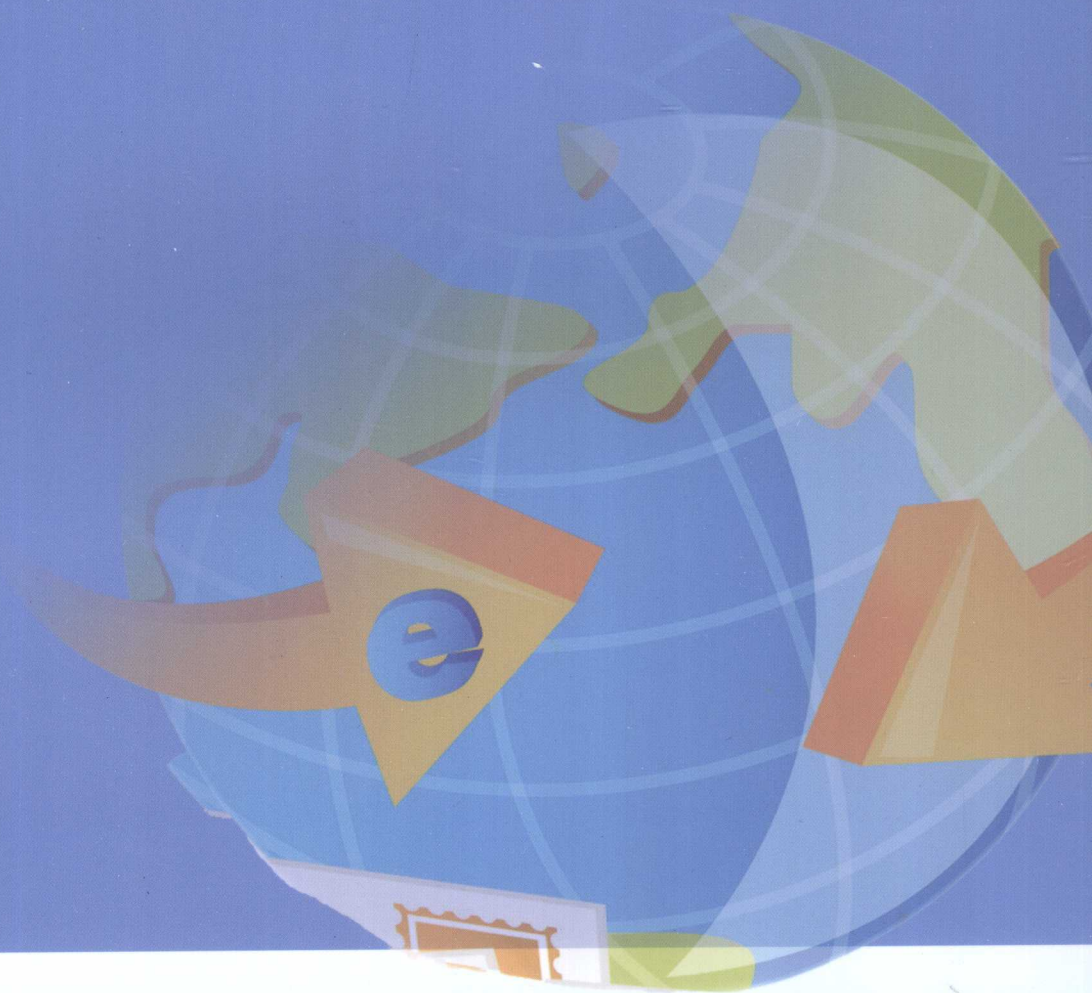


# 地理信息系统导论

田智慧 李水旺 武舫 熊伟 编著



黄河水利出版社

# 地理信息系统导论

田智慧 李水旺 武 舫 熊 伟 编著

黄河水利出版社

## 内 容 提 要

本书是地理信息系统的基础性理论著作。全书在介绍地理信息系统的概念、发展的基础上,重点讨论了地理数据的获取与处理技术、空间数据库的基本理论、空间分析技术和空间可视化技术,并详细探讨了 WebGIS 的原理与应用技术。本书可作为高等院校地理信息系统专业本科生和研究生的教学参考用书,也可供从事测绘、地理以及地理信息系统研究和开发的相关人员阅读参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

地理信息系统导论/田智慧等编著. —郑州:黄河水利出版社,2009.7

ISBN 978 - 7 - 80734 - 682 - 1

I. 地… II. 田… III. 地理信息系统 IV. P208

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 118726 号

组稿编辑:王路平 电话:0371 - 66022212 E-mail:hhsllwp@126.com

---

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼 14 层 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371 - 66026940、66020550、66028024、66022620(传真)

E-mail:hhsllcbs@126.com

承印单位:黄河水利委员会印刷厂

开本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印张:11.75

字数:270 千字

印数:1—2 000

版次:2009 年 7 月第 1 版

印次:2009 年 7 月第 1 次印刷

---

定价:25.00 元

## 前 言

自从 20 世纪 60 年代加拿大测量学家 R. F. Tomlinson 博士提出把常规地图变成数字形式地图,并在世界上建成第一个地理信息系统以来,地理信息系统在测绘、地理、土地、规划、水利、交通、环保等领域得到广泛的应用,同时,地理信息系统的理论研究、技术开发也得到迅猛发展。到目前为止,我国已有几十所大学开设了地理信息系统专业,从事本科生和硕士研究生、博士研究生的培养与教育,更多的大学开设了地理信息系统课程,越来越多的学生接受了地理信息系统的专业或课程教育。

地理信息系统脱胎于测绘专业领域,其最初是为了满足计算机辅助地图制图的需要。随着计算机技术、测绘科学与技术、地理学理论的发展和应用,地理信息系统在数据处理、地理信息的空间分析和可视化技术等方面都达到了崭新的高度。进入 21 世纪,随着互联网技术和无线通信技术的广泛应用,地理信息系统已从过去只有具有地理信息系统专业背景的技术人员从事的领域,变成了为广大人民群众应用的工具,地理信息系统也因此发展成为一种产业,在这方面,基于 GPS 和 GIS 的汽车导航等的应用功不可没。

本书是作者结合多年从事地理信息系统的教学、科研和应用开发,在整理作者的教学、科研和应用开发的成果,以作者的教案为主,参考了国内相关的地理信息系统教材、教案及相关的研究成果的基础上撰写的。本书共分六章,第 1 章为绪论,主要介绍了地理信息系统的定义、发展、组成以及地理信息系统与相关学科的关系、地理信息系统面临的对策和挑战等。第 2 章为 GIS 的数据管理技术,主要包括空间数据模型、空间数据结构和空间数据质量等。第 3 章为空间数据库,主要包括数据库的基本概念、空间数据库设计的原理与方法、空间数据仓库和空间数据挖掘的原理与方法、空间元数据等。第 4 章为 GIS 可视化技术,包括电子地图、多媒体技术、三维可视化技术和虚拟现实技术等。第 5 章为 GIS 的空间分析技术,重点探讨了基本量算分析、数字高程模型分析、叠置分析、缓冲区分析、空间数据的统计分析和 GIS 的网络分析技术等。第 6 章为 WebGIS,重点介绍了 WebGIS 的概念、计算机网络技术、WebGIS 原理、移动 GIS 技术等。

全书由田智慧统稿。本书得到了国家“十一五”科技支撑计划课题资助项目(2007BAH08B06)资助,并得到黄河水利出版社的大力支持。本书在编写过程中,参考了国内外同行的文献,由于篇幅所限,未能全部列出,如有不周,请多批评指正。

作 者

2009 年 4 月于郑州

# 目 录

## 前 言

第 1 章 绪 论 .....	(1)
1.1 GIS 基本概念 .....	(1)
1.2 GIS 的进展与趋势 .....	(4)
1.3 GIS 的组成 .....	(6)
1.4 GIS 与其他学科的关系 .....	(8)
1.5 GIS 面临的挑战与对策 .....	(12)
第 2 章 GIS 的数据管理技术 .....	(16)
2.1 GIS 的空间数据模型 .....	(16)
2.2 空间数据模型 .....	(19)
2.3 空间数据结构 .....	(25)
2.4 空间数据的获取和质量控制 .....	(41)
2.5 空间数据处理 .....	(52)
第 3 章 空间数据库 .....	(56)
3.1 数据库概述 .....	(56)
3.2 数据库设计的原理与方法 .....	(59)
3.3 地理空间数据库 .....	(62)
3.4 空间元数据 .....	(72)
第 4 章 GIS 可视化技术 .....	(78)
4.1 空间信息可视化概述 .....	(78)
4.2 电子地图 .....	(80)
4.3 GIS 多媒体显示技术 .....	(84)
4.4 GIS 三维可视化技术 .....	(87)
4.5 虚拟现实技术 .....	(96)
第 5 章 GIS 的空间分析技术 .....	(99)
5.1 量算分析 .....	(99)
5.2 数字高程模型分析 .....	(102)
5.3 叠置分析 .....	(110)
5.4 缓冲区分析 .....	(115)
5.5 空间数据的统计分析 .....	(118)
5.6 GIS 的网络分析技术 .....	(130)
第 6 章 WebGIS .....	(136)
6.1 概 述 .....	(136)

# 第1章 绪论

## 1.1 GIS基本概念

### 1.1.1 信息与数据

#### 1.1.1.1 信息的含义

信息是现实世界中各种事物的特征、形态以及不同事物间的联系等在人脑里的抽象反映。

#### 1.1.1.2 数据的含义

数据是信息的载体,是反映客观事物属性的记录。

#### 1.1.1.3 信息的特征

信息有以下特征:①信息源于物质和能量;②信息是可以感知的;③信息是可存储、加工、传递和再生的。

#### 1.1.1.4 信息与数据的关系

数据是反映客观事物属性的记录。任何事物的属性都是通过数据来表示的。数据经过加工处理之后,成为信息。而信息必须通过数据才能传播,才能对人类有影响。例如,数据1、3、5、7、9、11、13、15,它是一组数据,如果我们对它进行分析便可以得出它是一组等差数列,我们可以比较容易地知道后面的数字,那么它便是一条信息,是有用的数据。而数据1、3、2、4、5、1、41,它不能告诉我们任何东西,故它不是信息。

### 1.1.2 地理信息与地理数据

#### 1.1.2.1 地理信息

地理信息(Geographic Information)是指与空间地理分布有关的信息,它是以数字、文字、图形、图像形式表示的地表物体和环境固有的数量、质量、分布特征、联系及规律的总称(陆守一,2006)。

#### 1.1.2.2 地理数据

地理数据是直接或间接关联着相对于地球的某个地点的数据,是表示地理位置、分布特点的自然现象和社会现象的诸要素文件。它包括自然地理数据和社会经济数据。如土地覆盖类型数据、地貌数据、土壤数据、水文数据、植被数据、居民地数据、河流数据、行政境界及社会经济方面的数据等。

#### 1.1.2.3 地理信息的特征

(1)地域性:是地理信息区别于其他类型信息的最显著标志。

地理信息属于空间信息,地域性是指地理信息的定位特征,且这种定位特征是通过公

共的地理基础来体现的。例如,用经纬网或公里网坐标来识别空间位置,并指定特定的区域。

(2) 多维性:所谓多维性是指在一个坐标位置上具有多个专题和属性信息。

(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 系统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作出合理的预测预报和科学论证。

### 1.1.3 地理信息系统的定义

#### 1.1.3.1 信息系统的概念

为了有效地对信息流进行控制、组织管理,实现双向传递,需要建立某种信息系统。它能对数据和信息进行采集、存储、加工和再现,并能回答用户的一系列问题,具有采集、管理、分析和表达数据的能力。

从适用于不同管理层次的角度出发,信息系统分为事务处理系统和决策支持系统。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、财务管理信息系统等。如图 1-1 所示为郑州市直管公房管理信息系统。决策支持系统是用以获得辅助决策方案的交互式计算机系统,一般由语言系统、知识系统和问题处理系统共同构成。

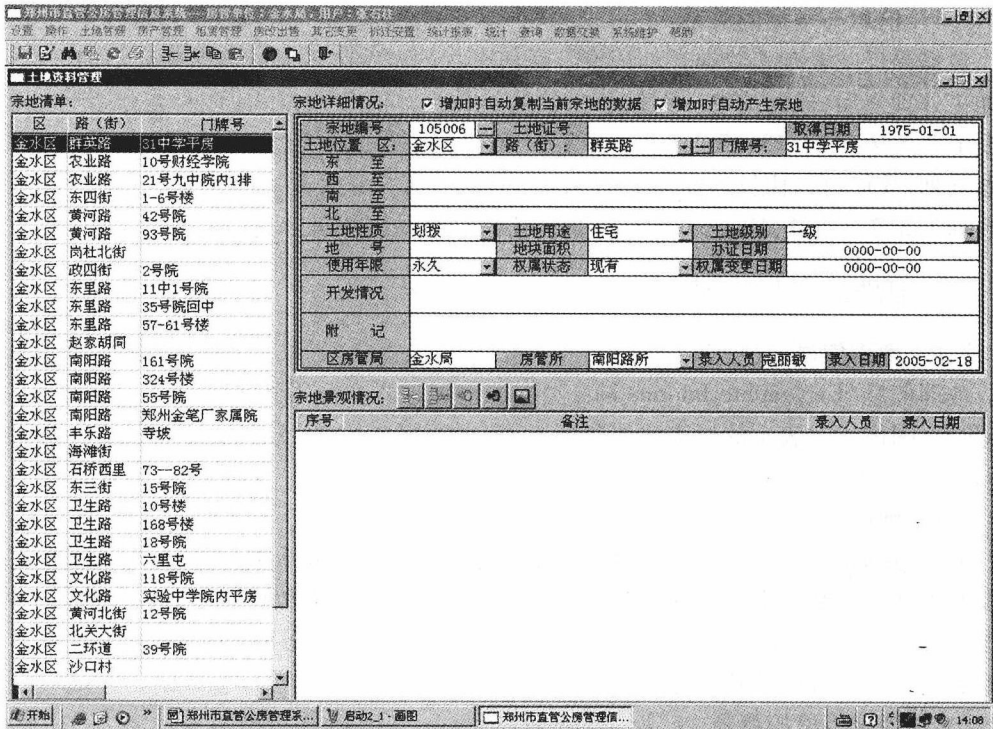


图 1-1 郑州市直管公房管理信息系统

### 1.1.3.2 地理信息系统的概念

地理信息系统简称为 GIS,关于它确切的全称,多数人认为是 Geographical Information System,也有人认为是 Geo Information System。

目前,对 GIS 的认识可归为三个观点(易网通物流门户网站,2008)。第一种观点是地图观点,强调 GIS 作为信息载体与传播媒介的地图功能,认为 GIS 是一种地图数据处理与显示系统,在此,每个地理数据集可看成是一张地图,通过地图代数实现数据的操作与运算,其结果仍然再现为一张具有新内容的地图。测绘及各专题地图部门非常重视 GIS 快速生产高质量地图的能力。第二种观点称为数据库观点,强调数据库系统在地理信息系统中的重要地位,认为一个完整的 DBMS 是任何一个成功的 GIS 不可缺少的部分。第三种观点则是分析工具观点,强调 GIS 的空间分析与模型分析功能,认为 GIS 是一门空间信息科学。

美国联邦数字地图协调委员会(FICCDC)关于 GIS 的定义为“GIS 是由计算机硬件、软件 and 不同方法组成的系统,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”。根据这个定义,可得出 GIS 的如下基本概念:

(1) GIS 的物理外壳是计算机化的技术系统。该系统又由若干个相互关联的子系统构成,如数据采集子系统、数据管理子系统、数据处理和分析子系统、可视化表达与输出子系统等。

(2) GIS 的对象是地理实体。地理实体数据的最根本特点是每一个数据都按统一的地理坐标进行编码,实现对其定位、定性、定量和拓扑关系的描述。GIS 以地理实体数据作为处理和操作的主要对象,这是它区别于其他类型信息系统的根本标志,也是其技术难点之所在。

(3) GIS 的技术优势在于它的混合数据结构和有效的数据集成、独特的地理空间分析能力、快速的空间定位搜索和复杂的查询功能、强大的图形创造和可视化表达手段,以及地理过程的演化模拟和空间决策支持功能等。其中,通过地理空间分析可以产生常规方法难以获得的重要信息,实现在系统支持下的地理过程动态模拟和决策支持,这是 GIS 的研究核心。

### 1.1.3.3 地理信息系统的特征

地理信息系统具有以下三个方面的特征(<http://www.ywt.cc/institute/222/37484.shtml>):

(1) 具有采集、管理、分析和输出多种地理空间信息的能力,具有空间性和动态性。

(2) 以地理研究和地理决策为目的,以地理模型方法为手段,具有区域空间分析、多要素综合分析和动态预测能力,产生高层次的地理信息。

(3) 由计算机系统支持进行空间地理数据管理,并由计算机程序模拟常规的或专门的地理分析方法,作用于空间数据,产生有用信息,完成人类难以完成的任务。



## 1.2 GIS 的进展与趋势

### 1.2.1 GIS 的发展

地理信息系统自 20 世纪 60 年代问世以来共经历了 60 年代摇篮时期、70 年代蓬勃发展时期、80 年代普及和推广应用时期,进入 90 年代后得到了全面发展,并成为信息产业的重要组成部分(邬伦、刘瑜等,2004)。

#### 1.2.1.1 摇篮时期

20 世纪 60 年代是地理信息系统的摇篮时期,出现了许多相关组织机构。1963 年,加拿大测量学家 R. F. Tomlinson 博士提出把常规地图变成数字形式地图并存入计算机的想法。此时,加拿大国家土地调查局为了处理大量的土地调查资料,于 60 年代开始建立地理信息系统,经过 10 多年的试验与研究,于 70 年代初投入产品生产,成为世界上第一个运行性地理信息系统,并建立了世界上第一个地理信息系统——加拿大地理信息系统(CGIS),用于自然资源的管理和规划。

这一时期,地理信息系统发展的标志是许多与地理信息系统有关的组织机构纷纷建立。例如,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),1969 年美国成立州信息系统全国协会(NASIS)。这些组织机构的建立,对于传播地理信息系统的知识和发展地理信息系统技术,起了重要的指导作用。同时,该时期的地理信息系统注重于空间数据的地学处理,如处理人口统计数据(如美国人口调查局建立的 DIME)等。

#### 1.2.1.2 蓬勃发展时期

20 世纪 70 年代是地理信息系统的蓬勃发展时期。在这期间,计算机硬件和软件技术飞速发展,尤其是大容量存取设备——磁盘的使用,为空间数据的录入、存储、检索和输出提供了强有力的手段,用户屏幕和图形、图像卡的发展大大增强了人机对话功能和高质量的图形显示功能,促使地理信息系统向实用方向迅速发展。这一时期不同专题、不同规模、不同类型的各具特色的地理信息系统在世界各地纷纷研制,美国、加拿大、英国、瑞典和日本等国对地理信息系统的研究均投入了大量的人力、物力、财力。在这一阶段,国际地理联合会召开了几次地理信息系统会议,并于 1972 年出版了地理信息系统方面的第一本专著《地理数据处理》。一些商业性的咨询服务公司开始从事 GIS 工作,如美国环境系统研究所(ESRI)。日本国土地理院从 1974 年开始建立数字国土信息系统,存储、处理和检索测量数据、航空像片、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服务;这期间,许多大学(如美国纽约州立大学布法罗分校)开始注意培养地理信息系统方面的人才,创建地理信息系统实验室。总之,在这一时期,地理信息系统技术已受到政府部门、商业公司和大学的普遍重视,成为一个引人注目的领域。

#### 1.2.1.3 普及和推广应用时期

20 世纪 80 年代是地理信息系统普及和推广应用时期。这期间,随着计算机的迅速发展和普及,地理信息系统也逐步走向成熟,并在全世界范围内全面地推向应用阶段。加

拿大、日本、英国、荷兰、瑞典等国将地理信息系统用于国土规划、资源与环境管理决策。

在此期间,地理信息系统已进入多学科领域,由比较简单的、单一功能的、分散的系统发展成为多功能的、用户共享的综合性信息系统,并向智能化发展,应用专家系统知识进行分析、预报和决策。如已开始用地理信息系统来研究全球厄尔尼诺现象和全球沙漠化问题。

高性能的微型计算机的问世,使得微机地理信息系统蓬勃发展,并得到广泛的应用。这一发展,使得地理信息系统工具具有更高的效率、更强的独立性和通用性,更少依赖于应用领域和硬件环境,为地理信息系统的建立和应用开辟了新的途径。

地理信息系统的数据处理能力、空间分析功能、人机交互、地图输入、编辑和输出技术均有较大发展,使地理信息系统逐渐走向成熟。这一时期推出的图形工作站、微型 PC 机性能价格比大为提高,加上计算机网络的建立,使地理信息的传输效率得到极大提高。随着地理信息系统的系统软件和应用软件的发展,地理数据的处理开始同数学模型及相关模拟方法等决策工具相结合,应用不断向横向及纵向发展。市场出现一些有代表性的软件,如ARC/INFO、IGDS/MRS、TIGRIS、SICAD等,可在工作站或微机上运行。总之,这一时期,地理系统的技术日趋成熟。

#### 1.2.1.4 用户期

20世纪90年代为GIS的用户期。这一时期,计算机通信网络基础设施条件得到极大提高。Internet的普及与广泛应用,改变了传统软件的开发模式和信息共享与服务方式。GIS作为空间信息管理与服务的应用系统,也顺应了这一发展趋势。这一时期,社会对GIS的认同率也不断提高。GIS成为许多政府部门及其他决策部门的工作系统,从而在很大程度上改变了原有机构的认知水平、运行方式和工作模式。另外,世界各国积极加强信息基础设施建设。1993年,美国总统克林顿提出建设“信息高速公路”计划。日本、加拿大和欧洲的工业发达国家也都决定加速建设“信息高速公路”。美国提出的“信息高速公路”是指在美国的政府、研究机构、大学、企业以及家庭之间,建立可以交流各种信息的大容量、高速率的通信网络,让各种各样的信息在美国四通八达,使美国企业能更有效地交流信息,为发展经济创造有利条件。同时,“信息高速公路”也有助于提高人们的工作效率和生活质量。

1998年1月美国副总统戈尔在加利福尼亚科学中心开幕典礼上提出了一个与GIS、网络、虚拟现实等高新技术密切相关的概念——数字地球,戈尔认为数字地球是“对地球的三维多分辨率表示,它能够放入大量的地理数据”。数字地球是关于整个地球、全方位的GIS与虚拟现实技术、网络技术相结合的产物。这是一个浩大的工程,任何一个政府组织、企业或学术机构,都是无法独立完成的,它需要成千上万的个人、公司、研究机构和政府组织的共同努力。数字地球要解决的技术问题,包括计算机科学、海量数据存储、卫星遥感技术、互操作性、元数据等。戈尔提出的数字地球的战略思想,引起了全世界GIS专家的广泛关注和企业的研究热潮。世界各国纷纷投入数字地球的建设,GIS迅速发展为一个新兴的信息产业(<http://baike.baidu.com/view/8443.htm>)。

进入21世纪,信息技术的迅猛发展,特别是网络数据存储技术和高性能计算机技术取得了长足进步,这些技术和无线通信技术、移动定位技术与GIS的结合为空间信息服务

增添了新的服务方式和经济增长点。网格计算、虚拟现实、“3S”集成等更多高新技术的发展和應用,使得 GIS 的应用前景更加广阔。

## 1.2.2 GIS 在国内的发展

GIS 在我国起步较晚,其在我国的发展主要表现在以下三方面(方裕、张晋,1998)。

### 1.2.2.1 技术与队伍

从“六五”到“八五”期间,我国的 GIS 技术得到了长足的发展。特别是“九五”期间,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,其技术发展速度明显加快,GIS 基础软件技术支持得到了全面的加强,出现了一批有水平的技术成果和产品。如空间数据采集方面的扫描数字化技术、数字摄影测量技术等已达到与国外相当的水平;地图出版技术已经超过国外的 GIS 软件;小型 GIS 基础软件的整体设计水平已经接近国外先进水平;GIS 软件产品化技术方面也有了很大的提高。所有这一切都为发展我国 GIS 产业的发展奠定了技术基础。

与此同时,一大批中青年科学家和技术人员正在成为 GIS 技术研究及产品开发的主力军,尤其是一批计算机软件技术人员进入 GIS 领域,形成了多学科结合的局面。现已有许多所高校开设了 GIS 课程,大量培养学士、硕士、博士。我国 GIS 技术人才培养基地已经形成,为 GIS 产业的发展奠定了人力基础。

### 1.2.2.2 产品和市场

我国在微机平台上的 GIS 基础软件产品已经初具规模,与国外软件产品的差距正迅速缩小,在不少方面与国外软件的水平相当,有些方面甚至超过了国外软件,出现了一批在国内有影响力的软件产品,如微机基础软件 MapGIS 等。

在市场方面,国产软件由于价格和服务方面的优势,显示出了强大的生命力。抽样调查的数据表明,在已经建成的 GIS 系统中,使用国产基础软件的系统约占 26%,与 ARC/INFO、MAPINFO 的市场占有率相当。

### 1.2.2.3 应用经验积累

从 20 世纪 80 年代开始,我国在一些行业和领域着手建设地理信息应用系统,经过多年的努力,建立了一批全国、省(市、区)和区域一级的数据库及大型应用系统。如全国 1:100 万基础地理信息库、重大自然灾害监测与评估系统、“三北”防护林系统、重点产粮区主要农作物估产系统等。通过实际构造 GIS 应用系统,解决了应用领域知识的提炼、综合以及与 GIS 技术的结合问题,提高了大型 GIS 应用工程的开发管理水平,积累了较为丰富的 GIS 应用经验。

## 1.3 GIS 的组成

GIS 一般由硬件、软件、用户、数据组成。其中,GIS 软件是系统的核心,用于执行 GIS 功能的各种操作,包括数据输入、数据处理、数据库管理、空间分析和图形用户界面(GUI)等。GIS 软件按照其功能分为 GIS 专业软件、数据库软件、系统管理软件等。GIS 层次结构见图 1-2(胡鹏、华一新、黄杏元,2007)。

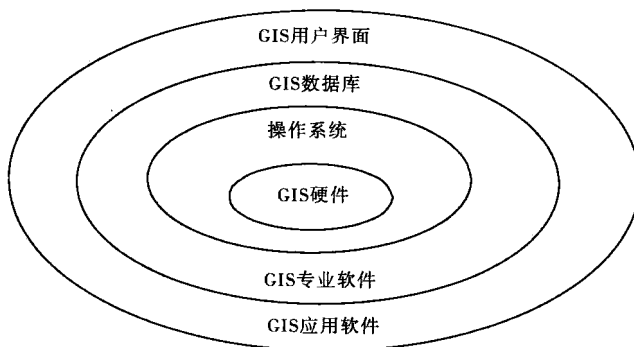


图 1-2 GIS 层次结构

### 1.3.1 GIS 专业软件

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,可作为其他应用系统建设的平台。其代表产品有 ARC/INFO、MGE、MAPINFO、MapGIS、GeoSTAR 等。它们一般都包含以下的主要核心模块(见图 1-3):

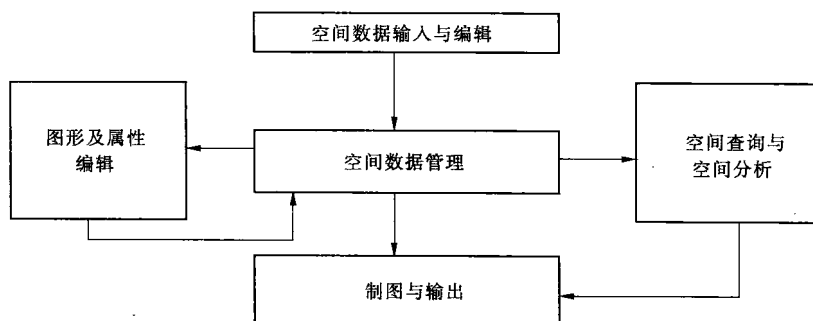


图 1-3 GIS 核心模块

(1)空间数据输入与编辑。支持数字化仪手扶跟踪数字化、图形扫描及矢量化,以及对图形和属性数据进行修改与更新等编辑操作。

(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;能转换各种标准的矢量和栅格数据。

(3)制图与输出。提供地图制作、报表生成、符号生成、图像显示等。

(4)空间查询与空间分析。

(5)图形及属性编辑。

此外,GIS 专业软件大都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;具有二次开发能力,利用 GIS 专业软件提供的应用开发语言,可编写各种复杂的 GIS 应用系统。

### 1.3.2 数据库软件

数据库软件除在 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 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,目前已实现了在现成的关系型商业数据库中存储 GIS 的空间数据。

### 1.3.3 系统管理软件

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 MS-DOS、UNIX、Windows 95/98/2000、Windows NT、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。

## 1.4 GIS 与其他学科的关系

### 1.4.1 信息系统与地理信息系统

信息系统(Information System)是具有采集、处理、管理和分析数据能力的系统,它能为单一的或有组织的决策过程提供各种有用信息(张成才,2006)。

从计算机的角度讲,信息系统是由计算机硬件、软件、数据和用户四大要素组成的系统,其中用户包括一般用户和从事系统建立、维护、管理和更新工作的高级用户。

由于计算机技术的飞速发展和计算机应用的普及,不同领域的各种信息系统相继出现,从系统结构及处理方法看,主要分为以下几种:

(1)管理信息系统(Management Information System, MIS),是一种基于数据库的回报系统,它往往停留在数据级上支持管理者,如人事管理信息系统、财务管理信息系统、产品销售信息系统等。

(2)决策支持系统(Decision Support System, DSS),是在 MIS 基础上发展起来的一种信息系统,它不仅为管理者提供数据支持,还提供方法和模型的可能支持,并对问题进行仿真和模拟,从而辅助决策者进行决策。

(3)智能决策支持系统(Intelligent Decision Support System, IDSS),是在决策支持系统中进一步引入人工智能(Artificial Intelligence, AI)技术,如专家系统(Expert System, ES),可用于解决非结构化问题,提高系统决策自动化程度。

(4)空间信息系统(Spatial Information System, SIS),是对空间数据进行采集、处理、管理和分析的信息系统。由于空间数据的特殊性,因此空间信息系统的组织结构及处理方法有别于一般信息系统。

地理信息系统是一种特定而又十分重要的空间信息系统,是在计算机硬件和软件支持下,运用系统工程和信息科学的理论,科学管理和综合分析具有空间内涵的地理数据,以提供对规划、管理、决策和研究所需信息的空间信息系统。

## 1.4.2 地理信息系统的相关学科

地理信息系统是20世纪60年代开始迅速发展起来的新技术,是多种学科交叉的产物。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(张成才,2006)。

### 1.4.2.1 地理学

地理学是一门研究人类赖以生存的空间的科学。在地理学研究中,空间分析的理论和方法具有悠久的历史,它为地理信息系统提供了有关空间分析的基本观点与方法,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,并使地理学研究的基础理论得到了充分的发挥。

地理系统的内部及其外界,不仅存在着物质和能量的交流,还存在着信息流,这种信息流使得系统许多看似不相关的形态各异的要素联系起来,共同作用于地理系统。而地理信息系统体现着一种信息联系,由系统建立者输入,而由机器存储的各种影像、地图和图表都包括了丰富的地理空间信息的数据,这些数据通过指针或索引等组织信息相关联;系统软件对空间数据编码和处理;用户对GIS发出指令,GIS按约定的方式作出解释后,获得用户指令信息,调用系统内的数据提取相应的信息,从而对用户作出反应,这是信息按一定方式流动的过程。

由此可见,地理信息系统不仅要以系统的形式表达自然界实体之间物质与能量的流动,更为重要的是,其以最直接的方式反映了自然界的信息联系,并可以快速模拟这种联系发展的结果,达到地理预测的目的。

总之,自然界与人类存在着深刻的信息联系,地理学家所面对的是一个形体的,即自然的地理世界,而感受到的却是一个地理信息世界。地理研究实际上是基于这个与真实世界并存而且在信息意义上等价的信息世界的,GIS以地理信息世界表达地理现实世界,可以真实、快速地模拟各种自然的过程和思维的过程,对地理研究和预测具有十分重要的作用。

### 1.4.2.2 地图学

地图是记录地理信息的一种图形语言形式,从历史发展的角度来看,地理信息系统脱胎于地图,地图学理论与方法对地理信息系统的发展有着重要的影响。GIS是地图信息的又一种新的载体形式,它具有存储、分析、显示和传输空间信息的功能。同时,地图仍是目前地理信息系统的重要数据来源之一。两者的区别在于:地图强调的是数据分析、符号化与显示,而地理信息系统更侧重于信息分析。

地图是认识、分析和研究客观世界的常用手段,地图主要由地图图形、数学要素和辅助要素等构成。

地图图形是用地图符号所表示的制图区域内,各种自然和社会经济现象的分布、联系以及时间变化等的内容部分(又称地理要素),如河流、平原、植被、居民点、道路、行政界限或其他专题内容等,这是地图构成要素中的主体部分。

数学要素是决定图形分布位置和几何精度的数学基础,是地图的“骨架”。其中包括

地图投影及坐标网、比例尺、大地控制点等。地图投影是用数学方法将地球椭球面上的图形转绘到平面上;坐标网是各种地图的数学基础,是地图上不可少的要素;比例尺表示坐标网和地图图形的缩小程度;大地控制点的作用是保证将地球的自然表面转绘到椭球面上,再转绘到平面直角坐标网内时,具有精确的地理位置。

辅助要素是为了便于读图与用图而设置的。如图例就是显示地图内容的各种符号的说明。还有图名、地图编制和出版单位、编图资料的情况、出版年月等。有的地图上还有补充资料,用以补充和丰富地图的内容。如在图边或图廓内空白处,绘制一些补充地图或剖面图、统计图等。

从地理信息系统的发展过程可以看出,地理信息系统的产生、发展与制图系统存在着密切的联系,两者的相同之处是基于空间数据库的表达、显示和处理。从系统构成与功能上看,一个地理信息系统具有辅助制图系统的所有组成和功能,并且地理信息系统还有数据处理功能。地图是一种图解图像,是根据地理思想对现实世界进行科学抽象和符号化表示的一种地理模型,是地理思维的产物,也是实体世界地理信息的有效载体。

#### 1.4.2.3 计算机科学

20世纪60年代,在计算机图形学的基础上出现了计算机化的数字地图。地理信息系统与计算机数据库技术、计算机辅助设计、计算机辅助制图和计算机图形学等有着密切的联系。

数据库管理系统是操作和管理数据库的软件系统,GIS在数据管理上借鉴数据库管理系统的理论和方法,属性数据往往直接采用通用的数据库管理系统管理;对于空间地理数据,通用的数据库管理系统有两个明显的弱点:第一,缺乏空间实体定义能力。目前流行的网状结构、层次结构、关系结构等,都难以对空间结构全面、灵活高效地加以描述。第二,缺乏空间关系查询能力。通用的数据库管理系统的查询主要是针对实体的查询,而GIS中则要求对实体的空间关系进行查询,如关于方位、距离、包容、相邻、相交和空间覆盖关系等,显然,通用数据库管理系统难以实现对地理数据的空间查询和空间分析。数据是信息的载体,对数据进行解释可提取信息,通用数据库和地理数据库都是针对数据本身进行管理的,而GIS则在数据管理的基础上,通过地理模型运算产生有用的地理信息,其取得信息的多少和质量,与地理模型的水平密切相关。

计算机图形学是利用计算机处理图形信息以及借助图形信息进行人-机通信处理的技术,是GIS算法设计的基础。GIS是随着计算机图形学技术的发展而不断发展完善的,但是计算机图形学所处理的图形数据是不包含地理属性的纯几何图形,可以实现对地理空间数据的几何抽象,但不能完成数据的地理模型分析和许多具有地理意义的数据处理,因而不能构成完整的GIS。

#### 1.4.2.4 遥感技术

随着GIS应用领域的开拓,首先要求存储大量的有关数据。但是早期的地理信息系统数据库几乎都是通过地图数字化建立起来的,用户不能接触到原始资料及其有关信息,而地理信息系统中的原始数据却是有效地模拟和控制误差传播的基础。其次,地理信息系统为了保持系统的动态性和现实性,还要求及时地更新系统中的数据,但目前地理信息系统中存储的信息只是现实世界的一个静态模型,需要定时或及时的更新。一方面,遥感

作为一种获取和更新空间数据的强有力手段,能及时地提供准确、综合和大范围内进行动态检测的各种资源与环境数据,因此遥感信息就成为地理信息系统十分重要的信息源;另一方面,GIS中的数据可以作为遥感影像分析的一种辅助数据。在两者集成过程中,GIS主要用于数据处理、操作和分析,而遥感则作为一种数据获取、维护与更新GIS中的数据的手段。

地理信息系统和遥感是两个相互独立发展起来的技术领域,随着它们应用领域的不断开拓和自身的不断发展,即由定性到定量、由静态到动态、由现状描述到预测预报的不断深入和提高,它们不断由低级向高级阶段发展。

#### 1.4.2.5 测量学

测量学是地理信息系统的主要数据来源之一,可为GIS的空间定位提供数据。

### 1.4.3 地理信息系统与其他相关技术的区别

#### 1.4.3.1 地理信息系统与计算机辅助设计(Computer Aided Design, CAD)的区别

CAD主要是利用计算机代替或辅助工程设计人员进行各种设计。它处理的对象是规则的几何图形及其组合。因此,CAD的图形处理功能极强,属性功能很弱。

地理信息系统处理的对象是自然目标(如某一区域的土地类型、地形等高线等),因此图形处理难度大,属性功能十分重要,图形和属性之间关系密切,有丰富的属性库和符号库,强调空间数据的分析功能,数据源和数据输入方法种类繁多,数据结构复杂。

一个功能很强的CAD软件,不能代替地理信息系统工作,反之亦然。但由于CAD软件有很强的图形数据采集和编辑功能,有些地理信息系统将CAD作为数据采集的辅助工具。例如国际上流行的AUTOCAD软件,与很多地理信息系统之间有接口,可以把AUTOCAD制作的图形数据传送给地理信息系统。美国的ESRI公司和AUTODESK公司合作推出的ARCCAD,可以同AUTOCAD一起在微机上实现地理信息系统功能,并同地理信息系统软件ARC/INFO有机结合起来。

#### 1.4.3.2 地理信息系统同数字地图制图的区别

数字地图是模拟地图在计算机中的表示形式。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。

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,因此它不仅有图形数据库,还有非图形数据库,并把两者结合起来进行深层次分析。

实际上,数字地图制图应该是地理信息系统的重要组成部分,首先表现在数字地图是地理信息系统重要的数据源,数字地图制图系统中存储和管理的信息往往是地理信息系统所需要的;其次,地理信息系统中处理分析结果常以数字地图形式显示和输出。例如,对某区域进行土地利用规划后输出土地利用规划图,该输出功能包括数字地图制图。

#### 1.4.3.3 地理信息系统同事务处理系统的区别

地理信息系统同一般事务处理系统的主要区别在于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,而且要把两者有机结合起来进行协调管理和分析。而



事务数据处理系统相对简单得多。例如,电话管理系统可看做一个事务处理系统,它主要用来回答用户所询问的电话号码以及用户所在的地区、通信地址等信息,其着重查询检索功能,没有深层次的分析功能。此外,地理信息系统对计算机硬件和软件资源要求比一般事务处理系统高。例如,地理信息系统必须具有处理空间数据的输入、输出设备,如数字化仪、扫描仪、绘图仪等。同时,由于地理信息系统处理数据量大、运算复杂,对计算机存储量、运算速度的要求相应也高。

## 1.5 GIS 面临的挑战与对策

### 1.5.1 我国 GIS 软件产业发展所面临的挑战

#### 1.5.1.1 技术挑战

##### 1) 面向对象软件技术的发展改变了 GIS 软件系统的结构方式

在软件领域中,面向对象已成为 20 世纪 90 年代的主流技术。与传统的软件技术不同,它不再从解决问题的算法的计算机实现出发来建立软件系统结构,而是从客观存在的事物出发,以及根据事物之间的关系来建立软件系统结构。以面向对象技术为基础的商品化软件工具在 90 年代大量出现,为人们提供了方便的构造面向对象软件的手段。长期以来,传统的 GIS 软件很难将人们积累的对地理要素的研究成果直接在计算机中表达出来,而采用面向对象的数据模型则可以对地理空间进行多层次的分解,选择更加基本的操作单元,从而更全面、正确地描述现实世界。在软件结构方面,组件化的 GIS 基础软件开始出现,使软件的可配置性、可扩展性和开放性更强,使用更灵活,二次开发更方便(方裕、张晋,1998)。

##### 2) 全关系 GIS 技术的发展导致新一代 GIS 软件的出现

GIS 软件共管理两类数据,即空间数据和属性数据。其中,属性数据刻画了对象除空间位置外的性质,这类数据一般是可以结构化的,因此可以用传统的关系型 DBMS 来管理它们,并实现快速、可靠的检索;而空间数据则刻画对象的空间位置以及对象之间的相互关系,很难严格地加以结构化,故难以用 DBMS 来管理。因此,传统的 GIS 软件通常用商用数据库来管理属性数据,而用文件系统来管理空间数据。这种数据管理的不一致性,一方面增加了 GIS 软件开发的复杂性;另一方面也不易保证数据管理的可靠性,给使用带来不便。

近年来,国外 GIS 与数据库开发商加紧了联合的步伐,共同开发全关系的 GIS 软件,使 GIS 软件能充分利用商用数据库中已经成熟的众多特性,如内存缓冲、快速索引、数据完整性和一致性保证、并发控制、安全和恢复机制及分布式处理机制,明显地提高了 GIS 软件管理空间数据的能力。新一代 GIS 软件的即将出现,无疑对我国 GIS 软件的开发形成了压力。

##### 3) GIS 从以系统为中心转向以数据为中心

网络技术的发展使数据快速共享成为可能,分布式计算技术的发展改变了软件的工作方式;客户机/服务器结构和 Web 的出现,方便了用户,改变了软件的使用方式。同样,