

地理信息系统理论与应用丛书

龚健雅 编著

地理信息系统基础

科学出版社

地理信息系统理论与应用丛书

地理信息系统基础

龚健雅 编著

国家杰出青年科学基金资助项目

(编号: 49525101)

科学出版社

2001

内 容 简 介

本书是一本全面系统的地理信息系统(GIS)基础教程。全书共分8章。第一章绪论,简要介绍地理信息系统的原由与发展过程;第二章地理信息系统的构成,介绍其涉及的硬件构成、软件模块及系统的功能;第三章空间数据获取,介绍数据的采集、获取、转换及其质量问题;第四章空间数据表达,介绍地理现象、空间对象的关系及其矢量、栅格表达,空间数据模型与数据结构等;第五章空间数据处理,介绍各种空间操作的算法以及实现策略;第六章空间数据管理,介绍数据库、数据库管理系统与模型;第七章空间查询与空间分析,介绍空间查询分析的各种方法;第八章空间数据的可视化与地图制图,以实例介绍普通地图与专题地图制图等地理信息可视化与输出问题。

本书对地理信息系统学科的基础理论、算法以及实现原理进行了系统分析和阐述,对地理信息系统的学科体系和基础理论建设具有重要的意义;可作为地理信息系统专业的教材,也可供地球科学领域从事地理信息科学的广大科研工作者参考。

图书在版编目(CIP)数据

地理信息系统基础/龚健雅编著. -北京:科学出版社, 2001
(地理信息系统理论与应用丛书)

ISBN 7-03-008997-9

I. 地… II. 龚… III. 地理信息系统 IV. P91

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 81788 号

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号
邮政编码: 100717

新蕾印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2001 年 2 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16
2001 年 6 月第二次印刷 印张: 21 3/4
印数: 3 001—6 000 字数: 496 000

定价: 33.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换〈环伟〉)

序

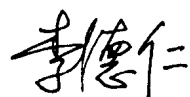
随着社会的进步、科技的发展和经济的腾飞，信息时代正阔步向我们走来。据统计，在人类活动所接触到的信息中有 80% 与地理位置和空间分布有关。为了有效地描述、采集、处理、存储、管理、分析和应用地理空间信息，30 多年前产生了地理信息系统 (GIS) 技术。经过 30 多年的发展，GIS 已成为信息产业的一支重要的方面军。据估计，目前全世界 GIS 产业的年产值已经超过了上百亿美元。今天，地理信息系统已不仅是一门单纯的技术，而且形成了一门学科，形成了自身的理论和技术体系。我国已经设立了地理信息系统的本科、硕士、博士专业，表明地理信息系统作为一门新兴学科正在崛起，而且将对整个社会信息化发展产生重要影响。

几十年来，各国政府机构、学术组织和科学技术人员为推动地理信息系统的发展做出了巨大努力。20 世纪 80 年代，美国在三所大学设立了国家地理信息分析中心 (NCGIA)，并联合编写了地理信息系统核心教程，对 GIS 技术的发展和 GIS 的推广应用起了重要作用。在这之后，各国学者又编写了大量 GIS 的教程和参考书，初步形成了这门学科的理论和技术基础。在我国，先后建立了“资源与环境信息系统国家重点实验室”和“测绘遥感信息工程国家重点实验室”，在一些大学开办了 GIS 研究所、研究中心和相关专业，培养了一批高层次的 GIS 技术人才。目前，我国已有几十所大学开办了地理信息系统本科、硕士或博士专业，我国 GIS 人才培养的规模将上一个新台阶，以满足当前和未来 GIS 人才需求。

在 GIS 教材建设方面，虽然我国已出版了许多 GIS 方面的教材和参考书，但是从一个学科的发展来看，我们需要从多个层次，从不同的视角和领域来编写 GIS 教程。龚健雅教授是我国较早培养的一位 GIS 专业的博士，也是教育部首批“长江学者”特聘教授。十多年来，他在 GIS 领域从事地理信息系统理论、关键技术的研究，以及地理信息系统基础软件的开发，积累了丰富的理论和实践经验。这本《地理信息系统基础》是他参考了大量前人研究的成果，综合他本人和他的同事从事 GIS 研究和软件开发的心得编写而成，其目的是让 GIS 专业的学生更多地掌握和了解 GIS 的基本概念、基本原理、基本算法以及实现方法，使学生不仅要知其然，还要知其所以然，使从事 GIS 的技术人员具有更扎实的基础。

我国地理信息产业和学科发展已进入了快车道，希望有更多的学者参与

GIS 教材建设，尽快建立本学科各个层次的教材体系，推动 GIS 学科更快更好地发展，培养和造就本学科一大批优秀人才，为我国地理信息产业的健康发展，为我国在该领域的国际地位和国际影响作出贡献。



2000 年 6 月于珞珈山

前 言

从 20 世纪 60 年代初“地理信息系统”(GIS)一词出现以来,至今这门学科已发展了 30 多年。30 多年来,各个国家、各个相关领域和学者为它添砖加瓦,逐渐形成了这门学科的理论与技术体系。今天,虽然这门学科还在日新月异地发展,但是一些基本概念、基本理论、基本算法已基本形成。所以,我们才有可能综合国内外各种 GIS 的参考书和参考资料,结合自己多年在这一领域研究和工作的成果,编写这本《地理信息系统基础》,其目的是为了更好地推动这门学科的发展。

地理信息系统已不单纯地被看作为一个技术系统或计算机系统,而已被看作是一门学科、一门技术。在我国,地理信息系统不仅有本科专业、硕士专业,而且有博士专业。全国几十所大学开办了地理信息系统专业,许多其他专业也开设了地理信息系统课程。十多年来,我国许多学者为地理信息系统学科的发展作出了巨大贡献,写出了许多教科书和参考书。由于地理信息系统是地图学、摄影测量与遥感、地理学、计算机科学与技术、城市规划与管理等多门学科综合发展的产物,因而各学科的学者从不同的角度理解和编写地理信息系统教科书,对教科书的内容和侧重点各有不同。今后,这种局面还会继续下去,这对地理信息系统的发展也不失为一件“百家争鸣,百花齐放”的好事。

笔者参考美国 NOGIA 的核心课程《地理信息系统》、Robert Laurini 和 Derek Thompson 编写的《空间信息系统基础》的框架内容以及国内外其他一些参考书,结合笔者和同事开发地理信息系统基础软件 GeoStar 的经验总结,编写了这本《地理信息系统基础》,其目的是让本专业学生掌握和了解地理信息系统技术的一些基础知识,让学生掌握地理信息系统中的基本概念、基本理论、数据结构、数据模型、各种算法以及软件实现方法等基本知识,使学生不仅知其然,而且知其所以然。

本书以地理空间数据的采集、表达、处理、管理、查询、分析与可视化表示为基本思路,围绕地理空间数据的各项处理工作为核心展开。第一章介绍地理信息系统的基本概念、发展历史和本课程涉及到的内容。第二章介绍地理信息系统的构成,包括硬件、软件、网络和输入输出设备。第三章介绍空间数据采集的方法、基本原理及其涉及到的硬软件环境、空间数据转换以及空间数据的质量评价。第四章讨论空间数据的计算机表达方式,即怎样将

采集的数据在计算机中有效地组织起来,也就是我们通常所说的数据结构。由于空间数据不同于一般的数据,各国学者设计了各种数据结构,包括矢量数据结构、栅格数据结构、四叉树数据结构、一体化数据结构、镶嵌数据结构和超图数据结构等。这些结构尽管有些已不太使用了,但本书做为 GIS 的基础教程,还是尽可能地把它们编录其中,读者可以自作选读。第五章较为详细地讨论了空间数据处理方法,包括点在多边形内、线在多边形内、多边形切割、多边形充填、坐标变换和投影变换、拓扑关系建立、矢量栅格相互转换、Voronoi 图和 Delaunay 三角网的构建、空间内插等算法。这些算法有些是从现有教科书中摘录的,有些是根据笔者和同事开发 GeoStar 软件时设计的。它是本书的重要内容。第六章涉及空间数据管理。空间数据管理被认为是地理信息系统的核心。目前空间数据的管理有多种方法,本章尽可能介绍当前出现的各种方法,包括各种数据模型,但是笔者编写本书时,空间数据管理方法正在发生较大变化,由原来文件加关系数据库管理系统混合管理方式转为由对象关系数据库管理系统统一管理,这方面的参考资料还不够多,本书只是作了概略介绍。第七章介绍空间查询与空间分析,这是地理信息系统的应用基础。笔者尽可能介绍各种空间查询和空间分析方法的实现。但是空间查询和空间分析算法的技巧很多,本书所介绍的是基本算法,这些算法能够实现达到目标,而它的效率不一定是最优的。第八章介绍空间数据可视化和地图制图。它是空间数据展现在用户面前的结果,是我们人眼能看到的 GIS。本章介绍了地图符号的设计、空间数据符号化的过程、属性数据专题制图的原理、地图的输出、地图的生产以及电子地图等。

本书作为一本 GIS 的基础教程,没有包含 GIS 当前发展的一些新内容,如互联网 GIS、控件 GIS、三维 GIS、时态 GIS 等,因为它们有的正处于快速发展阶段,有的还不够成熟。不过,有兴趣的读者可以参考笔者和李斌教授等主编的《当代 GIS 的若干理论与技术》一书,该书涉及到当代 GIS 发展的若干理论与技术。

虽然本书书名为《地理信息系统基础》,但笔者仍然认为它不一定是一本最好的 GIS 教程。其原因一是有些内容还不够全面深入,一些算法也不一定是最优的;其二,作者是从测绘遥感的专业背景编写本书,个人的知识面有限,有些内容并不一定适合于其他专业。但笔者编写本书是希望推动地理信息系统学科的发展,希望在不久的将来建立我国地理信息系统专业的教材体系。

本书的编写得到了各方面的大力支持。我的导师李德仁院士多年来一直鼓励我编写这一教材,为本书的编写提供了许多有益的资料,并亲自审阅了全部书稿,提出了许多宝贵的修改意见;我的同事和学生也为我提供了很多

素材。可以说，本书是在研制开发 GeoStar 基础上编写而成的，所有参与 GeoStar 开发的同事都为本书做出了重要贡献。在此，对他们一并表示衷心的感谢。另外，我要特别感谢香港理工大学和香港裘槎基金会，本书的初稿是在香港理工大学研修时完成的。

A handwritten signature in black ink, reading '谭健平' (Tan Jianping). The characters are written in a fluid, cursive style.

2000 年 6 月于武汉

目 录

序

前 言

第一章 绪 论	(1)
§ 1.1 地理信息系统的起因与发展	(1)
§ 1.2 地理信息系统的定义	(3)
§ 1.3 地理信息系统的基本内容	(5)
§ 1.4 地理信息系统的特性	(6)
参考文献	(8)
第二章 地理信息系统的构成	(9)
§ 2.1 概 述	(9)
§ 2.2 地理信息系统的硬件配置	(9)
§ 2.3 计算机及网络设备	(12)
§ 2.4 存储设备	(18)
§ 2.5 输入设备	(19)
§ 2.6 输出设备	(23)
§ 2.7 地理信息系统的软件构成	(25)
§ 2.8 地理信息系统的功能	(29)
参考文献	(31)
第三章 空间数据获取	(33)
§ 3.1 概 述	(33)
§ 3.2 野外数据采集	(36)
§ 3.3 地图数字化	(39)
§ 3.4 摄影测量	(41)
§ 3.5 遥感图像处理	(44)
§ 3.6 属性数据获取	(55)
§ 3.7 空间数据转换	(57)
§ 3.8 空间数据质量	(60)
参考文献	(69)
第四章 空间数据的表达	(70)
§ 4.1 地理系统与地理现象	(70)
§ 4.2 空间对象及其定义	(74)
§ 4.3 空间对象关系	(81)
§ 4.4 空间对象的矢量表达	(84)
§ 4.5 空间对象的栅格表达	(92)
§ 4.6 混合数据结构与一体化数据结构	(95)

§ 4.7 镶嵌数据结构	(98)
§ 4.8 四叉树数据结构	(102)
§ 4.9 超图数据结构	(116)
参考文献	(121)
第五章 空间数据处理	(123)
§ 5.1 基本算法	(123)
§ 5.2 图形编辑	(138)
§ 5.3 拓扑关系的自动建立	(142)
§ 5.4 图形的裁剪与合并	(146)
§ 5.5 图幅接边	(155)
§ 5.6 坐标变换	(156)
§ 5.7 地图投影与投影变换	(159)
§ 5.8 矢量栅格数据的相互转换	(167)
§ 5.9 三维空间数据处理	(172)
参考文献	(189)
第六章 空间数据管理	(191)
§ 6.1 数据与数据文件	(191)
§ 6.2 数据库与数据库管理系统	(197)
§ 6.3 数据库模型	(202)
§ 6.4 空间数据库管理系统	(211)
§ 6.5 空间数据的组织	(215)
§ 6.6 空间索引	(219)
参考文献	(224)
第七章 空间查询与空间分析	(225)
§ 7.1 空间查询	(225)
§ 7.2 叠置分析	(232)
§ 7.3 缓冲区分析	(243)
§ 7.4 网络分析	(246)
§ 7.5 三维空间分析	(254)
§ 7.6 空间统计分析	(272)
参考文献	(280)
第八章 空间数据的可视化与地图制图	(281)
§ 8.1 普通地图制图	(281)
§ 8.2 专题地图制图	(296)
§ 8.3 三维空间数据的可视化	(302)
§ 8.4 地图注记	(323)
§ 8.5 地图排版	(327)
§ 8.6 地图输出	(332)
参考文献	(335)

第一章 绪 论

§ 1.1 地理信息系统的起因与发展

1.1.1 国际上地理信息系统的起因与发展

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形式表示这些数据。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。

20世纪以来,人们对地形图和各种专题地图的需求量迅速增加。立体航空摄影测量和遥感成像技术的发展,使摄影测量工作者能以很高的精度,快速地进行大面积测图,同时也为地球资源科学家们,如地质学家、土壤学家、生态学家等提供了极为优越的条件来进行资源勘探和中等详细程度的制图工作,产生的专题地图已是资源调查和管理最有用的信息源泉。

50年代由于计算机技术的发展,测绘工作者和地理工作者逐渐利用计算机汇总各种来源的数据,借助计算机处理和分析这些数据,最后通过计算机输出一系列结果,作为决策过程的有用信息。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,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。60年代末,加拿大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)(Burrough, 1986),用于自然资源的管理和规划。稍后,美国哈佛大学研制出SYMAP系统软件。尽管当时的计算机水平不高,但GIS机助制图能力较强,它能够实现地图的手扶跟踪数字化以及地图数据的拓扑编辑和分幅数据拼接等功能。早期的GIS大多数是基于格网系统,因而发展了许多基于栅格的操作方法(黄杏元等, 1987)。

进入70年代以后,计算机的迅速发展推动了计算机更普及地应用。70年代推出的大容量存取设备——磁盘,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,更增强了人机对话和高质量的图形显示功能,促使GIS朝实用方向迅速发展。一些发达国家先后建立了各种专业的土地信息系统和地理信息系统。与此同时,一些商业公司开始活跃起来,软件在市场上受到欢迎。据统计,70年代有300多个应用系统投入使用。这期间,许多大学和研究机构开始重视GIS软件设计和研究。1980年,美国地质调查所出版了《空间数据处理计算机软件》的报告,总结了1979年以前世界各国空间信息系统的发展概况。另外,Marble等(1984年)拟订了空间数据处理计算机软件说明的标准格式,并提出了地理信息系统今后的发展应着重研究空间数据处理的算法、数据结构和数据库管理系统等三个方面的内容。

80年代是GIS普及和推广应用的阶段。由于计算机技术的发展,推出了图形工作站和微机等性能价格比大为提高的新一代计算机。计算机网络的建立,使地理信息的传

输时效得到极大的提高。GIS 基础软件和应用软件的发展,使得它的应用从解决基础设施的管理和规划(如道路、输电线)转向更复杂的区域开发,例如土地利用、城市规划、人口规划与布置等。许多工业国家把土地信息系统作为有关部门的必备工具,投入日常运转。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。80 年代中期, GIS 软件的研制与开发也取得了很大成绩,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, TIGRIS, MGE, SICAD, GenaMap, System 9 等,它们可在工作站或微机上运行。

进入 90 年代,随着微机和 Windows 的迅速发展,以及图形工作站性能价格比的进一步提高,计算机在全世界迅速普及。一些基于 Windows 和 Windows NT 的桌面 GIS,如 MapInfo、ARCVIEW、GeoMedia 等软件以其界面友好、易学好用的独特风格,将 GIS 带入到各行各业。因特网发展,特别是 90 年代万维网的发展,为地理信息系统在因特网上运行提供了必要的技术条件,各软件厂商争相研究出基于万维网的地理信息系统软件。比较典型的软件有:Autodesk 公司的 Map Guide, ESRI 公司的 MapObject IMS, Intergraph 公司的 GeoMedia Web Map, MapInfo 公司的 MapInfo Proserver 和武汉吉奥信息工程公司的 GeoSurf 等。

尽管 GIS 有着广泛的应用潜力,但是它的应用仅仅在少数领域比较成熟,如地图制图与数据发行、自然资源管理与评价、地籍管理、城市与区域规划以及美、加等国的人口普查。GIS 在许多其他领域的应用才刚刚起步,包括商务应用、市政基础设施管理、公共卫生及安全、油气与其他矿产资源的勘测、交通管理、房地产开发与销售等。多数应用是在各级政府部门实现的,据美国联邦数字制图多部门协调委员会的一份调查,早在 1990 年美国联邦政府已有 62 个机构使用 GIS,其中 18 个已用于常规作业(陈俊、宫鹏,1998)。

1.1.2 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,大致可分为以下三个阶段。

第一是起步阶段。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。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,先后开展了京津唐地区红外遥感试验、新疆哈密地区航空遥感试验、天津渤海湾地区的环境遥感研究、天津地区的农业土地资源遥感清查工作。长期以来,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 年诞生了第一张由计算机输出的全要素地图。1978 年,国家计委在黄山召开了全国第一届数据库学术讨论会。所有这些为 GIS 的研制和应用作了技术上的准备。

第二是试验阶段。进入 80 年代之后,我国执行“六五”、“七五”计划,国民经济全面发展,很快对“信息革命”作出热烈响应。在大力开展遥感应用的同时, GIS 也全

面进入试验阶段。在典型试验中主要研究数据规范和标准、空间数据库建设、数据处理和分析算法及应用软件的开发等。以农业为对象, 研究有关质量评价和动态分析预报的模式与软件, 并用于水库淹没损失、水资源估算、土地资源清查、环境质量评价与人口趋势分析等多项专题的试验研究。在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。

在学术交流和人才培养方面得到很大发展。在国内召开了多次关于 GIS 的国际学术讨论会。1985 年, 中国科学院建立了“资源与环境信息系统国家级重点开放实验室”, 1988 年和 1990 年武汉测绘科技大学先后建立了“信息工程专业”和“测绘遥感信息工程国家级重点开放实验室”。我国许多大学中开设了 GIS 方面的课程和不同层次的讲习班, 已培养出了一大批从事 GIS 研究与应用的博士和硕士。

第三是 GIS 全面发展阶段。80 年代末到 90 年代以来, 我国的 GIS 随着社会主义市场经济的发展走上了全面发展阶段。国家测绘局正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 万地图数据库也已完成建库, 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。数字摄影测量和遥感应用从典型试验逐步走向运行系统, 这样就可保证向 GIS 源源不断地提供地形和专题信息。进入 90 年代以来, 沿海、沿江经济开发区的发展, 土地的有偿使用和外资的引进, 急需 GIS 为之服务, 有力地促进了城市地理信息系统的发展。用于城市规划、土地管理、交通、电力及各种基础设施管理的城市信息系统在我国许多城市相继建立。

在基础研究和软件开发方面, 科技部在“九五”科技攻关计划中, 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, 在该项目中投入相当大的研究经费支持武汉测绘科技大学、北京大学、中国地质大学、中国林业科学研究院和中国科学院地理研究所等单位开发我国自主知识产权的地理信息系统基础软件。经过几年的努力, 中国 GIS 基础软件与国外的差距迅速缩小, 涌现出若干能参与市场竞争的地理信息系统软件, 如 GeoStar, MapGIS, CityStar, ViewGIS 等。在遥感方面, 在该项目的支持下, 已建立全国基于 TM 遥感影像土地分类结果的土地动态监测信息系统。国家这一重大项目的实施, 有力地促进了中国遥感和地理信息系统的发展。

§ 1.2 地理信息系统的定义

1.2.1 信息和地理信息

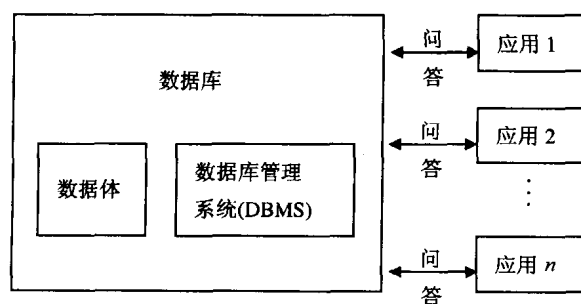
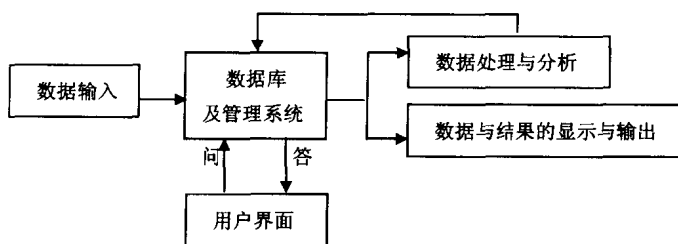
信息 (information) 是用数字、文字、符号、语言等介质来表示事件、事物、现象等的内 容、数量或特征。信息向人们 (或系统) 提供关于现实世界新的事实的知识, 作为生产、管理、经营、分析和决策的依据。信息具有客观性、适用性、可传输性和共享性等特征。

信息来自数据 (data)，数据是未加工的原始资料。数字、文字、符号、图形和影像都是数据。数据是客观对象的表示，信息则是数据内涵的意义，是数据的内容和解释。例如，从测量数据中可以抽取出目标和物体的形状、大小和位置等信息，从遥感卫星图像数据中可以抽取出各种图形和专题信息，从实地调查数据中则可抽取出各专题的属性信息。

地理信息是指与所研究对象的空间地理分布有关的信息，它表示地表物体及环境固有的数量、质量、分布特征、联系和规律。从地理实体到地理数据，再到地理信息的发展，反映了人类认识的巨大飞跃。地理信息属于空间信息，其位置的识别是与数据联系在一起的，它具有区域性。地理信息又具有多维结构的特征，即在同一 XY 位置上具有多个专题和属性的信息结构。例如在一个地面点位上，可取得高度、噪声、污染、交通等多种信息。而且，地理信息有明显的时序特征，即动态变化的特征，这就要求及时采集和更新它们，并根据多时相的数据和信息来寻找随时间变化的分布规律，进而对未来作出预测或预报。

1.2.2 信息系统和地理信息系统

能对数据和信息进行采集、存储、加工和再现，并能回答用户一系列问题的系统称为信息系统 (图 1-2-1)。信息系统的四大功能为数据采集、管理、分析和表达。更简单地说，信息系统是基于数据库的问答系统 (图 1-2-2)。



从计算机科学角度看, 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问答系统, 智能化的系统还包括知识 (图 1-2-3)。硬件包括各类计算机处理机及其终端设备, 软件是支持数据与信息的采集、存储、加工、再现和回答用户问题的计算机程序系统, 数据则包括定量和定性数据, 用户是信息系统所服务的对象, 是信息系统的主人。用户分一般用户和从事系统建立、维护、管理和更新的高级用户。

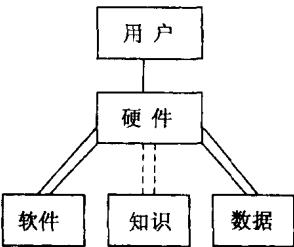


图 1-2-3 计算机科学意义上的信息系统

信息系统通常包括经营信息系统、企业管理信息系统、金融信息系统、交通运输信息系统、空间信息系统和其他信息系统等。其中的空间信息系统 (SIS) 是一种十分特别而重要的信息系统, 它要采集、管理、处理和更新空间信息。

地理信息系统 (GIS) 是一种特定而又十分重要的空间信息系统, 它是以采集、贮存、管理、分析和描述整个或部分地球表面 (包括大气层在内) 与空间和地理分布有关的数据的空间信息系统。由于地球是人们赖以生存的基础, 所以 GIS 是与人类的生存、发展和进步密切相关的一门信息学与技术, 受到人们愈来愈广泛的重视。

地理信息系统按其范围大小可以分为全球的、区域的和局部的三种。通常 GIS 主要研究地球表层的若干个要素的空间分布, 属于 2~2.5 维 GIS, 布满整个三维空间建立的 GIS, 才是真三维 GIS。一般也常常将数字位置模型 (2 维) 和数字高程模型 (1 维) 的结合称为 2+1 维或 3 维, 加上时间坐标的 GIS 称为 4 维 GIS 或时态 GIS。

从学科角度定义, GIS 属于技术学科, 它主要涉及地理学、测量学、制图学、摄影测量与遥感、计算机科学。特别是计算机制图、数据库管理、计算机辅助设计、遥感和计量地理学形成了 GIS 的理论和技術基础, 计算机辅助设计偏重于图形处理与设计, 数据库管理系统主要实现对图形和非图形数据的优化存储、管理和检索, 遥感技术是对遥感图像进行处理和分析以提取专题信息的技术。

§ 1.3 地理信息系统的基本内容

地理信息系统技术涉及的基本内容可从表 1-3-1 和表 1-3-2 所列教程得以了解 (陈俊、宫鹏, 1998)。

表 1-3-1 美国地理信息与分析中心 GIS 教学大纲

一、GIS 概论	
引言,	硬/软件, 栅格 GIS, 数据获取, 空间数据的性质, 空间现象及关系, GIS 的功能, 栅格/矢量数据模型对比及相关问题
二、GIS 技术问题	
坐标系统及地理编码,	矢量数据结构及算法, 栅格数据存储, 关于地表的数据结构和算法, 客体与时间, 数据库, 误差模拟与数据不确定性, 可视化
三、GIS 的应用	
GIS 应用领域,	决策支持, 系统规划, 系统实现, GIS 新方向

表 1-3-2 Unwin GIS 教学大纲

第一部分	GIS 概论 GIS 的定义及历史, 作为商品的数据和信息, GIS 的应用潜力实例
第二部分	GIS 的制图与空间分析概念 空间数据类型, 地理参考, 地图投影, 坐标变换, 空间的基本概念, 对点、线、面和表面的基本操作
第三部分	计算机环境下的实现 不同层次信息的数字表达, 数据模型 (栅格、矢量、面向对象), 误差, 矢量/栅格讨论, 计算机技术的进展
第四部分	GIS 操作 硬件, 数据存储媒介, 处理器及处理环境, 显示, 生产系统举例
第五部分	GIS 应用 应用领域, 全球尺度上的应用, 用 GIS 决策, 项目管理, 价格-效益分析
第六部分	机构问题 数据使用权, 质量保证与标准, 法律意义, GIS 管理, 教育和培训

从表 1-3-1 和表 1-3-2 可以看出, GIS 的内容主要包括: ① 有关的计算机软、硬件; ② 空间数据的获取; ③ 空间数据的表达及数据结构; ④ 空间数据的处理; ⑤ 空间数据的管理; ⑥ 空间数据分析; ⑦ 空间数据的显示与可视化; ⑧ GIS 的应用; ⑨ GIS 的项目管理、开发、质量保证与标准化; ⑩ GIS 机构设置与人员培训等。本书作为地理信息系统的基础教程主要涉及到前面 7 项内容, GIS 应用仅从 GIS 应用系统的设计与开发原理作典型介绍, 至于第⑨项和第⑩项内容, 读者可参阅陈俊、宫鹏 (1998 年) 编写的《实用地理信息系统》一书。

§ 1.4 地理信息系统的特性

如上所述, 计算机制图、计算机辅助设计、数据库管理系统、遥感图像处理技术奠定了地理信息系统的技术基础。地理信息系统是这些学科的综合, 它与这些学科和系统之间既有联系又有区别, 这里将它们逐一加以比较, 以突出地理信息系统的特点。

1.4.1 GIS 与机助制图系统的区别与联系

机助制图是地理信息系统的主要技术基础, 它涉及 GIS 中的空间数据采集、表示、处理、可视化甚至空间数据的管理。无论是在国际, 还是在国内, GIS 早期的技术都主要反映在机助制图方面。机助制图系统或者说数字地图系统, 在概念和功能上有很大的差异, 它涵盖了相当大的范围, 从大比例尺的数字测图系统、电子平板, 到小比例尺的地图编辑出版系统、专题图的桌面制图系统、电子地图制作系统及地图数据库系统。它们的功能主要强调空间数据的处理、显示与表达, 有些数字制图系统包含空间查询功能。

地理信息系统和数字制图系统的主要区别在于空间分析方面。一个功能完善的地理信息系统可以包含数字制图系统的所有功能, 此外它还应具有丰富的空间分析功能。当然在很多情况下, 数字制图系统与地理信息是很难区分的, 特别是对有些桌面制图系统

如 MapInfo 等在归类上就有较大的争议。严格地说, MapInfo 目前的版本缺少复杂的空间分析功能, 但是它在图文办公自动化、专题制图等方面大有市场, 甚至一些老牌的 GIS 软件公司都开发相应的软件与它竞争。但是, 作者仍然认为, 要建立一个决策支持型的 GIS 应用系统, 需要对多层的图形数据和属性数据进行深层次的空间分析, 以提供对规划、管理和决策有用的信息, 各种空间分析如缓冲区分析、叠置分析、地形分析、资源分配等功能是必要的。

1.4.2 GIS 与数据库管理系统的区别与联系

数据库管理系统目前一般指商用的关系数据库管理系统, 如 Oracle, SyBase, SQL Server, Informix, FoxPro 等。它们不仅是一般事务管理系统, 如银行系统、财务系统、商业管理系统、飞机订票系统等系统的基础软件, 而且通常也是地理信息系统中属性数据管理的基础软件。目前甚至有些 GIS 的图形数据也交给关系数据库管理系统管理, 而关系数据库管理系统也在向空间数据管理方面扩展, 如 Oracle, Informix, Ingres 等都增加了管理空间数据的功能, 今后有可能 GIS 中的图形数据和属性数据全部由商用关系数据库管理系统管理。

但是数据库管理系统和地理信息系统之间还存在着区别。地理信息系统除需要功能强大的空间数据的管理功能之外, 还需要具有图形数据的采集、空间数据的可视化和空间分析等功能。所以, GIS 在硬件和软件方面均比一般事务数据库更加复杂, 在功能上也比后者要多得多。例如, 电话查号台可看作一个事务数据库系统, 它只能回答用户所查询的电话号码, 而一个用于通讯的地理信息系统除了可查询电话号码外, 还可提供所有电话用户的地理分布、电话空间分布密度、公共电话的位置与分布、新装用户距离最近的电信局等信息。

1.4.3 GIS 与 CAD 的区别与联系

计算机辅助设计 (CAD) 是计算机技术用于机械、建筑、工程和产品设计的系统, 它主要用于范围广泛的各种产品和工程的图形, 大至飞机小到微芯片等。CAD 主要用来代替或辅助工程师们进行各种设计工作, 也可以与计算机辅助制造 (CAM) 系统共同用于产品加工中作实时控制。

GIS 与 CAD 系统的共同特点是二者都有坐标参考系统, 都能描述和处理图形数据及其空间关系, 也都能处理非图形属性数据。它们的主要区别是, CAD 处理的多为规则几何图形及其组合, 图形功能极强, 属性功能相对较弱。而 GIS 处理的多为地理空间的自然目标和人工目标, 图形关系复杂, 需要有丰富的符号库和属性库。GIS 需要有较强的空间分析功能, 图形与属性的相互操作十分频繁, 且多具有专业化的特征。此外, CAD 一般仅在单幅图上操作, 海量数据的图库管理的能力比 GIS 要弱。

但是由于 CAD 具有极强的图形处理能力, 也可以设计丰富的符号和连接属性, 许多用户都把它作为数字制图系统使用。有些软件公司为了充分利用 CAD 图形处理的优点, 在 CAD 基础之上, 进一步开发出地理信息系统如 Intergraph 公司开发了基于