

地理信息系统 (GIS) 开发与应用

冯增才 编著



天津大学出版社

TIANJIN UNIVERSITY PRESS

地理信息系统 (GIS) 开发与应用

Geographical Information System
Development and Application

冯增才 编著



 天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

地理信息系统(GIS)开发与应用/冯增才编著. —
天津:天津大学出版社,2016. 2
ISBN 978-7-5618-5538-6

I. ①地… II. ①冯… III. ①地理信息系统—应用软件—软件开发 IV. ①P208

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第043087号

出版发行 天津大学出版社
地 址 天津市卫津路92号天津大学内(邮编:300072)
电 话 发行部:022-27403647
网 址 publish.tju.edu.cn
印 刷 天津泰宇印务有限公司
经 销 全国各地新华书店
开 本 185mm×260mm
印 张 20.75
字 数 512千
版 次 2016年3月第1版
印 次 2016年3月第1次
定 价 48.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,烦请向我社发行部门联系调换

版权所有 侵权必究

本书编委会

冯增才 惠康华 冯小荣

前 言

自 20 世纪 60 年代初“地理信息系统”(GIS)一词出现至今,这门学科已发展了 50 多年。随着计算机软件和硬件的迅猛发展,以及 3S(GIS、GPS、RS)的融合程度不断加深,地理信息系统已经广泛地应用于社会的各个领域。

我校自 2000 年以来,已经在本科生中开设了“地理信息系统”、“GIS 开发与应用”等课程,但由于课时所限,一直没有找到合适的配套教材,为此,作者将多年的讲稿进行了整理,汇集科研项目的开发精华,编写了这本教材。

本书不以探讨 GIS 方面的算法和理论取胜,而是侧重于 GIS 的应用,主要介绍了在 C# 语言中嵌入 MapX 的开发方法。书中介绍的示例都是作者几年来在开发项目过程中编写的代码,今毫无保留地予以公布。这些代码也许不一定是完美的,但至少可以给读者一个开发思路,起到抛砖引玉的作用。读者只要将书中的代码复制到自己的系统中,无须再编写更多的代码就可以开发一套基本的 GIS 应用软件。

本书共分 11 章,第 1 章介绍了 GIS 的基本概念和发展历程;第 2 章介绍了部分国内外著名的 GIS 软件;第 3 章简单介绍了地理学的知识;第 4 章介绍了当今流行的桌面 GIS 软件 MapInfo 的使用方法和技巧;第 5 章介绍了嵌入式 GIS 控件 MapX;第 6 章介绍了 C#语言的使用技巧及开发案例;第 7 章是本书的核心,全面介绍了 MapX 对象的属性、方法和事件的使用方法;第 8 章介绍了移动目标监控技术;第 9 章简单介绍了发布 MapX 应用程序;第 10 章简要介绍了 WebGIS 的概念和 MapXtreme 的使用;第 11 章介绍了在 MapX 中基于 A* 算法实现最短路径的方法。

本书第 1 章至第 3 章由惠康华编写,第 4 章、第 5 章、第 10 章、第 11 章由冯小荣编写,其余章节由冯增才编写。

赵莲老师对全书做了校正,并提出了宝贵的修改建议,在此表示诚挚的感谢。由于作者水平有限,书中不足之处在所难免,敬请读者提出宝贵意见。

作者

2015 年 5 月

目 录

| | |
|--|------|
| 第 1 章 绪论 | (1) |
| 1.1 基本概念 | (1) |
| 1.2 GIS 的发展概况 | (2) |
| 1.3 与 GIS 相关的学科及技术 | (6) |
| 1.4 地理信息系统的发展展望 | (9) |
| 1.5 地理信息系统在民航的应用 | (10) |
| 习题 | (11) |
| 第 2 章 国内外 GIS 软件概述 | (12) |
| 2.1 Pitney Bowes MapInfo 公司的软件介绍 | (12) |
| 2.2 ESRI 公司的软件介绍 | (13) |
| 2.3 AutoDesk 公司的软件介绍 | (18) |
| 2.4 SuperMap 公司的软件介绍 | (20) |
| 2.5 MapGIS 软件介绍 | (24) |
| 2.6 GeoStar 软件介绍 | (27) |
| 2.7 常用的三维地图软件介绍 | (30) |
| 习题 | (34) |
| 第 3 章 地理学知识 | (35) |
| 3.1 地球与地理参数 | (35) |
| 3.2 地图投影概述 | (36) |
| 3.3 地图的空间数据结构 | (39) |
| 3.4 GIS 数据库组织形式 | (44) |
| 习题 | (45) |
| 第 4 章 MapInfo Professional 的使用 | (46) |
| 4.1 MapInfo 表的组成 | (46) |
| 4.2 地图图层及工作空间 | (47) |
| 4.3 地图数据的采集 | (49) |
| 4.4 为 MapInfo 制作栅格图标 | (59) |
| 4.5 MapInfo 的绘图工具介绍 | (61) |
| 4.6 MapInfo 的使用技巧 | (65) |
| 4.7 团队制图应注意的问题 | (71) |
| 习题 | (72) |

| | |
|-----------------------------------|-------|
| 第5章 GIS的二次开发工具 MapX | (73) |
| 5.1 MapX | (73) |
| 5.2 Geosets 及 Geoset 管理器 | (74) |
| 5.3 在 Windows 中安装 MapX | (75) |
| 5.4 MapX 控件的构成 | (76) |
| 5.5 MapX 的调用格式 | (78) |
| 5.6 MapX 表达式与函数 | (79) |
| 习题 | (81) |
| 第6章 开发平台 C# | (82) |
| 6.1 C#语言介绍 | (82) |
| 6.2 C#编程举例 | (108) |
| 习题 | (123) |
| 第7章 MapX 的常用对象 | (124) |
| 7.1 地图对象 | (124) |
| 7.2 专题图对象 | (160) |
| 7.3 Layer 及 Layers 集合对象 | (173) |
| 7.4 Feature 及 Features 对象 | (198) |
| 7.5 RowValue 及 RowValues 对象 | (210) |
| 7.6 Parts 对象 | (216) |
| 7.7 Point 对象和 Points 集合 | (219) |
| 7.8 FeatureFactory 对象 | (222) |
| 7.9 Find 对象 | (229) |
| 7.10 地图逐层细化对象 | (233) |
| 7.11 与地图输出有关的对象 | (245) |
| 习题 | (249) |
| 第8章 移动目标监控技术 | (251) |
| 8.1 动画图层 | (251) |
| 8.2 利用 GPS 监控移动目标 | (251) |
| 8.3 移动目标数据回放 | (255) |
| 8.4 模拟 GPS 接收机 | (257) |
| 8.5 调正图标的方向 | (258) |
| 8.6 多个移动目标的实时监控与回放 | (268) |
| 习题 | (277) |
| 第9章 发布 MapX 应用程序 | (278) |
| 9.1 MapX 客户安装项目和步骤 | (278) |
| 9.2 安装 MapX OCX 控件 | (278) |

| | |
|---------------------------------------|-------|
| 第 10 章 WebGIS 产品 MapXtreme 介绍 | (281) |
| 10.1 MapXtreme 的安装 | (282) |
| 10.2 在 Visual Studio 中创建 GIS 程序 | (283) |
| 第 11 章 基于 GIS 地图最短路径搜索 | (296) |
| 11.1 A* 算法原理 | (296) |
| 11.2 GIS 地图中运用 A* 算法实现最短路径的搜索 | (301) |
| 参考文献 | (308) |
| 附录 1:《GIS 开发与应用》教学大纲 | (309) |
| 附录 2:《GIS 开发与应用》实验大纲 | (313) |
| 附录 3:综合实验项目举例 | (317) |
| 项目:《基于 GIS 的商品房销售管理系统》 | (317) |

第1章 绪论

1.1 基本概念

1. GIS 概念的演变

自20世纪60年代初“地理信息系统”(GIS)一词出现至今,这门学科已发展了50多年。50多年来,各个国家、各个相关领域的学者为其发展添砖加瓦,逐渐形成了这门学科的理论与技术体系。1992年 Goodchild 提出地理信息科学(Geographic Information Science)概念,从此,GIS被提升到一个更高的层次,与地理信息系统相比,它更加侧重于将地理信息视为一门科学,而不仅仅是一个技术实现,主要研究在应用计算机技术对地理信息进行处理、存储、提取以及管理和分析过程中提出的一系列基本问题。地理信息科学以信息流的手段研究地球系统内部的物质流、能量流和人流的运动状态和方式,它由三部分组成,“地球信息学”是其理论研究的主体,“地理信息技术”是其研究手段,“全球变化和区域可持续发展”是其主要应用领域。本书中凡提及GIS,兼具以上两种概念,即从技术上看是地理信息系统技术,从理论和研究方法上看是地理信息科学。近年来,由 Oliver Gunther 和 Rudolf Muller 提出的地理信息服务(GIS, Geographic Information Service)概念得到了认可,他们认为,GIS不再是一门技术,也不是一门学科,而是向人们提供了一种服务。一般认为,地理信息服务的目标是让任何人在任何时间和任何地点获取任何空间信息,即所谓的4A(Anybody、Anytime、Anywhere、Anything)。要实现这一目标,必须突破若干技术难关,其中,嵌入式GIS技术能保障任何人都能在任何时间和任何地点接入网络环境,提出服务需求,获取服务内容;分布式异构GIS系统技术和地理信息共享技术则保障能迅速地提供任何空间信息。

2. 地理信息系统的定义

到目前为止,关于地理信息系统的定义有很多。

定义一:地理信息系统是以地理空间数据为基础,在计算机软、硬件系统的支持下,对空间相关数据进行采集、管理、操作、模拟、分析和显示,并采用地理模型分析方法,适时提供多种空间和动态的地理信息,为地理研究和地理决策服务,而建立起来的计算机技术系统。

定义二:地理信息系统是以采集、储存、管理、显示和分析地球表面与空间、地理分布有关的数据的综合计算机信息系统,是一种分析和处理海量空间数据的技术。

定义三:它是在计算机软、硬件系统支持下,对整个或部分地球表层(包括大气层)空间中的有关地理分布数据进行采集、储存、管理、运算、分析、显示和描述的技术系统。

尽管GIS的定义有所不同,但GIS具有空间数据处理和分析功能,这是有别于其他信息系统的根本特点。

地理信息系统主要由计算机硬件系统、计算机软件系统、空间数据和人员等四部分组成。计算机软、硬件系统是其工作的核心。空间数据反映了地理信息系统的地理内容,而人员则在一定程度上决定了系统的工作模式与信息表达。

3. 地理信息系统的内容体系

地理信息系统所涉及内容非常广,可用图 1.1.1 进行概括。

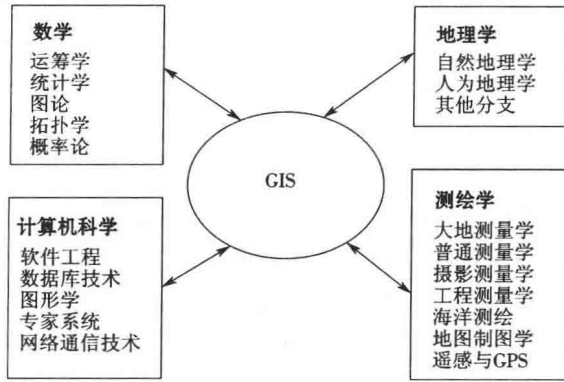


图 1.1.1 地理信息系统内容体系

1.2 GIS 的发展概况

地理信息系统的基本数据源于地图,它们都是地理信息的载体,具有获取、存储、编辑、处理、分析与显示地理数据的功能。地图是地理学的第二代语言,而地理信息系统将成为地理学的第三代语言。

1.2.1 国外地理信息系统的发展概况

自人类社会形成以来,人们在生产活动和社会活动中总在进行着信息的获取、交换和使用。从古代文明到现代社会,地理工作者、测绘工作者、航海家都致力于空间数据的收集、整理,制图工作者则以地图的形式表现这些数据。地图作为空间数据的载体长期为航海、军事以及现代经济建设服务。

1.20 世纪 60 年代——开拓发展阶段

1956 年,奥地利测绘部门首先利用电子计算机建立了地籍数据库,被认为是借助计算机制图的先例,以后许多国家的土地测绘部门都相继发展了土地信息系统。1963 年,加拿大测量学家 R. F. Tomlinson 首先提出了“地理信息系统”这一术语,并建立了世界上第一个实用的地理信息系统——加拿大地理信息系统(CGIS),用于自然资源的管理和规划。该系统由加拿大政府组织,于 1963 年开始研制实施,1971 年投入正式运行,被认为是国际上最早建立的、较为完善的大型实用的地理信息系统。20 世纪 60 年代中期,由于人类对自然资源 and 环境的规划管理 with 应用快速增长的需要,对大量空间环境数据存储、分析和显示技术方法改进的要求,以及计算机技术及其在自然资源和环境数据处理中应用的迅速发展,促

使对地图进行综合分析和输出的系统日益增多。1964年,在 Howard T. Fisher 的领导下,哈佛大学计算机制图与空间分析实验室成立,并于1966年成功开发了第一个栅格 GIS—SY-MAP。1967年,美国人口统计局开发了 DIME-GBF(双重独立地图编码-地理数据库文件),利用这种数据结构建立的街道地址数据库被用于1970年进行的人口普查中。20世纪60年代中后期,地理信息系统发展的另一个显著标志是许多有关的组织和机构纷纷建立地理信息系统。例如,1966年美国成立了城市和区域信息系统协会(URISA),1969年又建立了州信息系统全国协会(NASIS),1967年英国成立了试验制图组织(ECU),这在很大程度上拓展了计算机制图和 GIS 的应用领域。1969年,Jack Dangermond,一名哈佛实验室的研究生,和他的妻子 Laura 建立了 ESRI 公司,从事 GIS 的项目研究。国际地理联合会(IGU)于1968年设立了地理数据收集和处理委员会(CGDSP)。这些组织和机构的建立,对于传播地理信息系统的知识和发展地理信息系统的技术起了重要的指导作用。

2. 20世纪70年代——初步发展阶段

20世纪70年代以后,由于计算机硬件和软件技术的飞速发展,尤其是大容量存取设备(硬盘)的使用,为空间数据的录入、存储、检索和输出提供了强有力的保障。特别是人机对话和随机操作的应用,实现了通过屏幕直接监视数字化操作,且制图分析的结果能很快看到,并可以进行实时编辑,促使了 GIS 朝着实用方向迅速发展。一些发达国家先后建立了许多不同专题、不同规模、不同类型、各具特色的地理信息系统。从1970年到1976年,美国国家地质调查局先后成立了50多个信息系统,作为地质、地理、水资源等领域的空间分析工具,较典型的有 GIRAS;日本为了更好地实施本国的土地规划,从1974年开始建立数字国土信息系统,用来存储、处理和检索测量数据、航空像片信息、行政区划、土地利用、地形地质等信息;瑞典在中央、区域和市三级上建立了许多信息系统,比较典型的如区域统计数据库、道路数据库、土地测量信息系统、城市规划信息系统等;法国建立了地理数据库 GITAN 系统和深部地球物理信息系统等。

1972年,Landsat 卫星发射,最初被命名为 ERTS(地球资源技术卫星),它是地球遥感系列卫星,为 GIS 获取地理数据提供了重要支撑。美国喷气推动实验室在1976年研制成功了兼有影像数据处理和地理信息系统功能的影像信息系统,可以处理 Landsat 影像多光谱数据;NASA 的地球资源实验室在1979年至1980年开发了一个名为 ELAS 的地理信息系统,该系统可以接收 Landsat MSS 影像数据、数字化地图数据、机载热红外波段扫描仪以及海洋卫星合成孔径雷达的数据等,产生地面覆盖专题图。这一时期,扫描输入技术系统出现,地图数字化输入技术有了一定的进展,采用人机交互方式,易于编辑修改,提高了工作效率。当时软件最重要的是人机图形交互技术的发展。在此期间,曾先后召开了一系列地理信息系统的国际讨论会,国际地理联合会先后于1972年和1979年召开了两次关于地理信息系统的学术讨论会。1974年,第一届自动制图会议在弗吉尼亚州 Reston 举行,此次会议是第一个设置了 GIS 研究议程的重要会议。1976年, Tom Waugh 开发的基于矢量的制图和分析系统——GIMMS 在世界范围内的300多个不同地区得到使用。1977年,哈佛实验室组织了一项重要会议——拓扑数据结构研讨会,该实验室还开发了 ODYSSEY GIS。1978年,在原联邦德国达姆斯塔特工业大学召开了第一次地理信息系统讨论会。这期间,许多大学(例

如美国纽约州立大学布法罗校区等)开始注意培养地理信息系统方面的人才,创建了地理信息系统实验室。总之,地理信息系统在这时受到了政府部门、商业公司和大学的普遍重视。与此同时,一些商业公司开始活跃起来,GIS 软件在市场上非常受欢迎,GIS 的商业公司依靠市场经济的需要迅猛发展,据 IGU 地理数据遥测和处理小组委员会 1976 年的调查,处理空间数据的软件已经有 600 多个,完整的 GIS 软件有 80 多个。这期间,许多高校和研究机构开始重视 GIS 软件的设计和应用研究。

3. 20 世纪 80 年代——突破阶段

随着计算机软、硬件技术的发展和普及,地理信息系统也逐渐走向成熟。这一时期也是地理信息系统发展的重要时期。计算机价格的大幅下降,功能较强的微型计算机系统的普及和图形输入、输出以及存储设备的快速发展,大大推动了地理信息系统软件的发展以及大量微机 GIS 软件系统的研制。1982 年,ESRI 公司推出的 ARC/INFO 软件是第一个重要的、为微型计算机设计的、基于矢量和关系型数据库数据模型的 GIS 软件,也是设立了新的产业标准的商业 GIS。GIS 软件理论和方法的研究也逐步深入。1984 年,Duane Marble、Hugh Calkins 和 Donna Peuquet 将收集到的文章以书的形式出版,这本书是最早的 GIS 参考书。1986 年,Peter A. Burrough 出版的第一本关于 GIS 的专著 *Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment*,迅速成为世界各地 GIS 学生的参考教材。1985 年,美国 GPS 正式建立起来,对于推动 GIS 的应用起到了非常重要的作用。这一时期,很多国家制定了本国的地理信息系统发展规划,启动了若干科研项目,建立了一些政府性、学术性机构,如美国于 1987 年成立了国家地理信息与分析中心(NCGIA),英国于 1987 年成立了地理信息协会。与卫星遥感技术相结合,GIS 开始用于解决全球性问题,例如全球沙漠化、全球可居住区的评价、厄尔尼诺现象与酸雨、核扩散与核废料以及全球气候与环境的变化监测等。20 世纪 80 年代中期,GIS 软件的研制与开发也取得了很大成绩。1986 年,MapInfo 公司开发了第一个桌面 GIS 产品,并定义了一个新的 GIS 产品标准。仅 1989 年市场上有报价的软件达 70 多个,并且涌现出一些有代表性的 GIS 软件,如 ARC/INFO、MGE、GENAMAP、SYSTEM9 等,它们可在工作站或微机上运行。这一时期,对 GIS 的规范标准的研究也不断深入。1987 年,Terry Coppock 等出版了第一本地理信息系统期刊《地理信息系统国际期刊》(*International Journal of Geographical Information Systems*),第一期刊登了来自美国、加拿大、德国和英国等地的文章。1988 年,《地理信息系统世界》(*GIS World*),即现在的 GeoWorld 在美国出版。这是第一本致力于 GIS 研究的杂志。1988 年,美国和英国各自成立两个独立的实体,即美国国家地理信息和分析中心(National Center for Geographic Information and Analysis)与英国区域研究实验室(Regional Research Laboratory, RRL),这些机构的建立显示出学术界对发展 GIS 的浓厚兴趣。

4. 20 世纪 90 年代——普及深化阶段

从普及方面来说,计算机性价比的提高和计算机网络的普及是硬件环境的改变,Windows 操作系统的功能提高是软件平台的改变,GIS 软件功能的不断增强是应用平台的改变,这些变化都迅速推动了 GIS 的发展和普及。从深化方面来说,GIS 软件经历了集成软件包、模块 GIS、组件 GIS、WebGIS、OpenGIS 的过程,在加强功能的同时,方便了用户的使用和

开发。

一些基于 Windows 和 Windows NT 的桌面 GIS,如 MapInfo、ARC/INFO 等软件以其界面友好、易学好用的独特风格,使 GIS 在很多行业得到了很好的应用。特别是 20 世纪 90 年代互联网的发展,为地理信息系统在互联网上的运行提供了必要的技术条件,各软件厂商争相研究基于万维网的地理信息系统软件。1996 年,多家公司(例如 Autodesk、ESRI、Intergraph 和 MapInfo)几乎同时推出了新一代基于网格的 GIS 产品。

国家级乃至全球性的地理信息系统已成为公众关注的问题,许多国家都制订了“信息高速公路”计划,并提出了“数字地球”战略。1994 年,时任美国总统克林顿签署了 12906 号总统令、批准建立美国国家空间数据基础设施(US National Spatial Data Infrastructure, NSDI)、数据交换所及联邦地理数据委员会(Federal Geographic Data Committee, FGDC),而地理信息系统是其中的关键技术之一。毫无疑问,地理信息系统将发展成为现代社会最基本的服务系统。

进入 21 世纪的 10 多年来,随着计算机技术、通信技术和网络技术的蓬勃发展,GIS 进入了一个更快速的发展时期,移动 GIS、WebGIS、云 GIS 为人们随时随地获取 GIS 信息提供了方便。

1.2.2 我国地理信息系统的发展概况

我国地理信息系统的起步稍晚,但发展势头相当迅猛,大致可分为以下四个阶段。

1. 20 世纪 80 年代之前——启蒙阶段

20 世纪 70 年代初期,我国开始推广电子计算机在测量、制图和遥感领域中的应用。随着国际遥感技术的发展,我国在 1974 年开始引进美国地球资源卫星图像,开展了遥感图像处理和解译工作。1976 年在上海召开了第一次遥感技术规划会议,形成了遥感技术试验和应用蓬勃发展的新局面,在此期间,国家测绘局系统开展了一系列航空摄影测量和地形测图,为建立地理信息系统数据库打下了坚实的基础。解析和数字测图、机助制图、数字高程模型的研究和使用也同步进行。1977 年在南京大学诞生了第一张由计算机输出的全要素地图。1978—1980 年,由中国科学院主持,多部门共同参加的云南省腾冲地区的航空遥感试验,第一次建立了地理信息分析学科组。以统计、地图和航天遥感为信息源,探讨统计自动制图、数字地面模型和数字遥感图像处理分析等联合地理信息分析工作,是中国地理信息系统的启蒙性研究。

2. 1980—1985 年——起步阶段

1980 年,中国科学院遥感应用研究所成立了全国第一个地理信息系统研究室,至此我国地理信息系统正式步入发展阶段。研究室建立期间,通过一系列理论探索和区域性研究,初步制订了国家地理信息系统规范。进入 20 世纪 80 年代之后,我国地理信息系统在理论探索、硬件配制、软件研制、规范制订、区域试验研究、局部系统建立、初步应用试验和技术队伍培养等方面都取得了进步,积累了经验,为在全国范围内展开地理信息系统的研究和应用奠定了基础。以农业为对象,研究出了有关质量评价和动态分析预报的模式与软件,并应用于水库淹没损失、水资源清查、环境质量评价与人口趋势分析等多项专题的研究

试验。专题试验和应用方面,在全国大地测量和数字地面模型建立的基础上,建成了全国 1:100 万地图数据库系统和全国土地利用信息系统、1:400 万全国资源和环境信息系统及 1:250 万水土保持信息系统,并开展了黄土高原信息系统以及洪水灾情预报与分析系统等专题研究试验。用于辅助城市规划的各种小型信息系统在城市建设和规划部门也获得了认可。1985 年,中国科学院建立了“资源与环境信息系统国家级重点实验室”。

3. 1986—1995 年——全面快速发展阶段

这 10 年,是我国 GIS 步入快速发展的阶段。开展了 GIS 和遥感联合科技攻关计划,强调 GIS 技术的集成化、实用化和工程化,在技术进步和基础建设上,全面开展数字化测绘体系。在大规模进行国家基础信息数据库和资源环境数据库建设的前提下,努力推进软件系统的国产化、遥感与 GIS 技术的一体化。地理信息系统已经从试验研究、地区性应用走向了大规模产业化和实用化,并正在努力成为为国民经济重大问题的解决提供分析和决策的依据。

这 10 年间,GIS 的发展主要体现在以下几个方面。

- (1) GIS 规范化和标准化工作的深入。
- (2) 公路信息系统(数据库)的建设项目和应用。
- (3) 重大自然灾害监测与评价系统的建设和应用。
- (4) 国家基础地理信息系统建设和应用。“九五”科技攻关计划中,已将“遥感、地理信息系统和全球定位系统的综合应用”列入国家“九五”重中之重科技攻关项目之中。
- (5) 经营 GIS 业务的商业公司的兴起和发展。
- (6) 全国重点产粮区主要农作物产量估算系统的建设和应用。
- (7) GIS 数据产品的研制和生产。国家测绘局在全国范围内建立数字化测绘信息产业。1:100 万地图数据库已公开发售,1:25 万地图数据库已经完成建库,并开始了全国 1:5 万地图数据库生产与建库工作,各省测绘局正在抓紧建立省级 1:1 万基础地理信息系统。
- (8) 全国许多高校开设了地理信息系统专业,培养了大批不同层次的专业人才。

4. 1996 年至今——产业化阶段

经过最近多年的发展,中国 GIS 在研究和应用上已逐步形成了一个行业,并具备与国际上先进 GIS 产品竞争的能力,具备了走向产业化、国际化的条件。回顾过去,“九五”期间(1996—2000 年),原国家科委将 GIS 作为独立课题列入重中之重科技攻关计划,给予了充分的重视和支持,GIS 发展速度明显加快,基础软件技术支持得到了全面加强,由此出现了一大批拥有自主知识产权的国产 GIS 软件。如武汉吉奥公司的 GeoStar、北京超图公司的 Super-Map、北京大学的 CityStar(城市之星)、中地数码公司的 MapGIS、北大方正的方正智绘等,我国的 GIS 产业化模型已初步形成。据统计,“十二五”末,我国的 GIS 产业年产值将达到 2 000 亿元,到 2020 年,年产值将达到 1 万亿元。

1.3 与 GIS 相关的学科及技术

作为传统科学与现代技术相结合的产物,地理信息系统为各种涉及空间数据分析的学

科提供了新的方法,而这些学科的发展都不同程度地提供了一些构成地理信息系统的技术与方法。为了更好地掌握并深刻地理解地理信息系统,有必要认识和理解与地理信息系统相关的学科。

1.3.1 相关学科及技术

1. 地理学

地理学(Geography)是关于地球及其特征、居民和现象的学科。它是研究地球表层的各圈层相互作用关系,及其空间差异与变化过程的学科体系,主要包括自然地理学和人文地理学两大部分。自然地理学是调查自然环境及如何造成地形及气候、水、土壤、植被、生命的各种现象及探究它们之间的相互关系。人文地理学专注于人类建造的环境和空间是如何被人类制造、看待、管理以及人类如何影响其占用的空间。地理学有关空间分析的基本观点与方法在地理信息系统中仍然适用,成为地理信息系统的基础理论依托。而地理信息系统的发展也为地理问题的解决提供了全新的技术手段,并使地理学研究的数学方法得到了充分的发挥。

2. 地图学

地图学是研究地图的理论、编制技术与应用方法的学科,是一门研究以地图图形反映与揭示各种自然和社会现象空间分布、相互联系及动态变化的科学,又是技术与艺术相结合的学科。现阶段对地图学的定义是:研究地图信息的表达、处理和传输的理论和方法,以地理信息可视化为核心,探讨地图的制作技术和使用方法的学科。基于计算机的地理信息系统沿袭了地图学的基本理论和基本方法,如地图图形、地图符号与投影、坐标网、比例尺、大地控制点等,但手工管理的地图和计算机管理的地图有着天壤之别,所以利用计算机存储、分析、显示和传输空间信息是GIS特有的功能。

3. 计算机技术

自从1946年世界上第一台电子计算机诞生以来,人类的生产、工作、生活方式都发生了根本的变化,而GIS是基于计算机的产物,它随着计算机技术的不断发展而发展。相对于其他管理软件来说,GIS需要更大的存储能力和更快的运算能力来处理空间数据,这对计算机的软、硬件发展提出了更高的要求。

4. 遥感技术

遥感技术(Remote Sensing)是从远距离感知目标反射或自身辐射的电磁波、可见光、红外线,对目标进行探测和识别的技术。例如,航空摄影就是一种遥感技术。人造地球卫星的发射成功,大大推动了遥感技术的发展。现代遥感技术主要包括信息的获取、传输、存储和处理等环节。完成上述功能的全套系统称为遥感系统,其核心组成部分是获取信息的遥感器。遥感器的种类很多,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。信息处理设备包括彩色合成仪、图像判读仪和数字图像处理机等。遥感作为一种获取和更新空间数据的强有力手段,能及时提供准确、综合和大范围动态监测的各种资源与环境数据,因此遥感信息就成为了地理信息系统十分重要的信息源。

5. 卫星定位系统

目前,世界上有四大卫星定位系统:美国的 GPS、俄罗斯的“格洛纳斯(GLONASS)”、欧盟的“伽利略(Galileo)”以及我国的北斗系统。由于我国的北斗系统正在建设中,所以目前国内民用的定位设备仍然采用美国的 GPS。GIS 和卫星定位系统的结合,可以在地图上实现移动目标的实时定位,这是 GIS 的一个常用的应用。

1.3.2 地理信息系统与其他相关技术的区别

1. 地理信息系统与计算机辅助设计的区别

计算机辅助设计是利用计算机及其图形设备帮助设计人员进行设计工作,简称 CAD。在工程和产品设计中,计算机可以帮助设计人员承担计算、信息存储和制图等工作。在设计中,通常要用计算机对不同方案进行大量的计算、分析和比较,以决定最优方案;各种设计信息,不论是数字的、文字的还是图形的,都能存放在计算机的内存或外存里,并能快速检索;设计人员通常用草图开始设计,将草图变为工作图的繁重工作可以交给计算机完成;利用计算机可以进行与图形的编辑、放大、缩小、平移和旋转等有关的图形数据加工工作。计算机辅助设计生产的是某个行业、某个模具特定的图纸,与地理位置一般没有关系。而地理信息系统研究的是地理空间位置的信息,不仅需要各个地理要素的空间位置,还需要各个要素的属性信息,强调空间数据的分析功能。

目前,世界上一些计算机辅助设计软件,都提供了与 GIS 的接口。例如,美国著名的 AutoCAD 软件,其绘制的矢量图在转入 GIS 时,一般需要 3 点以上的坐标对应关系,即直角坐标和地理坐标的对应值。

2. 地理信息系统与数字地图制图的区别

数字地图制图,又称为计算机地图制图,是根据地图原理,以电子计算机的软、硬件为工具,应用数学逻辑方法,研究地图空间信息的获取、变换、存储、处理、识别、分析和图形输出的理论方法和技术工艺,模拟传统的制图方法,进行地图的设计和编绘。数字地图制图系统强调的是图的表示,通常只对图形数据进行管理,缺少对非图形数据的管理能力。利用数字地图建立的数字地图库,可以对其实现查询和检索功能,但它不可能像地理信息系统那样提供规划和决策方案,因为地理信息系统可以根据不同专业的要求集成相应的分析模型,因此 GIS 具有很强的处理和分析能力。

地理信息系统是按数据库管理系统,将图形数据和属性数据统一进行存储、处理和分析。它强调的是空间数据结构和分析,因此,它不仅要有图形数据库,还有非图形数据库,并把二者结合起来进行深层次分析。

在某些情况下,数字地图的数据可以成为地理信息系统重要的数据源,比如城市规划图、管网图等,通过一定的配准技术,就可以成为 GIS 的数据。

3. 地理信息系统与事务处理系统的区别

事务处理系统(TPS)主要关心的是业务流程的计算机化管理,主要处理的是各种属性数据,如旅客订票系统。地理信息系统处理的数据是空间数据,它不仅管理反映空间属性的一般的数字、文字数据,还要管理反映地理分布特征及其之间拓扑关系的空间位置数

据,而且要把二者有机结合起来,进行协调管理和分析,而事务数据处理系统则相对简单得多。但当事务处理系统中涉及有关地理位置的业务和空间分析功能时,就可以将 GIS 嵌入 TPS 系统中。

1.4 地理信息系统的发展展望

1.4.1 需求是 GIS 发展的动力

GIS 已经渗透到国民经济的各个领域,人们在使用中体会到了 GIS 的优势,与传统的管理信息系统(MIS)相比,GIS 更直观,更符合人们认识事物的习惯和规律,“看图”比“看文字”更容易被接受。所以,GIS 自出现以来,一直受到人们的推崇,人们在使用中会不断对 GIS 提出更高的要求,从而促进 GIS 不断发展。用户希望 GIS 在以下几方面有所改进。

(1)三维 GIS 软件实现真正的三维管理。三维 GIS 不仅用于显示三维表面,而且还要深入其内部,管理三维环境中所需要的各个要素。这就需要开发者研究真三维数据的拓扑、存储,图形和属性的管理等问题。

(2)三维 GIS 场景的建立更简单、迅速和实用。目前,在一些 GIS 软件中可以直接实现基于地理影像图或二维矢量图的三维创建,但总的来说,功能比较简单且专业的软件在制作中费时费力。所以,在 GIS 和虚拟现实技术(VR)及三维制作专业软件的融合方面,还有很多值得研究的课题。

(3)移动 GIS 的需求越来越多,不论在专业部门还是日常生活中,经常需要随时随地获取自身或其他地理位置的信息。比如,在对土地资源的野外考察中,需要实时获取所在位置的土地资源信息,实时将所在位置的信息上传到服务器中,这些都要通过移动 GIS 来完成。又比如,有一款手机软件叫“车来了”,人们通过手机可以实时查询公交线路上公交车的位置,在手机上能够看到公交车离公交车站还有多远,以便自己既不提前太多时间等待,也不会错过上车时间。

(4)GIS 信息的智能分析和深度挖掘。显示、定位和浏览是 GIS 的基本功能,在此基础上,真正有价值的是对数据的深度挖掘,发现其中有价值的信息。这就需要开发 GIS 专家智能软件,同时需要 GIS 数据的各个层次的整合,建立 GIS 数据仓库。

(5)GIS 数据的获取。出于商业保密和国家安全保密等因素,我国地理数据获取比较困难,制约了 GIS 的普及发展。

1.4.2 相关技术是 GIS 发展的关键

GIS 就其本质来说,是一个计算机应用技术的分支,它的发展离不开当时的各种环境,如软件、硬件和网络通信技术等。

(1)GIS 的普及与微机的普及有关,如果没有微机,GIS 仍然是少数人使用的工具,因为在微机产生之前,只有大中型的集中管理式计算机系统,只有专业部门才使用 GIS 软件。GIS 能达到实用的水平与计算机的运算速度、存储能力相关。1983 年,微机是 IBM PC/XT,