

21 世纪高等院校教材

# 地理信息系统

(第二版)

汤国安 赵牡丹 编著  
杨昕 周毅



科学出版社

[www.sciencep.com](http://www.sciencep.com)

21 世纪高等院校教材

# 地理信息系统

(第二版)

汤国安 赵牡丹 编著  
杨 昕 周 毅

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书是作者在系统总结已有地理信息系统(GIS)基本理论与实践的基础上,根据近年来GIS教学和研究的经验撰写而成。全书共9章,简洁系统地阐述了GIS的基本理论与方法,包括GIS概念体系、空间信息基础、空间数据结构以及数据库等核心理论,并介绍了空间数据采集与处理、GIS空间分析及GIS产品输出等基本方法,最后就GIS设计和发展趋势做了简要介绍。本书强调系统性、简明性、可读性、实用性与科学性的结合,内容精炼,简明易懂。

本书可作为高等院校地理信息系统、地理学、测绘学、物流管理等相关学科教材,也可作为科学研究、工程规划设计等专业部门科技人员了解GIS科学的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

地理信息系统/汤国安等编著. —2版. —北京:科学出版社,2010

21世纪高等院校教材

ISBN 978-7-03-027818-0

I. ①地… II. ①汤… III. ①地理信息系统-高等学校-教材 IV. ①P208

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第103216号

责任编辑:杨红 赵冰 / 责任校对:张怡君

责任印制:张克忠 / 封面设计:耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

骏杰印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2000年10月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2010年7月第 二 版 印张:14 1/2

2010年7月第十二次印刷 字数:290 000

印数:31 001—35 000

定价:28.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

# 前 言

地理信息系统(GIS)是在计算机软、硬件系统支持下,对整个或部分地球表层与位置有关的信息进行采集、存储、管理、分析、表达和描述的技术系统。自 20 世纪 60 年代诞生以来,GIS 的科学内涵逐步深化,技术水平日臻完善,解决实际应用问题的能力不断提高。地理信息系统的发展对 GIS 专业教材的需求日益增加,面向不同专业需求的 GIS 教材在内容和层次上都更加丰富。本书是作者在其已出版的《地理信息系统》(第一版)的基础上,总结“地理信息系统国家精品课程”建设和近年来在 GIS 科研和教学中的经验改编而成。本书力求实现系统性、简明性、易读性的统一,深入浅出地介绍当前 GIS 的主要内容和关键问题,服务于 GIS 初学者的学习与实践。

全书共 9 章。第一章阐述了地理信息的基本概念、功能、组成、应用领域和发展历史;第二章介绍地理空间的数学基础及地理信息的描述方法;第三章主要说明空间数据的概念以及常用的数据结构;第四章介绍了空间数据库在数据组织管理方式、空间索引、空间查询语言等方面的技术和特点;第五章介绍了空间数据与属性数据的采集方法、处理技术以及数据采集精度的相关理论;第六章详细地介绍了基于矢量数据和栅格数据的空间分析方法,并以数字地形分析研究为例证,论述了栅格和矢量两种基本数据类型在地图制图及地学分析中的应用;第七章介绍了地理信息可视化及 GIS 产品输出的新技术和新方法;第八章讲解了 GIS 开发的基本原理和执行标准;第九章总结了目前 GIS 新技术的特点和应用前景,分析探讨了 GIS 的发展方向。

本教材的再版,得到全国有关高校师生的关心、支持与帮助,南京师范大学研究生陶畅、陈永刚、祝士杰、张维、孙京禄、赵明伟、江岭、贺文慧、钱梦亚等同学均参与了部分编写与整编工作,在此一并表示衷心的感谢。

由于作者水平和时间所限,书中不足之处在所难免,敬请读者批评指正。

作 者

2010 年 5 月

# 目 录

## 前言

<b>第一章 绪论</b> .....	1
第一节 地理信息系统的基本概念.....	1
第二节 地理信息系统的发展概况.....	3
第三节 地理信息系统的构成.....	6
第四节 地理信息系统与相关学科及技术的关系.....	11
第五节 地理信息系统的应用.....	13
<b>第二章 空间信息基础</b> .....	17
第一节 常规的地理空间信息描述法.....	17
第二节 地理信息数字化描述方法.....	22
第三节 空间数据的类型和关系.....	26
第四节 元数据.....	30
<b>第三章 空间数据结构</b> .....	39
第一节 栅格数据结构.....	39
第二节 矢量数据结构.....	46
第三节 两种数据结构的比较与转化.....	54
第四节 其他数据结构.....	62
<b>第四章 空间数据库</b> .....	70
第一节 数据库概述.....	70
第二节 传统数据库系统的数据模型.....	74
第三节 地理信息系统中空间数据库的组织方式.....	77
第四节 面向对象数据库系统.....	80
<b>第五章 空间数据采集与处理</b> .....	90
第一节 数据源种类.....	90
第二节 空间数据采集.....	92
第三节 空间数据的编辑与处理.....	101
第四节 图形数据和属性数据的连接.....	108
第五节 空间数据质量及其精度分析.....	109
<b>第六章 地理信息系统空间分析原理与方法</b> .....	118
第一节 地理信息系统空间分析模型.....	118

第二节	栅格数据分析的基本模式	121
第三节	矢量数据分析的基本方法	127
第四节	空间数据的其他分析方法	132
第五节	数字高程模型及其分析	146
<b>第七章</b>	<b>地理信息可视化及地理信息系统产品输出</b>	<b>163</b>
第一节	空间信息输出系统	163
第二节	地理信息系统输出产品类型	166
第三节	地理信息可视化	168
第四节	电子地图系统简介	175
第五节	虚拟现实技术	177
<b>第八章</b>	<b>地理信息系统设计与标准化</b>	<b>180</b>
第一节	地理信息系统设计	180
第二节	地理信息系统设计的模式	183
第三节	地理信息系统设计与开发的步骤	185
第四节	用户需求分析	188
第五节	地理信息系统的软、硬件配置设计	190
第六节	用户界面设计	195
第七节	地理信息系统评价	197
第八节	地理信息系统的人员配置	199
第九节	地理信息系统的标准化	200
<b>第九章</b>	<b>地理信息系统的发展</b>	<b>209</b>
第一节	网络 GIS	209
第二节	组件式 GIS	211
第三节	三维和多维 GIS	216
第四节	“3S”集成	217
第五节	开放式 GIS	220
<b>主要参考文献</b>		<b>223</b>

# 第一章 绪 论

## 第一节 地理信息系统的基本概念

### 1. 信息、地理信息

#### 1) 信息和数据

信息(information)是用文字、数字、符号、语言、图像等介质来表示事件、事物、现象等的内 容、数量或特征,从而向人们(或系统)提供关于现实世界新的事实和知识,是生产、建设、经营、管理、分析和决策的依据。信息具有客观性、适用性、可传输性和共享性等特征。信息来源于数据(data)。数据是一种未经加工的原始资料。数字、文字、符号、图像都是数据。数据是客观对象的表示,而信息则是数据内涵的意义,是数据的内容和解释。例如,从实地或社会调查数据中可获取到各种专门信息;从测量数据中可以抽出地面目标或物体的形状、大小和位置等信息;从遥感图像数据中可以提取出各种地物的图形大小和专题信息。

#### 2) 地理信息

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,它是对表达地理特征与地理现象之间关系的地理数据的解释。而地理数据则是各种地理特征和现象间关系的符号化表示,包括空间位置、属性特征(简称属性)及时域特征三部分。空间位置数据描述地物所在位置。这种位置既可以根据大地参照系定义,如大地经纬度坐标,也可以定义为地物间的相对位置关系,如空间上的相邻、包含等;属性数据有时又称非空间数据,是属于一定地物、描述其特征的定性或定量指标。时域特征是指地理数据采集或地理现象发生的时刻或时段。时间数据对环境模拟分析非常重要,正受到地理信息系统学界越来越多的重视。空间位置、属性及时间是地理空间分析的三大基本要素。

#### 3) 地理信息的特征

地理信息除了具有信息的一般特性外,还具有以下独特特性:

(1) 空间分布性。地理信息具有空间定位的特点,先定位后定性,并在区域上表现出分布式的特点,其属性表现为多层次,因此地理数据库的分布或更新也应是分布式的。

(2) 数据量大。地理信息既有空间特征,又有属性特征,此外地理信息还随着时间的变化而变化,具有时间特征,因此其数据量很大。尤其是随着全球对地观测计划不断发展,我们每天都可以获得上万亿兆的关于地球资源、环境特征的数据。

这必然对数据处理与分析带来很大压力。

(3) 信息载体的多样性。地理信息的第一载体是地理实体的物质和能量本身,除此之外,还有描述地理实体的文字、数字、地图和影像等符号信息载体以及纸质、磁带、光盘等物理介质载体。对于地图来说,它不仅是信息的载体,也是信息的传播媒介。

## 2. 信息系统

### 1) 信息系统的基本组成

信息系统是具有采集、管理、分析和表达数据能力的系统。在计算机时代,信息系统部分或全部由计算机系统支持,并由计算机硬件、软件、数据和用户四大要素组成。另外,智能化的信息系统还包括知识。计算机硬件包括各类计算机处理及终端设备;软件是支持数据信息的采集、存储加工、再现和回答用户问题的计算机程序系统;数据则是系统分析与处理的对象,构成系统的应用基础;用户是信息系统服务的对象。

### 2) 信息系统的类型

根据系统所执行的任务,信息系统可分为事务处理系统(transaction process system)和决策支持系统(decision support system)。事务处理系统强调的是数据的记录和操作,民航订票系统是其典型示例之一。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。

## 3. 地理信息系统

地理信息系统(geographic information system 或 geo-information system, GIS)有时又称为“地学信息系统”或“资源与环境信息系统”。它是一种特定的十分重要的空间信息系统。它是在计算机硬、软件系统支持下,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。地理信息系统处理、管理的对象是多种地理空间实体数据及其关系,包括空间定位数据、图形数据、遥感图像数据、属性数据等,用于分析和处理在一定地理区域内分布的各种现象和过程,解决复杂的规划、决策和管理问题。

通过上述的分析和定义可提出如下基本概念:

(1) GIS 的物理外壳是计算机化的技术系统,它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、图像处理子系统、数据产品输出子系统等,这些子系统的优劣、结构直接影响着 GIS 的硬件平台、功能、效率、数据处理的方式和产品输出的类型。



(2) GIS的操作对象是空间数据,即点、线、面、体这类有三维要素的地理实体。空间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、定性和定量的描述,这是GIS区别于其他类型信息系统的根本标志,也是其技术难点所在。

(3) GIS的技术优势在于它的数据综合、模拟与分析评价能力,可以得到常规方法或普通信息系统难以得到的重要信息,实现地理空间过程演化的模拟和预测。

(4) GIS与测绘学和地理学有着密切的关系。大地测量、工程测量、矿山测量、地籍测量、航空摄影测量和遥感(RS)技术为GIS中的空间实体提供各种不同比例尺和精度的定位数据;电子速测仪、全球定位系统(GPS)技术、解析或数字摄影测量工作站、遥感图像处理系统等现代测绘技术的使用,可直接、快速和自动地获取空间目标的数字信息产品,为GIS提供丰富和更为实时的信息源,并促使GIS向更高层次发展。地理学是GIS的理论依托。有的学者断言,“地理信息系统和信息地理学是地理科学第二次革命的主要工具和手段。如果说GIS的兴起和发展是地理科学信息革命的一把钥匙,那么,信息地理学的兴起和发展将是打开地理科学信息革命的一扇大门,必将为地理科学的发展和提高开辟一个崭新的天地”。GIS被誉为地学的第三代语言——用数字形式来描述空间实体。

GIS按研究的范围大小可分为全球性的、区域性的和局部性的;按研究内容的不同可分为综合性的与专题性的。同级的各种专业应用系统集中起来,可以构成相应地域同级的区域综合系统。在规划、建立应用系统时应统一规划这两种系统的发展,以减小重复浪费,提高数据共享程度和实用性。

## 第二节 地理信息系统的发展概况

### 1. 国际发展状况

综观GIS发展,可将地理信息系统发展分为以下四个阶段。

#### 1) 地理信息系统的开拓期(20世纪60年代)

20世纪50年代末和60年代初,计算机获得广泛应用以后,很快就被应用于空间数据的存储和处理,使计算机成为地图信息存储和计算处理的装置,将很多地图转换为能被计算机利用的数字形式,出现了地理信息系统的早期雏形。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。这时地理信息系统的特征是和计算机技术的发展水平联系在一起的,表现在计算机存储能力小,磁带存取速度慢,机助制图能力较弱,地学分析功能比较简单;实现了手扶跟踪的数字化方法,可以完成地图数据的拓扑编辑,分幅数据的自动拼接;开创了格网单元的操作方法,发展了许多面向格网的系统。例

如,哈佛大学的地图同步处理系统(synten mapping and analysis system, SYMAP)是最著名的一例,另外还有明尼苏达土地管理信息系统(MLMIS)等。所有这些处理空间数据的主要技术,奠定了地理信息系统发展的基础。这一时期,地理信息系统发展的另一显著标志是,许多有关的组织和机构纷纷建立,例如,1966年美国成立城市和区域信息系统协会(URISA),1969年又建立州信息系统全国协会(NASIS),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,起到重要的指导作用。

### 2) 地理信息系统的巩固发展期(20世纪70年代)

20世纪70年代,计算机发展到第三代,随着计算机技术迅速发展,数据处理速度加快,内存容量增大,而且输入、输出设备比较齐全,推出了大容量直接存取设备——磁盘,为地理数据的录入、存储、检索、输出提供了强有力的手段,特别是人机对话和随机操作的应用,可以通过屏幕直接监视数字化的操作,而且能很快看到制图分析的结果,并可以进行实时的编辑。这时,计算机技术及其在自然资源和环境数据处理中的应用,促使地理信息系统迅速发展。例如,1970~1976年,美国地质调查所就建成50多个信息系统,分别作为处理地理、地质和水资源等领域空间信息的工具。其他如加拿大、联邦德国、瑞典和日本等国也先后发展了自己的地理信息系统。地理信息系统的发展,使一些商业公司开始活跃起来,软件在市场上受到欢迎。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年两次召开关于地理信息系统的学术讨论会,1978年国际测量协会(FIG)规定第三委员会的主要任务是研究地理信息系统,同年在联邦德国达姆施塔特工业大学召开了第一次地理信息系统讨论会,等等。这期间,许多大学(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。一些商业性的咨询服务公司开始从事地理信息系统工作。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。这个时期地理信息系统发展的总体特点是:地理信息系统在继承60年代技术基础之上,充分利用了新的计算机技术,但系统的数据分析能力仍然很弱;在地理信息系统技术方面未有新的突破;系统的应用与开发多限于某个机构;专家个人的影响削弱,而政府影响增强。

### 3) 地理信息系统技术大发展时期(20世纪80年代)

由于大规模和超大规模集成电路的问世,推出了第四代计算机,特别是微型计算机和远程通信传输设备的出现为计算机的普及应用创造了条件,加上计算机网络的建立,地理信息的传输时效得到极大的提高。在系统软件方面,完全面向数据管理的数据库管理系统(DBMS)通过操作系统(OS)管理数据,系统软件工具和应用软件工具得到研制,数据处理开始和数学模型、模拟等决策工具结合。地理信息

系统的应用领域迅速扩大,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,涉及许多的学科与领域,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。这时期,许多国家制订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,例如,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。同时,商业性的咨询公司、软件制造商大量涌现,并提供系列专业化服务。地理信息系统不仅引起工业化国家的普遍兴趣,例如,英国、法国、原联邦德国、挪威、瑞典、荷兰、以色列、澳大利亚、原苏联等国都在积极解决地理信息系统的发展和应用,而且不再受国家界线的限制,地理信息系统开始用于解决全球性的问题。

#### 4) 地理信息系统的应用普及时代(20世纪90年代至今)

由于计算机的软、硬件均得到飞速的发展,地理信息系统已成为许多机构必备的工作系统,尤其是政府决策部门在一定程度上由于受地理信息系统影响而改变了现有机构的运行方式、设置与工作计划等,地理信息系统的专业软件也得到极大的发展,在强化桌面系统的功能外,加强了对手持移动系统、网络系统、数据库系统等的支持与应用。另外,随着各个领域对地理信息系统认识程度和认可程度的提高,应用需求大幅度增加,特别是在自然资源调查、环境监测保护、灾害监测、城市区域规划管理、市政管理维护、商务物流、金融保险、电力电信、军事等领域,表现出从地理信息系统走向地理信息服务的趋势。进入21世纪,随着空间理论和网络技术的飞速发展,组件式GIS、嵌入式GIS、网络GIS、移动GIS等纷纷得到应用,出现了网格GIS、三维GIS。GIS从技术上将向着更具有互操作性和更加开放化、网络化、分布化、移动化、可视化的方向发展;从应用上将向着更高层次的数字地球、虚拟现实、地球信息科学及大众化的方向发展。地理信息系统的应用领域,也不再局限于国土、测绘等部门,而是扩展到人们生活的各个方面,随着GIS与RS以及GPS更加紧密地融合,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。

## 2. 国内发展状况

我国地理信息系统方面的工作起步稍晚于国际水平,但发展迅速,形势喜人。主要经历了如下几个阶段:

(1) 起步阶段。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。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年召开了第一次遥感技术规划会议,1977年诞生了第一张由计算机输出的全要素地图。1978年,国家计划委员会在黄山召开了全国第一届数据库学术讨论会。环境遥感资源调查的需求带动,以及航空摄影测量和

地形测图的发展,为 GIS 的发展奠定了良好的基础。

(2) 发展阶段。20 世纪 80 年代起,我国地理信息系统方面的工作开始展开。以 1980 年中国科学院遥感应用研究所成立全国第一个地理信息系统研究室为标志,在几年的起步发展阶段中,我国地理信息系统在理论探索、硬件配制、软件研制、规范制定、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。地理信息系统进入发展阶段的标志是第七个五年计划。地理信息系统研究作为政府行为,正式列入国家科技攻关计划,开始了有计划、有组织、有目标的科学研究、应用实验和工程建设工作。许多部门同时开展了地理信息系统研究与开发工作。例如,全国性地理信息系统(或数据库)实体建设、区域地理信息系统研究和建设、城市地理信息系统、地理信息系统基础软件或专题应用软件的研制和地理信息系统教育培训。通过近 5 年的努力,地理信息系统技术上的应用开创了新的局面,并在全国性应用、区域管理、规划和决策中取得了实际的效益。

(3) 快速发展阶段。自 20 世纪 90 年代起,地理信息系统步入快速发展阶段。执行地理信息系统和遥感联合科技攻关计划,强调地理信息系统的实用化、集成化和工程化,力图使地理信息系统从初步发展时期的研究实验、局部应用走向实用化和生产化,为国民经济重大问题提供分析和决策依据。努力实现基础环境数据库的建设,推进国产软件系统的实用化、遥感和地理信息系统技术一体化。在地理信息系统的区域工作重心上,出现了“东移”和“进城”的趋向,促进了地理信息系统在经济相对发达、技术力量比较雄厚、用户需求更为急迫的地区和城市首先实用化。这期间开展的主要研究及今后尚需进一步发展的领域有:重大自然灾害监测与评估系统的建设和应用;重点产粮区主要农作物估产;城市地理信息系统的建设与应用;建立数字化测绘技术体系;国家基础地理信息系统建设与应用;专业信息系统与数据库的建设和应用;基础通用软件系统的研制与建立;地理信息系统规范化与标准化;基于地理信息系统的产品研制与生产。同时经营地理信息系统业务的公司逐渐增多,国产的 GIS 软件,如 SuperMap、MapGIS、GEOWAY、GeoStar 等,发展势头强劲,有的已经进入了国际市场,占有了一席之地。

总之,中国地理信息系统事业经过近 30 年的发展,取得了重大的进展。地理信息系统的研究和应用已走向了产业化。

### 第三节 地理信息系统的构成

完整的 GIS 主要由四个部分构成,即计算机硬件系统、计算机软件系统、地理空间数据和系统管理操作人员,其核心部分是计算机软、硬系统,空间数据库反映

了 GIS 的地理内容,而管理人员和用户则决定系统的工作方式和信息表示方式。地理信息系统的组成可综合表示为图 1-1。

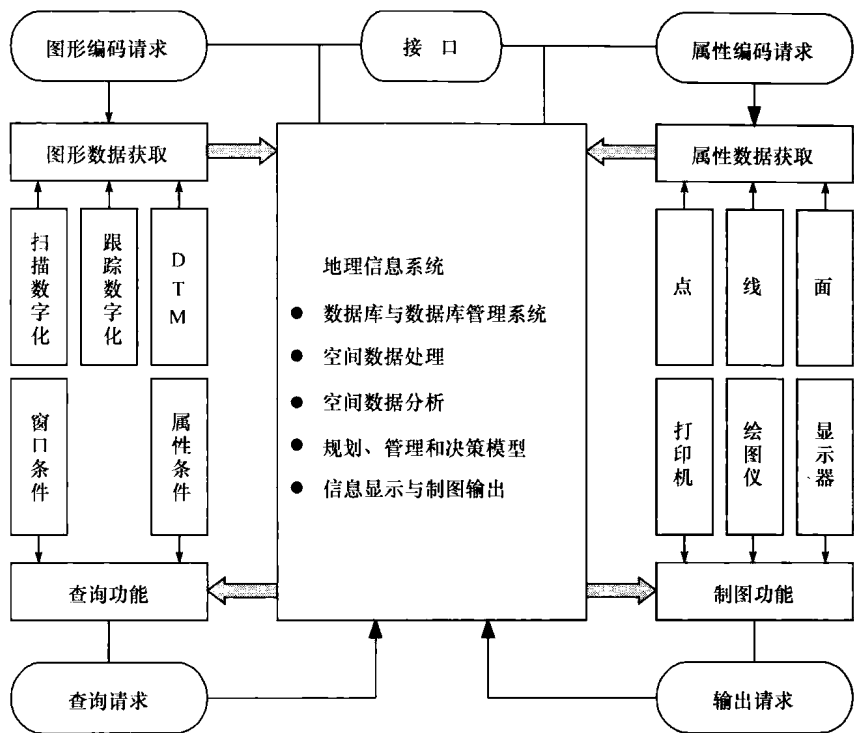


图 1-1 地理信息系统的组成

## 1. 计算机硬件系统

计算机硬件是计算机系统在实际物理装置的总称,可以是电子的、电的、磁的、机械的、光的元件或装置,是 GIS 的物理外壳,系统的规模、精度、速度、功能、形式、使用方法甚至软件都与硬件有极大的关系,受硬件指标的支持或制约。GIS 由于其任务的复杂性和特殊性,必须由计算机设备支持。GIS 硬件配置一般包括四个部分(图 1-2)。

- (1) 计算机主机;
- (2) 数据输入设备:数字化仪、图像扫描仪、手写笔、光笔、键盘、通信端口等;
- (3) 数据存储设备:光盘刻录机、磁带机、光盘塔、移动硬盘、磁盘阵列等;
- (4) 数据输出设备:笔式绘图仪、喷墨绘图仪(打印机)、激光打印机等。

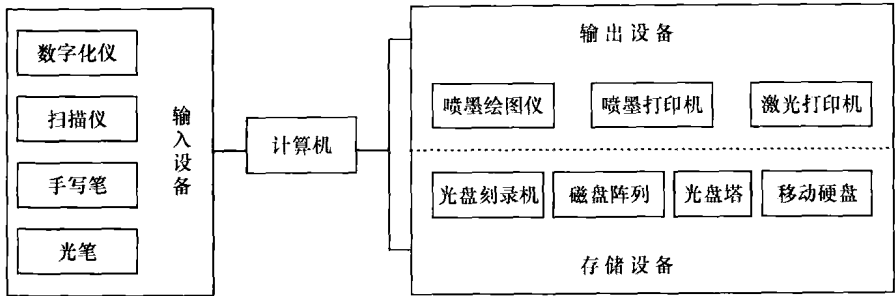


图 1-2 GIS 硬件的组成

## 2. 计算机软件系统

计算机软件系统指 GIS 运行所必需的各种程序,通常包括以下三个方面(图 1-3)。



图 1-3 计算机软件系统的层次

### 1) 计算机系统软件

由计算机厂家提供的、为用户开发和使用计算机提供方便的程序系统,通常包括操作系统、汇编程序、编译程序、诊断程序、库程序以及各种维护使用手册、程序说明等,是 GIS 日常工作所必需的。

### 2) 地理信息系统软件和其他支撑软件

可以是通用的 GIS 软件也可包括数据库管理软件、计算机图形软件包、计算机辅助制图软件

(CAD)、图像处理软件等。

GIS 软件按功能可分为以下五类。

(1) 数据输入:将系统外部的原始数据(多种来源、多种形式的信息)传输给系统内部,并将这些数据从外部格式转换为便于系统处理的内部格式的过程。例如,将各种已存在的地图、遥感图像数字化,或者通过通信或读磁盘、磁带的方式录入遥感数据和其他系统已存在的数据,还包括以适当的方式录入各种统计数据、野外调查数据和仪器记录的数据。

数据输入方式与使用的设备密切相关,常有三种形式:①手扶跟踪数字化仪的矢量跟踪数字化。它是通过人工选点或跟踪线段进行数字化,主要输入有关图形点、线、面的位置坐标。②扫描数字化仪的光栅扫描数字化,主要输入有关图像的网格数据。③键盘输入,主要输入有关图像、图形的属性数据(即代码、符号),在属性数据输入之前,需对其进行编码。

(2) 数据存储与管理:数据存储和数据库管理涉及地理元素(表示地表物体的

点、线、面)的位置、连接关系及属性数据如何构造和组织等。用于组织数据库的计算机系统称为数据库管理系统(DBMS)。空间数据库的操作包括数据格式的选择和转换以及数据的连接、查询、提取等。

(3) 数据分析与处理:指对单幅或多幅图件及其属性数据进行分析运算和指标量测,在这种操作中,以一幅或多幅图作为输入,而分析计算结果则以一幅或多幅新生成的图件表示,在空间定位上仍与输入的图件一致,故可称为函数转换。空间函数转换可分为:基于点或像元的空间函数,如基于像元的算术运算、逻辑运算或分类分析等;基于区域、图斑或图例单位的空间函数,如叠加分类、区域形状量测等;基于邻域的空间函数,如像元连通性、扩散、最短路径搜索等。量测包括对面积、长度、体积、空间方位、空间变化等指标的计算。函数转换还包括错误改正、格式变换和预处理。

(4) 数据输出与表示模块:指将地理信息系统内的原始数据或经过系统分析、转换、重新组织的数据以用户可以理解的某种方式提交给用户。例如,以地图、表格、数字或曲线的形式表示于某种介质上,或采用阴极射线管(cathode ray tub, CRT)显示器、胶片拷贝、点阵打印机、笔式绘图仪等输出,也可以将结果数据记录于磁存储介质设备或通过通信线路传输到用户的其他计算机系统。

(5) 用户接口模块:该模块用于接收用户的指令、程序或数据,是用户和系统交互的工具。主要包括用户界面、程序接口与数据接口。系统通过菜单方式或解释命令方式接收用户的输入。由于地理信息系统功能复杂,且用户又往往为非计算机专业人员,用户界面是地理信息系统应用的重要组成部分,它通过菜单技术、用户询问语言的设置,还可采用人工智能的自然语言处理技术与图形界面等技术,提供多窗口和鼠标选择菜单等控制功能,为用户发出操作指令提供方便。该模块还随时向用户提供系统运行信息和系统操作帮助信息,这就使地理信息系统成为人机交互的开放式系统。

### 3) 应用分析程序

应用分析程序是系统开发人员或用户根据地理专题或区域分析模型编制的用于某种特定应用任务的程序,是系统功能的扩充与延伸。在优秀的 GIS 工具支持下,应用程序的开发应是透明的和动态的,与系统的物理存储结构无关,而随着系统应用水平的提高不断优化和扩充。应用程序作用于地理专题数据或区域数据,构成 GIS 的具体内容,这是用户最为关心的真正用于地理分析的部分,也是从空间数据中提取地理信息的关键。用户进行系统开发的大部分工作是开发应用程序,而应用程序的水平在很大程度上决定系统的实用性、优劣和成败。

## 3. 地理空间数据

地理空间数据是指以地球表面空间位置为参照的自然、社会和人文景观数据,

可以是图形、图像、文字、表格和数字等,由系统的建立者通过数字化仪、扫描仪、键盘、磁带机或其他通信系统输入 GIS,是系统程序作用的对象,是 GIS 所表达的现实世界经过模型抽象的实质性内容。不同用途的 GIS 其地理空间数据的种类、精度都是不同的,但基本上都包括三种互相联系的数据类型。

#### 1) 某个已知坐标系中的位置

即几何坐标,标识地理实体在某个已知坐标系(如大地坐标系、直角坐标系、极坐标系、自定义坐标系)中的空间位置,可以是经纬度、平面直角坐标、极坐标,也可以是矩阵的行数、列数等。

#### 2) 实体间的空间相关性

即拓扑关系,表示点、线、面实体之间的空间联系,如网络结点与网络线之间的枢纽关系,边界线与面实体间的构成关系,面实体与岛或内部点的包含关系等。空间拓扑关系对于地理空间数据的编码、录入、格式转换、存储管理、查询检索和模型分析都有重要意义,是地理信息系统的特色之一。

#### 3) 与几何位置无关的属性

即常说的非几何属性或简称属性(attribute),是与地理实体相联系的地理变量或地理意义。属性分为定性和定量两种,前者包括名称、类型、特性等,后者包括数量和等级,定性描述的属性如岩石类型、土壤种类、土地利用类型、行政区划等,定量的属性如面积、长度、土地等级、人口数量、降水量、河流长度、水土流失量等。非几何属性一般是经过抽象的概念,通过分类、命名、量算、统计得到。任何地理实体至少有一个属性,而地理信息系统的分析、检索和表示主要是通过属性的操作运算实现的,因此,属性的分类系统、量算指标对系统的功能有较大的影响。

地理信息系统特殊的空间数据模型决定了地理信息系统特殊的空间数据结构和特殊的数据编码,也决定了地理信息系统具有特色的空间数据管理方法和系统空间数据分析功能,是地理学研究和资源管理的重要工具。

## 4. 网络

GIS 中网络的主要作用是信息传输。由于 GIS 数据的海量特征,对网络的要求也比较高。GIS 中的网络形式一般有局域网、广域网、无线网络和互联网(internet)、企业局域网(intranet)和外联网(extranet)等几种。

局域网(local area network, LAN)是指由特定类型的传输媒体(如电缆、光缆和无线媒体)和网络适配器(亦称为网卡)互连在一起的计算机组,并受网络操作系统监控的网络系统,适合于小区、区域内部等的网络建设。广域网(wide area network, WAN)是众多局域网的集合,其中有些局域网或者全部局域网使用跨越较长距离的点到点链路连接在一起,最大特点是计算机分布范围广,不受区域限制,广泛采用电话通道或卫星信道,但传输效率较低。无线网络主要是针对移动 GIS



而言的,采用无线通信方法解决信息的传输问题。

互联网是一个由各种不同类型的独立运行与管理的计算机网络组成的全球范围的计算机网络。组成互联网的计算机网络包括局域网、城域网(MAN)以及大规模的广域网等。互联网网络互连采用的基本协议是 TCP/IP。企业局域网是指一个企业内部各组织互连所形成的网络。它是在统一行政管理和安全控制管理之下,采用互联网的标准技术和应用系统建设成的网络,并使用与互联网相互协调的技术开发企业内部的各应用系统。外联网是在互联网和企业局域网的基础上发展起来的,根据企业自身的体系结构和运作方式,使网络高层体系结构逐步与企业计算模式相协调。

## 5. 系统开发、管理和使用人员

人是 GIS 中的重要构成因素。地理信息系统从其设计、建立、运行到维护的整个生命周期,处处都离不开人的作用。仅有系统软、硬件和数据还构不成完整的地理信息系统,需要人进行系统组织、管理、维护和数据更新、系统扩充完善、应用程序开发,并灵活采用地理分析模型提取多种信息,为研究和决策服务。

## 第四节 地理信息系统与相关学科及技术的关系

GIS 是现代科学技术发展和社会需求的产物。人口、资源、环境、灾害是影响人类生存与发展的四大基本问题。为了解决这些问题必须要自然科学、工程技术、社会科学等多学科、多手段联合攻关。于是,许多不同的学科,包括地理学、测量学、地图制图学、摄影测量与遥感学、计算机科学、数学、统计学以及一切与处理和空间数据有关的学科,都在寻找一种能采集、存储、检索、变换、处理和显示输出从自然界和人类社会获取的各式各样数据、信息的强有力工具,其归宿就是地理信息系统,或称空间信息系统、资源与环境信息系统。因此,GIS 明显地具有多学科交叉的特征,它既要吸取诸多相关学科的精华和营养,并逐步形成独立的边缘学科,又将被多个相关学科所运用,并推动它们的发展。GIS 的相关学科技术如图 1-4 所示。

地理学和测绘学是以地域单元研究人类居住的地球及其部分区域,研究人类环境的结构、功能、演化以及人地关系。空间分析是 GIS 的核心,地理学作为 GIS 的分析理论基础,可为 GIS 提供引导空间分析的方法和观点。测绘学和遥感技术不但为 GIS 提供快速、可靠、多时相和廉价的多种信息源,而且它们中的许多理论和算法可直接用于空间数据的变换、处理。

遥感是一门 20 世纪 60 年代以后发展起来的新兴学科。由于遥感信息所具有的多源性,弥补了常规野外测量获取数据的不足和缺陷,以及在遥感图像处理技术