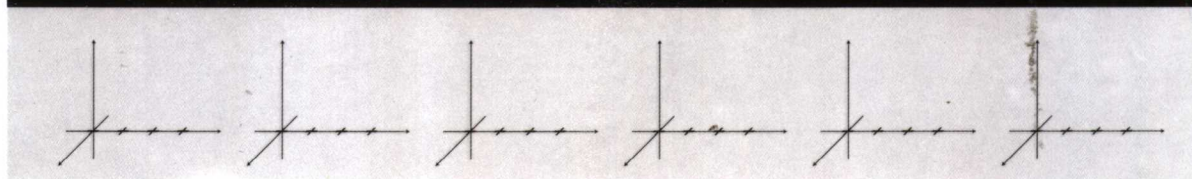
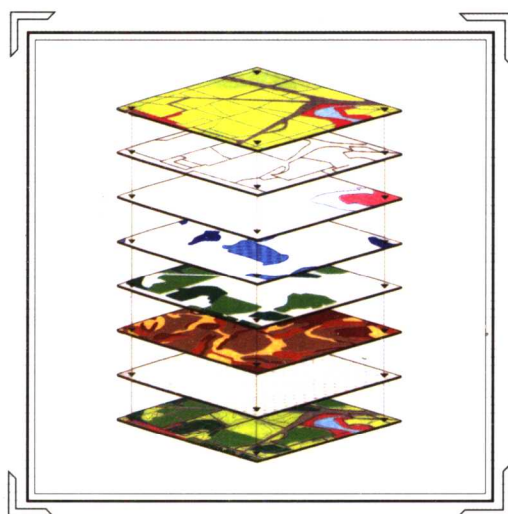


21世纪高等学校规划教材

地理信息系统基础与实践



袁 博 邵进达 主编



国防工业出版社

National Defense Industry Press

地理信息系统基础与实践

袁博 邵进达 主编

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书从地理信息系统的基本概念出发,由浅入深地阐述了地理信息系统的基本原理和软件的使用。全书共分九章。前八章为地理信息系统基础,主要介绍了 GIS 的基本概念、空间数据的表达、空间数据采集与处理、空间数据管理、空间查询与分析、GIS 地图输出、GIS 的设计与开发、GIS 产业与 GIS 教育等内容。第九章为地理信息系统实践,系统地介绍了 GIS 软件 MapInfo Professional 7.0 的使用,它是前述相关章节的补充,对充分理解地理信息系统的基本原理有所帮助。

本书作为教材而编写,具有概念清晰、通俗易懂、实用性强的特点,可作为高等院校相关专业的通用教材,同时也可供测绘、城市规划、土木、交通、勘察、农林等部门从事地理信息科学研究的广大科研工作者和管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

地理信息系统基础与实践/袁博,邵进达主编. —北京:
国防工业出版社,2006.1

21 世纪高等学校规划教材

ISBN 7-118-04350-8

I.地... II.①袁...②邵... III.地理信息系统—
高等学校—教材 IV.P208

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 003591 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 100044)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 18¼ 字数 424 千字

2006 年 1 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 28.00 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

地理信息系统(Geographic Information System, GIS)是一门集计算机科学、信息科学、地理科学、测绘科学、遥感技术、地图学、环境科学、城市科学、空间科学和管理科学等于一体的新兴学科。自从 20 世纪 60 年代世界上第一个地理信息系统建立以来,它无论是在理论上还是应用上都有了飞速的发展,已被广泛应用于测绘、国土资源管理、城市与区域规划、环境保护、土木工程、防灾减灾等领域,成为地理信息管理、科学研究、辅助决策的重要工具,应用前景十分广阔。随着“数字地球”概念的提出,作为其重要技术支撑的地理信息系统必将得到进一步的发展。

随着地理信息系统技术研究和应用的深入开展,为了适应社会发展的需要,我国许多高校相继设立了地理信息系统专业,很多其他的相关专业也开设了地理信息系统课程。本书正是结合编者多年来从事地理信息系统教学与应用的实际情况而编写的,以适应地理信息系统专业和其他相关专业的教学需要。

本书由南京工业大学袁博、邵进达、董有福、王俊编写。其中,第一章、第七章、第八章和第九章由袁博编写,第二章由邵进达编写,第三章、第四章由董有福编写,第五章、第六章由王俊编写。全书由袁博、邵进达统稿。

本书力求做到深入浅出,详略得当,既强调基础理论,又重视 GIS 软件的使用,使读者能真正掌握这门技术。但由于编者水平和时间有限,书中错误之处在所难免,恳请广大读者指正。

作 者
2005 年 8 月于南京

目 录

第一章 绪论	1
第一节 地理信息系统的定义	1
第二节 地理信息系统的组成	3
第三节 地理信息系统的功能	6
第四节 地理信息系统的发展历史	9
第五节 地理信息系统的主要应用领域	16
第六节 地理信息系统与数字地球	24
第二章 空间数据的表达	31
第一节 空间参照系统和地图投影	31
第二节 地理空间现象及其表达	46
第三节 矢量数据结构及其编码	54
第四节 栅格数据结构及其编码	62
第五节 矢量与栅格数据结构的比较	71
第三章 空间数据采集与处理	73
第一节 GIS 的数据来源	73
第二节 空间数据采集	74
第三节 地图数字化	81
第四节 属性数据的获取	84
第五节 空间数据处理	90
第六节 空间数据的质量	102
第七节 空间数据标准	106
第四章 空间数据管理	116
第一节 数据库概述	116
第二节 数据模型	118
第三节 空间数据库	123
第四节 空间数据库的组织方式	128
第五节 海量空间数据组织与管理	130
第五章 空间查询与分析	133
第一节 空间查询	133
第二节 空间统计分析	138
第三节 缓冲区分析	141

第四节	叠置分析·····	144
第五节	网络分析·····	148
第六节	数字高程模型与地形分析·····	151
第六章	GIS 地图输出·····	166
第一节	地图概述·····	166
第二节	地图符号化·····	166
第三节	专题地图制图·····	168
第四节	地图输出·····	175
第七章	应用型 GIS 的设计与开发·····	180
第一节	概述·····	180
第二节	应用型 GIS 的系统分析·····	185
第三节	应用型 GIS 的设计·····	187
第四节	应用型 GIS 的实施·····	194
第五节	应用型 GIS 的评价与维护·····	196
第八章	GIS 产业与 GIS 教育·····	200
第一节	GIS 产业·····	200
第二节	GIS 教育·····	203
第九章	地理信息系统实践·····	208
第一节	MapInfo 入门·····	208
第二节	MapInfo 数据组织·····	213
第三节	MapInfo 数据采集与处理·····	222
第四节	MapInfo 数据管理·····	233
第五节	MapInfo 查询与分析·····	242
第六节	MapInfo 制图与输出·····	260
第七节	MapInfo 二次开发·····	277
参考文献	·····	286

第一章 绪 论

第一节 地理信息系统的定义

人类社会正从工业经济时代迈向知识经济时代,一场以信息技术为核心的革命正在深刻改变着人类生活与社会经济的方方面面。作为全球信息化浪潮重要组成部分的地理信息系统的建设与应用,正日益引起科技界、企业界、政府部门和公众的广泛关注。地理信息系统是处理众多空间问题的有力辅助工具,正确理解地理信息系统相关概念的含义对使用和开发地理信息系统有着重要意义。

一、信息、信息系统、管理信息系统

信息是现实世界在人们头脑中的反映。它以文字、数据、符号、图形、图像、声音等形式记录下来,进行交流、传递和处理,为人们的生产、建设、管理等提供依据。信息向人们提供关于现实世界各种事实的知识。例如,一个人的存在,可以从姓名、性别、年龄、籍贯、政治面貌、社会关系、职称、工资等方面的信息来描述,当一个人的情况发生变化时,如年龄变化、工资改变、政治进步等,均应及时地对反映他的信息进行更新。因此也可以说,信息是客观事物的存在及演变情况的反映。

信息具有以下四方面特点:

(1) 客观性。信息是客观存在的,任何信息都是与客观事物紧密联系的,这是信息的正确性和精确度的保证,但同一信息对不同的部门来说,可能会有完全不同的重要性。

(2) 适用性。信息对决策是十分重要的,它可作为生产、管理、经营、分析和决策的依据,因而它具有广泛适用性。

(3) 传输性。信息可以在信息发送者和接受者之间传输,既包括系统把有用信息送至终端设备(包括远程终端)和以一定形式提供给有关用户,也包括信息在系统内各子系统之间的传输和交换。信息在传输、使用、交换时,其原始意义不被改变。

(4) 共享性。信息与实物不同,信息可传输给多个用户,为用户共享,而其本身并无损失,共享使信息被多用户使用成为可能。

信息系统是对信息进行采集、存储、加工和再现,并能回答用户一系列问题的系统。信息系统的四大功能为数据采集、管理、分析和表达。信息系统是基于数据库的问答系统。在辅助决策过程中,信息系统可提供有用的信息。从计算机科学角度看,信息系统是由硬件、软件、数据和用户四个主要部分组成的。在计算机时代,大部分重要的信息系统都是部分或全部由计算机系统支持的。

从适用于不同管理层次的角度出发,通常信息系统分为事务处理系统(Transaction Process System, TPS)、管理信息系统(Management Information System, MIS)和决策支持

系统(Decision Support System, DSS)。事务处理系统强调对数据的记录和操作,主要支持操作层人员的日常事务处理,如图书情报信息系统、各种订票系统等。管理信息系统是应用最广泛的一种信息系统,它不但支持各种日常事务处理,同时适用于各种企事业单位的经营管理,如企业管理信息系统、财务管理信息系统、人事档案信息系统、医院管理信息系统等都属于这一类。决策支持系统则是用以获得辅助决策方案的交互式计算机系统,它从管理信息系统中获得信息,经处理数据和分析推测,以支持高层管理者制定决策。它由分析决策模型、管理信息系统中的信息、决策者的推测三者相组合,达到最佳的决策效果。此外还有一种空间信息系统(Spatial Information System, SIS),它是一种十分重要而又与其他类型信息系统有显著区别的信息系统。因为它所要采集、管理、处理和更新的是空间信息,因此,这类信息系统在结构上也比其他一般信息系统复杂得多,功能上也较其他信息系统强得多。地理信息系统就是一种十分重要的空间信息系统。

二、数据、数据库、数据库管理系统

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现象(数字、文字、符号、声音、图像等)。在计算机环境中,数据是描述实体或对象的唯一工具。数据是用以载荷信息的物理符号,没有任何实际意义,只是一种数学符号的集合,只有在其上加上某种特定的含义,它才代表某一实体或现象,这时数据才变成信息。信息与数据是不可分离的,有着十分密切的联系,即信息是数据的内涵,是数据的内容和解释,而数据是信息盲目性的表达。也就是说数据是信息的载体,只有理解了数据的含义,对数据作解释,才能得到数据中所包含的信息。在日常生活中,对信息和数据并无严格区分,在不引起误解的情况下可以通用,如“数据处理”与“信息处理”在一般情况下具有相同的含义。

什么是数据库呢?简单地讲,数据库就是按一定规律组织起来,保存在计算机中的数据集合,它具有结构化、关系化、集成、稳定等特点,以便于访问用户管理和更新。数据库为了保证存储在其中的数据的安全和一致,必须有一组软件来完成相应的管理任务,这组软件就是数据库管理系统(Data Base Management System, DBMS)。DBMS 随系统的不同而不同,但是一般来说,它应该包括以下几方面的内容。

(1) 数据库描述功能:定义数据库的全局逻辑结构、局部逻辑结构和其他各种数据库对象。

(2) 数据库管理功能:包括系统配置与管理、数据存取与更新管理、数据完整性管理和数据安全性管理。

(3) 数据库的查询和操纵功能:该功能包括数据库检索和修改。

(4) 数据库维护功能:包括数据引入引出管理、数据库结构维护、数据恢复功能和性能监测。

三、地理信息与地理信息系统

地理信息是表征地理系统诸要素的数量、质量、分布特征、相互联系和变化规律的数字、文字、图像和图形等的总称。地球表面的岩石圈、水圈、大气圈和人类活动等是最大的地理信息源。地理科学的一个重要任务就是迅速地采集到地理空间的几何信息、物理信息和人为信息,并实时地识别、转换、存储、传输、再生成、显示、控制和应用这些信息。地

理信息具有如下特性:

(1) 地域性。地理信息属于空间信息,位置的识别与数据相联系,它的这种定位特征是通过公共的地理基础来体现的。这是地理信息区别于其他类型信息的最显著标志。

(2) 多维结构。在二维空间编码基础上,实现多专题的第三维信息结构的组合,为地理信息各圈层之间的综合研究提供可能,也为地理系统多层次的分析和信息的传输与筛选提供方便。

(3) 时序特征。时空的动态变化引起地理信息的属性数据或空间数据的变化。因此,实时的 GIS 要求能及时采集和更新地理信息,使得地理信息具有现势性。以免过时的信息造成决策的失误,或因为缺少可靠的动态数据不能对变化中的地理事件或现象做出合理的预测、预报和科学论证。

关于地理信息系统(Geographic Information System, GIS),国内外有许多定义,不同的应用领域,不同的专业,对它的理解是不一样的,目前还没有一个完全统一的、被普遍接受的定义。有人认为 GIS 是管理和分析空间数据的计算机系统,在计算机软硬件支持下对空间数据按地理坐标或空间位置进行各种处理,完成数据输入、存储、处理、管理、分析、输出等功能,对数据实行有效管理,研究各种空间实体及其相互关系,通过对多因素信息的综合分析可以快速地获取满足应用需要的信息,并能以图形、数据、文字等形式表示处理结果。有人认为 GIS 是一种特定而又十分重要的空间信息系统,它以采集、存储、管理、分析和描述整个或部分地球(包括大气层在内)空间和地理分布有关的数据的空间信息系统。也有人认为 GIS 就是数字制图技术和数据库技术的结合。有人则按研究专业领域不同给予不同的名称,如地籍信息系统、土地信息系统、环保信息系统、管网信息系统和资源信息系统等。1987 年英国教育部给 GIS 下的定义为:“地理信息系统是一种获取、存储、检查、操作、分析和显示地球空间数据的计算机系统”。1988 年美国国家地理信息与分析中心(NCGIA)给 GIS 下的定义是:“为了获取、存储、检索、分析和显示空间定位数据而建立的计算机化的数据库管理系统”。美国联邦数字地图协调委员会(FICCDC)关于 GIS 的定义是:“地理信息系统是由计算机硬件、软件和方法组成的系统,该系统设计用来支持空间数据的采集、管理、处理、分析、建模和显示,以便解决复杂的规划和管理问题”。这些定义,有的侧重于 GIS 的技术内涵,有的则强调 GIS 的应用功能。应该都比较科学地阐明了 GIS 的对象、功能和特点。实际上,地理信息系统是在计算机软硬件支持下,以采集、存储、管理、检索、分析和描述空间物体的定位分布及与之相关的属性数据,并回答用户问题等为主要任务的计算机系统。

第二节 地理信息系统的组成

一个实用的 GIS 系统,要支持对空间数据的采集、管理、处理、分析、建模和显示等功能,其基本组成一般包括五个主要部分。

- ① 硬件系统:包括各种硬件设备,是系统功能实现的物质基础;
- ② 软件系统:支持数据采集、存储、加工、回答用户问题的计算机程序系统;
- ③ 空间数据:系统分析与处理的对象,构成系统的应用基础;
- ④ 应用人员:GIS 服务的对象,分为一般用户和从事建立、维护、管理和更新的高级

用户;

⑤ 应用模型:解决某一专门应用的应用模型,是 GIS 技术产生社会效益的关键所在。

一、硬件系统

地理信息系统的建立必须有一个计算机硬件系统作为保证,用以存储、处理、传输和显示地理信息或空间数据。计算机与一些外部设备及网络设备的连接构成了 GIS 的硬件环境。

1. 计算机

计算机是硬件系统的核心,包括从主机服务器到桌面工作站,用作数据的处理、管理与计算。

目前运行 GIS 的计算机包括大型机、中型机、小型机,工作站、服务器/客户机和 PC 机。其中各种类型的服务器/客户机成为 GIS 的主流,特别是由 Intel 硬件和 Windows NT 技术构成的 PC 工作站正成为工作站市场的新宠,传统 UNIX 阵营的用户正在逐渐向其转移。工作站对 GIS 用户具有很大的吸引力,包括低成本、可管理性、标准图形化平台和具有 PC 结构与效率等,因此广泛应用于 GIS 和某些科学应用领域。

2. 外部设备

外部设备包括输入输出设备,即数字化仪、扫描仪、全站型测量仪器、绘图仪、打印机和高分辨率显示装置等。

数字化仪由电磁感应板、游标和相应的电子线路组成。当使用者在电磁感应板上移动游标的十字丝交点对准指定图形的点位时,按动相应的按钮,数字化仪便将对应的命令符号和该点的坐标(X, Y)通过接口(多用串行接口)电路传送给计算机。手扶跟踪数字化仪的速度慢,工作效率较低。由于大幅面图形扫描仪可以提供高分辨率、真彩色、近乎完美的图像效果,它已成为图形、图像数据录入和采集最有效的工具之一。绘图仪是一种快速、可靠、便于联网且可在多种介质上进行高质量输出的绘图仪器,是目前广泛使用的主流 GIS 产品输出设备,可获得极高清晰度的绘图质量。GIS 还有多种表格、文字的数据需要输出,可利用多种打印机完成。打印机的类型有针式打印机、激光打印机、液晶打印机等。图形显示终端用于图形的交互式输入、编辑、分析、处理和输出。目前有多种系列和型号的显示终端。

3. 网络设备

网络设备包括布线系统、网桥、路由器和交换机等,具体的网络设备根据网络计算的体系结构来确定。

从 20 世纪 90 年代以来,计算机技术的飞速发展不断改变着 GIS 的结构体系,从主机及终端结构到 Client/Server,再到 Internet/Intranet。目前,基于服务器/客户机体系结构并在局域网、广域网或互联网支持下的分布式系统结构已经成为 GIS 硬件系统的发展趋势,因此,网络设备和计算机通信线路的设计成为 GIS 硬件环境的重要组成部分。

4. 存储设备

数据存储设备,即磁带机、光盘机、活动硬盘和硬盘阵列等。

二、软件系统

软件是 GIS 系统的核心,用于执行 GIS 功能的各种操作,包括数据输入、处理、数据库管理、空间分析和图形用户界面(GUI)等。按照其功能分为 GIS 专业软件、数据库软件、系统管理软件等。

GIS 专业软件一般指具有丰富功能的通用 GIS 软件,它包含了处理地理信息的各种高级功能,可作为其他 GIS 应用系统建设的平台,它们一般都包含有以下主要核心模块。

(1) 数据输入和编辑:支持手扶跟踪数字化仪数字化、图形扫描及矢量化,以及对图形和属性数据提供修改和更新等编辑操作。

(2) 空间数据管理:能对大型的、分布式的、多用户数据库进行有效的存储检索和管理;数据处理和分析能转换各种标准的矢量格式和栅格格式数据,完成地图投影转换,支持各类空间分析功能等。

(3) 数据输出:提供地图制作、报表生成、符号生成、汉字生成和图像显示等。

(4) 用户界面:提供生产图形用户界面工具,使用户不用编程就能制作友好和美观的图形用户界面。

(5) 系统二次开发能力:利用提供的应用开发语言,可编写各种复杂的 GIS 应用系统。

数据库软件除了在 GIS 专业软件中用于支持复杂空间数据的管理软件以外,还包括服务于以非空间属性数据为主的数据库系统,这类软件有:Oracle, Sybase, Informix, DB2, SQL Server, Ingress 等。它们也是 GIS 软件的重要组成部分,而且由于这类数据库软件具有快速检索、满足多用户并发和数据安全保障等功能,目前已实现在现成的关系型商业数据库中存储 GIS 的空间数据,例如 SDE(Spatial Database Engine)就是最好的解决方案。

系统管理软件主要指计算机操作系统,当今使用的操作系统有 UNIX、Windows 2000、Windows XP 等。它们关系到 GIS 软件和开发语言使用的有效性,因此也是 GIS 软硬件环境的重要组成部分。

三、空间数据

空间数据是地理信息的载体,是地理信息系统的操作对象,它具体描述地理实体的空间特征、属性特征和时间特征。空间特征是指地理实体的空间位置及其相互关系;属性特征表示地理实体的名称、类型和数量等;时间特征指实体随时间而发生的相关变化。

根据地理实体的空间图形表示形式,可将空间数据抽象为点、线、面三类元素,它们的数据表达可以采用矢量和栅格两种组织形式,分别称为矢量数据结构和栅格数据结构。

在地理信息系统中,空间数据是以结构化的形式存储在计算机中的,称为地理空间数据库。数据库由数据库实体和数据库管理系统组成。数据库实体存储有许多数据文件和文件中的大量数据,而数据库管理系统主要用于对数据的统一管理,包括查询、检索、增删、修改和维护等。

由于 GIS 数据库存储的数据包含空间数据和属性数据,它们之间具有密切的联系。因此,如何实现两者之间的连接、查询和管理,是 GIS 数据库管理系统必须解决的重要问题。目前采用的解决方法有混合式、扩展式和开放式三种方式。

四、应用人员

GIS 应用人员包括系统开发人员和 GIS 系统的最终用户,他们的业务素质和专业知识是 GIS 工程及其应用成败的关键。

GIS 的开发是一项以人为本的系统工程,包括用户机构的状况分析和调查、GIS 系统开发目标的确定、系统开发的可行性分析、系统开发方案的选择和总体设计书的撰写等。系统开发过程中,对具体开发策略的确定、系统软硬件的选型和空间数据库的建立等问题的解决,系统开发人员必须根据 GIS 工程建设的特点和要求,并在深入调查研究的基础上,使确定的开发策略能适应 GIS 用户随时变化的需求,使系统的软硬件投入能获得较高的效益回报,以及使建立的数据库能具有完善的质量保证。

在使用 GIS 时,应用人员不仅需要对 GIS 技术和功能有足够的了解,而且需要具备有效、全面和可行的组织管理能力,尤其在当前 GIS 技术发展十分迅速的情况下,为使现行系统始终处于优化的运作状态,其组织管理和维护的任务包括:GIS 技术和管理人员的技术培训,硬件设备的维护和更新,软件功能扩充和升级,操作系统升级,数据更新,文档管理,系统版本管理和数据共享性建设等。

五、应用模型

GIS 应用模型的构建和选择也是系统应用成败至关重要的因素。虽然 GIS 为解决各种现实问题提供了有效的基本工具,但对于某一专门应用目的的解决,必须通过构建专门的应用模型,例如土地利用适宜性模型、选址模型、洪水预测模型、人口扩散模型、森林增长模型、水土流失模型、最优化模型和影响模型等。这些应用模型是客观世界中相应系统经由观念世界到信息世界的映射,反映了人类对客观世界利用改造的能动作用,并且是 GIS 技术产生社会经济效益的关键所在,也是 GIS 生命力的重要保证,因此在 GIS 技术中占有十分重要的地位。

构建 GIS 应用模型,首先必须明确用 GIS 求解问题的基本流程;其次根据模型的研究对象和应用目的,确定模型的类别、相关的变量、参数和算法,构建模型逻辑结构框图;然后确定 GIS 空间操作项目和空间分析方法;最后是模型运行结果的验证、修改和输出。显然,应用模型是 GIS 与相关专业连接的纽带,它的建立绝非是纯数学或技术性问题,而必须以坚实而广泛的专业知识和经验为基础,对相关问题的机理和过程进行深入的研究,并从各种因素中找出其因果关系和内在规律,有时还需要采用从定性到定量的综合集成法,这样才能构建出真正有效的 GIS 应用模型。

第三节 地理信息系统的功能

在建立一个实用的地理信息系统过程中,从数据准备到系统完成,内部必须经过各种数据转换,每个转换都有可能改变原有的信息。地理信息系统的基本数据流程可用图 1-1 来表示。地理信息系统的功能主要是完成流程中不同阶段的数据转换工作。一般地理信息系统包括以下几项基本功能。

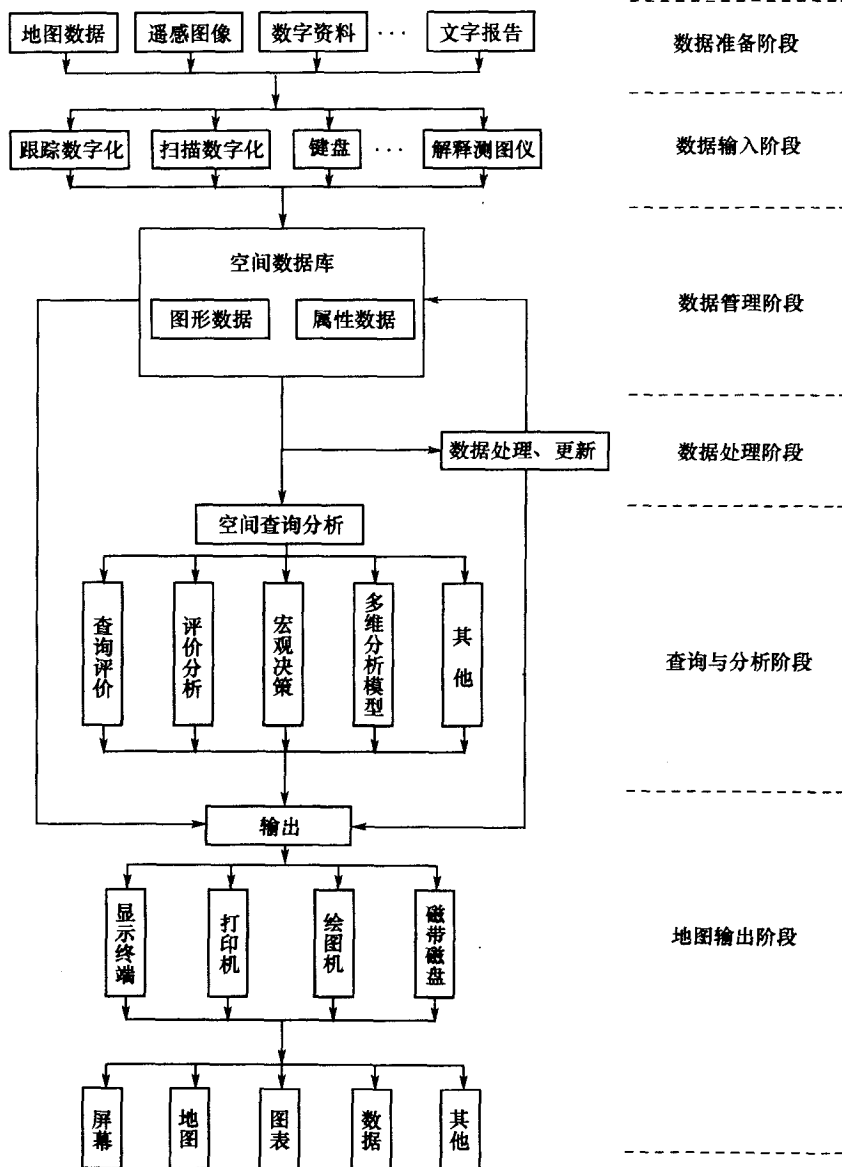


图 1-1 GIS 数据流程

一、数据采集与输入

数据采集与输入,即在数据处理系统中将系统外部的原始数据传输给系统内部,并将这些数据从外部格式转换为系统便于处理的内部格式的过程。对多种形式、多种来源的信息,可实现多种方式的数据输入。主要有图形数据输入(如管网图输入)、栅格数据输入(如遥感图像的输入)、测量数据输入(如 GPS 数据的输入)、属性数据输入(如数字和文字的输入)等。

二、数据编辑与更新

数据编辑主要包括图形编辑和属性编辑。属性编辑主要与数据库管理结合在一起完成,图形编辑主要包括拓扑关系建立、图形编辑、图形整饰、图幅拼接、图形变换、投影变换、误差校正等功能。数据更新即以新的数据项或记录来替换数据文件或数据库中相对应的数据项或记录,它是通过删除、修改、插入等一系列操作来实现的。由于空间实体都处于发展着的时间序列中,人们获取的数据只反映某一瞬时或一定时间范围内的特征。随着时间的推进,数据会随之改变。数据更新可以满足动态分析的需要,对自然现象的发生、发展做出合乎规律的预测预报。

三、数据存储与管理

数据存储,即将数据以某种格式记录在计算机内部或外部存储介质上。其存储方式与数据文件的组织密切相关,关键在于建立记录的逻辑顺序,即确定存储的地址,以便提高数据存取的速度。属性数据管理一般直接利用商用关系数据库软件,如 Oracle、SQL Server、FoxPro 等进行管理。空间数据管理是 GIS 数据管理的核心,各种图形或图像信息都以严密的逻辑结构存放在空间数据库中,以有效的数据组织形式进行数据库管理、更新、维护,进行快速查询检索。目前流行的数据库管理系统,与 GIS 中数据库管理系统在对地理空间数据的管理上,存在两个明显的不足:一是缺乏空间实体定义能力;二是缺乏空间关系查寻能力。这使得 GIS 在对空间数据管理上的应用研究日趋活跃。

四、空间查询与分析

空间查询与分析是地理信息系统的核心,是其最重要的和最具有魅力的功能,是地理信息系统有别于其他信息系统的本质特征,也是地理信息系统得以广泛应用的重要原因之一。空间查询与分析主要包括数据操作运算、数据查询检索与数据综合分析。数据查询检索即从数据文件、数据库或存储装置中,查找和选取所需的数据。为了满足各种可能的查询条件而进行的系统内部数据操作,如数据格式转换、矢量数据叠合、栅格数据叠加等操作以及按一定模式关系进行的各种数据运算,包括算术运算、关系运算、逻辑运算、函数运算等。综合分析功能可以提高系统评价、管理和决策的能力,主要包括信息量测、属性分析、统计分析、二维模型分析、三维模型分析、多要素综合分析等。

为了便于管理和应用地理信息(空间信息和属性信息),在建库时是分层处理的。也就是说,根据数据的性质分类,性质相同或相近的归并在一起,形成一个数据层。这样地理信息系统可以对单幅或多幅图件及其属性数据进行分析 and 指标量算。这种应用以原始图为输入,而查询和分析结果则是以原始图经过空间操作后生成的新的地图窗口来表示,在空间定位上仍与原始图一致。因此,也可将其称为空间函数变换。这种空间变换包括叠置分析、缓冲区分析、拓扑空间查询、空集合分析(逻辑交运算、逻辑并运算、逻辑差运算)。这方面应用例子有很多,例如在城市规划过程中,对城市中救护车、救火车的分布位置以及行车路线和控制的规划;如何安排多路警车交通路线,以保证在紧急时刻,在任意地方应至少能有一辆警车在事发后最短时间内赶到出事地点。

五、可视化表现

地理信息系统的发展是从地图制图开始的,因而地理信息系统的主要功能之一便是用于地图制图,建立地图数据库。与传统的、周期长、更新慢的手工制图方式相比,利用GIS建立起地图数据库,可以达到一次投入、多次产出的效果。它不仅可以为用户输出全要素地形图,而且可以根据用户需要分层输出各种专题,如行政区划图、土地利用图、道路交通图等。更重要的是由于地理信息系统是一种空间信息系统,它所制作的图也能够反映一种空间关系,可以制作多种立体图形,而制作立体图形的数据基础就是数字高程模型。地理信息系统不仅可以将空间地理信息以地图的形式来表示,也可以用报表、统计图表等形式显示在屏幕上,利用缩放工具可以对所显示地图中的任意点和范围进行无级缩放,也可以按照某一比例尺显示,进行分析对比。还可按照用户需要设置制图符号和颜色,并可通过绘图机、打印机等设备打印输出。

第四节 地理信息系统的发展历史

国外不少学者认为,19世纪以来普遍应用的地图和专题图就是一种模拟的地理信息系统,它们都是地理信息的载体,具有获得、存储、编辑、处理、分析与显示地理数据的功能。可以说地图是地理学的第二代语言,而地理信息系统则是地理学的第三代语言。随着计算机和信息技术的发展,社会对地理信息系统需求的不断增长,有力地推动了地理信息系统理论 and 应用不断向前发展。

一、地理信息系统产生的历史背景

地理信息系统产生和发展的历史背景和原因可以归纳为:

(1) 资源环境信息的爆炸所至。随着国土规划、区域开发、环境保护和大型工程规划设计的开展,全国人口普查、土地详查和工业普查等大量数据的获取,海洋、陆地和大气方面各种定位监测站网的布置,卫星与航空多层次遥感手段提供的丰富信息和更新能力等,都在为经济建设提供极其丰富的信息资源。

(2) 由于交叉科学的发展,规划、决策和管理部门的工作方式正在迅速改变。20世纪50年代常规的调查报告和统计图表的方式,早已使人感到应接不暇。60年代编绘专题图和地图集曾经盛极一时,这些地图较之文字确有一目了然、雅俗共赏之妙,可生产周期过长,更新困难。80年代出现了以计算机为主体,得到遥感、遥测技术、系统工程方法支撑的信息系统,它成为政府部门规划、决策和管理职能的现代化保证。

(3) 由于社会的进步,人类开始觉悟到对于自然资源的利用,不能是简单地掠夺,而应当合理地管理利用,并且把开发和保护结合起来。吸取过去深刻的教训,对自然资源应采用科学的管理,进行定量分析和预测。

“地理信息系统”概念的提出,要追溯到20世纪50年代。由于电子计算机科学的兴起和它在航空摄影测量与地图制图学中的应用,使人们开始有可能用电子计算机来收集、存储和处理各种与空间和地理分布有关的图形和属性数据,并希望通过计算机对数据的

分析来直接为管理和决策服务,这样就导致了地理信息系统的问世。

二、国外地理信息系统的发展历史

综观 GIS 发展,可将国外地理信息系统发展分为以下几个阶段。

1. 开拓阶段(20 世纪 60 年代)

20 世纪 60 年代初,计算机技术开始应用于地图制作,相对于传统的地图制作方式,计算机辅助制图(机助制图)具有许多优越性,如快速、廉价、灵活多样、易于更新、操作简便,同时它具有制图质量高、便于存储、量测、分类、合并和叠置等优点,因此,计算机很快就成了地图信息存储和计算处理的装置。1963 年,加拿大测量学家 Roger F. Tomlinson 首先提出了地理信息系统这一术语,并开始设计开发世界上第一个地理信息系统——加拿大地理信息系统(CGIS),用于处理加拿大土地调查获得的大量数据。该系统由加拿大政府组织,于 1963 年开始研制,并于 1971 年正式投入使用,它被认为是世界上最早建立的、较为完善的实用地理信息系统。由于当时计算机硬件系统功能较弱,这限制了 GIS 软件技术的发展,主要表现在计算机存储能力小、磁带存取速度慢、地理分析功能比较简单等方面。到 60 年代末期,针对 GIS 一些具体功能的软件技术有了较大进展,主要表现在:

(1) 栅格——矢量转换技术、自动拓扑编码以及多边形中拓扑误差检测等方法得以发展,开辟了分别处理图形和属性数据的途径。

(2) 具有属性数据的单张或部分图幅可以与其他图幅或部分在图边自动拼接,从而构成一幅更大的图件,使小型计算机能够分块处理较大空间范围(或图幅)的数据文件。

(3) 采用命令语言建立空间数据管理系统,对属性再分类、分解线段、合并多边形、改变比例尺、测量面积、产生图和新的多边形、按属性搜索、输出表格和报告以及多边形的叠加处理等。

这一时期,地理信息系统发展的另一显著标志是许多与 GIS 有关的组织和机构纷纷建立并开展工作。例如:1966 年美国城市 and 区域系统协会(URISA)成立,1968 年城市信息系统跨机构委员会(UAAC)成立,同年国际地理联合会(IGU)的地理数据收集和处理小组委员会(CGDSP)成立,1969 年美国州信息系统全国协会(NASIS)成立。这些组织和机构相继组织了一系列的地理信息系统国际讨论会,这对于传播地理信息系统知识和发展地理信息系统技术起到了很重要的作用。

2. 巩固阶段(20 世纪 70 年代)

进入 20 世纪 70 年代以后,随着计算机硬件和软件技术的飞速发展,数据处理速度加快,内存容量增大,新的输入、输出设备不断出现,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手段。显示器和图形卡的发展增强了人机交互和高质量图形显示功能,促使 GIS 应用迅速发展起来,尤其在自然资源和环境数据处理中的应用,促使地理信息系统进一步发展。美国、德国、瑞典和日本等国家先后建立了许多不同专题、不同规模、不同类型的地理信息系统。例如从 1970 年至 1976 年,美国地质调查局(USGS)就先后建成了 50 多个信息系统,分别用于获取和处理地理、地质和水资源等领域的空间信息。

其他国家如瑞典、日本和法国等也先后开发了自己的地理信息系统。瑞典在中央、地

区和城市三个层次上建立了一些信息系统,比较典型的有区域统计数据库、道路数据库、土地测量信息系统、斯德哥尔摩地理信息系统、城市规划信息系统等。日本国土地理院从1974年开始建立数字国土信息系统,用于存储、处理和检索测量数据、航空相片信息、行政区划、土地利用、地形地质等信息,为国家和地区土地规划提供服务。法国也建立了一些地理数据库系统和深部地球物理信息系统。

此外,基于遥感数据的地理信息系统逐渐受到重视,并做了一些有益的尝试,如将遥感纳入地理信息系统的可能性、接口问题以及遥感支持的信息系统的结构和构成等问题。美国喷气推动实验室在1976年研制成功了基于影像数据处理的地理信息系统,它可以处理 Landsat 影像多光谱数据。美国国家宇航局(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,该系统可以接受 Landsat MSS 影像数据、数字化地图数据、机载热红外多波段扫描仪以及海洋卫星合成孔径雷达的数据,用以生成国土资源专题图。

随着地理信息系统技术的发展,地理信息系统受到了政府部门、商业公司和大学的普遍重视,许多团体、机构和公司开展了 GIS 的研制工作,它推动了 GIS 软件的发展。据国际地理联合会(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有600多个,完整的GIS有80多个。这一时期地图数字化输入技术有了一定的进展,开始采用人机图形交互技术,数据编辑修改工作变得容易,提高了工作效率,同时也出现了扫描输入技术。但这一时期GIS的图形功能不强,数据分析与管理的能力也较弱,在技术方面没有新的突破。

3. 发展阶段(20世纪80年代)

20世纪80年代是GIS发展的重要阶段。由于计算机技术、通信技术的快速发展、计算机价格的大幅度下降、功能较强的微型计算机系统的普及和图形输入、输出、存储设备以及远程通信传输设备的快速发展,使得计算机在许多部门得到广泛应用,大大推动了GIS软件的发展,产生了大量基于计算机的GIS软件系统,使GIS技术逐渐走向成熟。

GIS 软件技术在以下几个方面有了很大的突破:

(1) 在栅格扫描输入的数据处理方面,尽管扫描数据的处理要花费很长的机时,但是仍可大大提高数据输入的效率。

(2) 在数据存储和运算方面,随着硬件技术的发展,GIS 软件处理的数据量和复杂程度大大提高,许多软件技术固化到专用的处理器中。

(3) 而且遥感影像的自动校正、实体识别、影像增强和专家系统分析软件也明显增加。

(4) 在数据输出方面,与硬件技术相配合,GIS 软件可支持多种形式的地图输出。

(5) 在地理信息管理方面,开始采用完全面向数据管理的数据库管理系统(DBMS)管理数据,专门针对GIS空间关系表达和分析的空间数据库管理系统也有了很大的发展。

(6) 在GIS理论指导下研制的GIS工具具有高效率和更强的独立性和通用性,更少依赖于应用领域和计算机硬件环境,为GIS的建立和应用开辟了新的途径。

随着技术的发展,GIS应用的领域也迅速扩大,从资源管理、环境规划到应急反应,从商业服务区域划分到政治选举分区等,涉及到了许多的学科领域,如古人类学、景观生态规划、森林管理、土木工程以及计算机科学等,从比较简单的、单一功能的、分散的系统发