个阶段才刚刚浮现。

1.3.1 地理信息科学的萌芽

大约 35000 年前,克鲁马努人(Cro Magnon)在法国西南部多尔多涅地区的拉斯科洞窟中创造了大量旧石器时代的壁画,史称拉斯科洞窟壁画(图 1-2)。这些壁画描绘了克鲁马努人狩猎的精美图案。

这些精美的壁画记录了一些描述动物迁移路线和轨迹的线条和符号。这些古代的早期记录符合现代地理信息系统的二元结构:一个图形文件对应一个属性数据库。可以看做是 GIS 最初的萌芽。

18 世纪以后,现代测绘技术和仪器制造技术有了长足的发展,大大促进了地图制图技术的发展。19 世纪中叶,摄影技术发明以后,地图的复制变得简便快捷,传统的模拟地图生产发展迅猛。20 世纪 60 年代早期,在核武器研究的推动下,计算机硬件的发展导致计算机制图技术的诞生,地理信息系统的出现已经指日可待。



图 1-2 拉斯科洞窟壁画

1. 第一个地理信息系统——加拿大地理信息系统

1966 年,世界上第一个地理信息系统——加拿大地理信息系统(Canada Geographic Information System, CGIS)诞生, CGIS 被加拿大土地调查部门用于土地利用制图。这个系统是由 Roger Tomlinson 博士开发主持的,并将这个系统取名为 GIS,这也是 GIS 名称的由来, Tomlinson 也因此被尊称为“GIS 之父”。

CGIS 被用来存储、分析以及处理加拿大土地利用数据,数据比例尺为 1:25 万,数据内容包括土壤、农业、休闲、野生生物、水鸟、林业和土地利用等各种信息,用以为加拿大农村确定最佳土地利用方式,系统还增设了土地分等定级功能来进行分析。

CGIS 在“绘图”应用上进行了改进,它具有覆盖、测量、数字化的功能,支持一个跨越大陆的国家坐标系统。

Roger Tomlinson 在这之前就意识到对大片土地上的投资所做的手工地图分析将是非常昂贵的,因此,需要一种技术手段来解决这个问题。早在 1960 年, Tomlinson 就认为应该将地图转化为数字形式的地图,以便于计算机分析与处理。但这样的系统直到 1971 年才投入运行,此后,该系统又改进为可以存储 10000 幅数字地图。

2. 传统地图的多层分析

Warren Manning(1860—1938)是有文字可循的最早使用地图叠加技术进行景观规划的景观设计师。1912 年,他在给波士顿附近的 Billerica 做规划时,用一系列的地图来显示道路和人文属性、地形、细分地界、土壤、森林覆盖,以及现有的和未来的保护地。所有地图都采用同比例尺。最后,他用地图叠加技术来分析这些数据,这被认为是有文献记载的最早使用手工地图叠加技术的一例。

直到 1950 年,在英国出版的《城乡规划》“为规划的调查”一章中,作者 Jacqueline Tyrwhitt 才首次将地图叠加技术进行了系统的介绍,指出这一技术的核心特征是所有地图都基于同样的比例尺,并都含有一些同样的地形或地物信息作为参照系,并且为了使用方便,所有地图都应在透明纸上制作。由此可见,至少在 20 世纪 50 年代,景观设计师已经普遍地将地图分层叠加方法用于规划和展示了。

20 世纪 60 年代,地图分层叠加技术便在北美用于大规模的景观资源调查和规划。到了 Ian McHarg,手工的、基于透明纸的地图分层叠加技术可谓被应用到了极致。在其《设计结合自然》一书中,他介绍了制图的过程。从 1912 年 Manning 开始应用,到 McHarg 的完善,在近半个世纪的里程中,地图分层叠加技术从产生到发展和完善,一直是生态规划思想和方法的发展和完善过程的一个有机组成部分。首先是规划师的系统景观思想要求对土地上多种复杂的因素进行分析和综合的需要,然后是测量和数据收集方法的规范化,最后是计算机的发明和普及,都推动了地图分层叠加技术的发展。

3. 早期的 GIS

1963 年夏,McHarg 在哈佛大学开设了一个生态规划课程,以美国东海岸的 Acadia 国家公园规划为例,将其“千层饼”模式用 GIS 来完成。在最终的汇报会上展示了大量的分析和规划成果,充分显示了“千层饼”模式的系统性和完整性。这次课程虽然也暴露了其在方法论上的缺陷和对水平生态过程分析方面的不足,但显示了 GIS 的强大功能。当时 McHarg 就曾感慨他当年那复杂的系统分析过程今天竟可以如此方便地通过 GIS 来完成。

哈佛大学作为景观设计学的摇篮,麻省理工学院作为计算机的发祥地,当它们结合在一起的时候,奇迹便发生了,那就是地理信息系统和空间分析技术的发展及其与景观规划的结合。1965 年,哈佛大学设计学院获得福特基金的赞助,