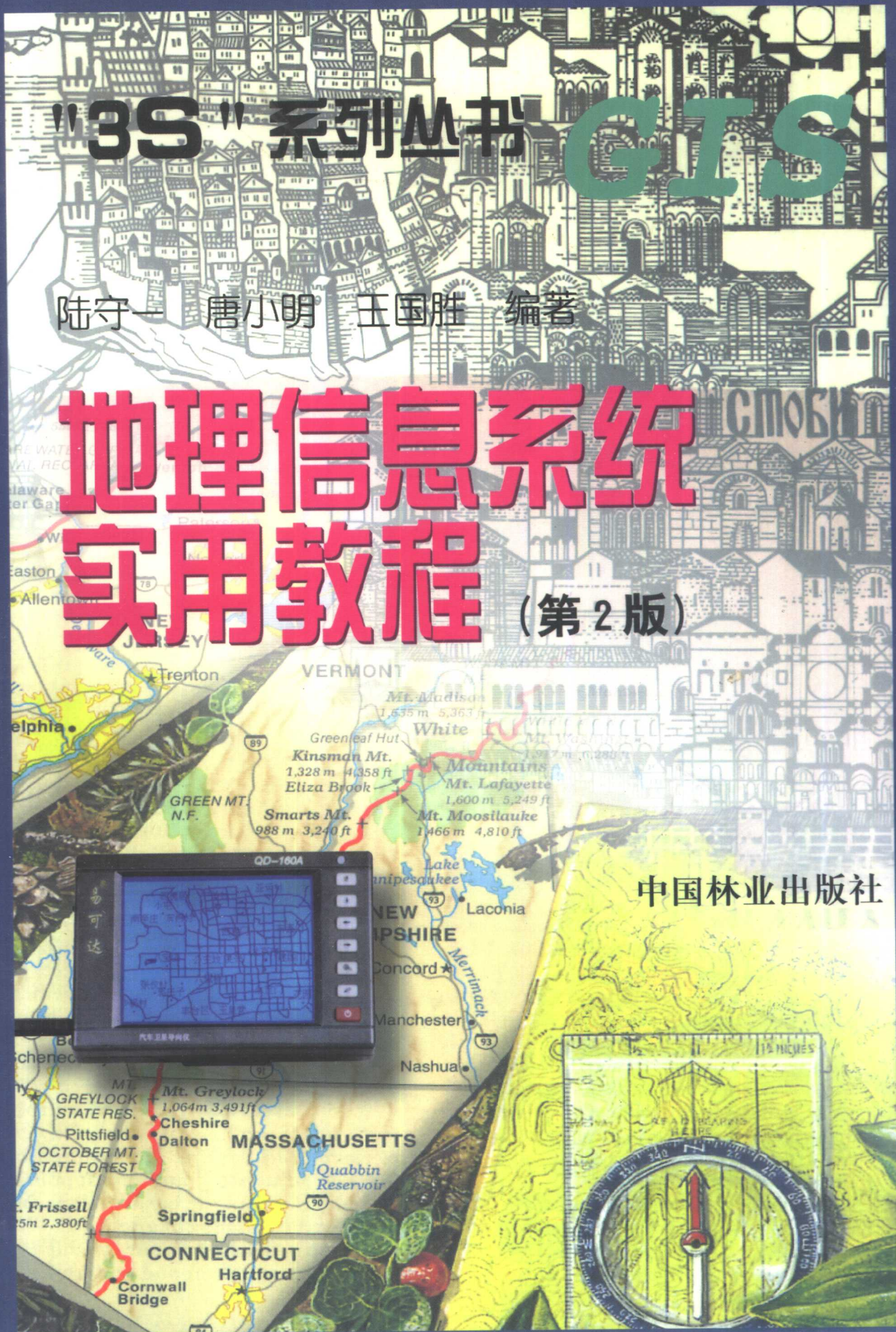


"3S" 系列丛书 GIS

陆守一 唐小明 王国胜 编著

地理信息系统 实用教程 (第2版)

中国林业出版社



“3S”系列丛书

地理信息系统实用教程

(第2版)

陆守一 唐小明 王国胜 编著

中国林业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

地理信息系统实用教程/陆守一 等编著. —2 版 —北京: 中国林业出版社, 1999. 9
(“3S” 系列丛书)

ISBN 7-5038-2402-6

I. 地 II. 陆… III. 地理信息系统-教材 IV. P91

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 44965 号

内 容 简 介

本书系统地阐述了地理信息系统的原理方法及其应用发展。

全书共分九章, 包含三部分内容。第一部分着重地理信息系统原理, 介绍了地理信息系统的基本概念、运行硬件和软件环境、空间数据结构以及空间数据处理分析的原理方法; 第二部分着重地理信息系统应用, 介绍空间分析的功能及空间分析模型的应用, 并根据地理信息系统的常用功能以 MapInfo 为平台列举了应用实例; 第三部分以信息技术为基础介绍了 3S 技术和网络 GIS 等新技术。

本书内容丰富, 结构紧凑, 可作为相关专业的大学本科生和研究生的教材, 亦可作为大专院校教师以及从事地理信息系统软件研究及应用系统开发技术人员的技术参考书。

地理信息系统实用教程 (第 2 版)

出版 中国林业出版社 (北京市西城区刘海胡同 7 号)

邮编 100009

印刷 三河市富华印刷包装有限公司印刷

发行 新华书店北京发行所发行

1998 年 9 月第 1 版

版次 2000 年 1 月第 2 版 2000 年 1 月第 2 次印刷

开本 787mm×1092mm 1/16 印张: 13.75

字数 350 千字

印数 2001~5050 册

定价 26.00 元

第二版前言

当前信息化的浪潮正席卷全球，成为当今世界经济和社会发展的的大趋向，亦是衡量一个国家综合实力和科技发展水平的重要标志。地理信息系统作为信息业的主要组成部分已越来越得到各个国家、各个部门和社会各界的广泛重视，其应用已渗透到各行各业，逐步形成了一门新兴产业。

为适应形势需要，加速人才培养，我们编写了《地理信息系统实用教程》一书。自出版以来，得到了广大读者的支持和好评，也收到了一些建设性建议。为满足广大读者的要求，适应网络技术的迅猛发展，并扩大本书的适用范围，在再版本书之前，编者对原书作如下修改：

1. 增加了网络地理信息一章，以配合信息系统网络化的发展趋势和社会需求。
2. 对原书中地理信息系统应用一章（原书第七章）进行了重写。原书中该章专业性过强，涉及面窄，新版中该章以地理信息系统市场占有率极大的桌面地理信息系统 MapInfo 为平台，以地理信息系统最广泛应用的功能为例介绍其应用。所举应用例可拓宽到多种专业，并可供学生实验参考。此外对原书中的一些错误进行了修改。

本书由陆守一主编，其中 § 6.3，§ 6.4 由王国胜编写；§ 8.3，§ 8.4，§ 8.5 由吕洪利编写；陆守一编写其余全部章节，并对全书进行了统编。

本书改编中，王让会、冯仲科、张军提出了宝贵意见。

编者对为本书出版提出建设性意见的各位同仁表示衷心的感谢。

欢迎读者在阅读本书过程中，对本书存在缺点和问题提出批评和意见，谢谢大家。

陆守一

1999年9月

AA 17/09

前 言

地理信息系统是随着计算机技术的迅速发展,在原有学科交叉处派生出来的一门新兴边缘学科。它是用来处理和分析空间数据的一门综合性信息技术,它涉及计算机科学技术,信息和管理学,地学、空间科学及测量学等学科。

地理信息系统经过了 30 多年的发展历程,目前已成为信息产业中不可缺少的重要组成部分,越来越受到世界各国和社会各界的重视,并广泛用于国民经济的许多部门,如城市规划设计,资源环境管理,生态环境监测保护,地质勘探测量等领域。随着人们对空间信息认识的逐步加深,数字产品的日益普及,以及计算机网络技术的发展,地理信息系统应用的深度和广度还将进一步深入和拓宽,最终将呈现社会化应用的趋向,成为人们科研、生产、学习直至生活中不可缺少的技术工具。

目前,地理信息系统正进入了一个新的发展时期,其应用和产业发展已成为势不可挡的国际潮流。资源和环境是人类赖以生存发展的物质基础。随着国民经济的迅速发展,各行各业对资源和环境的需求越来越高,面临的问题日趋多样化、复杂化,因此在协调经济发展和环境保护上,在保持区域可持续发展等重要问题上,地理信息系统是不可缺少的支撑技术。

在我国,地理信息系统开发应用工作起步较晚,但经过了“七·五”,“八·五”的发展已建立了若干地理信息系统研究基地,在“九·五”期间,国家将地理信息系统基础软件产品的开发和产业的发展列入“重中之重”的科技攻关计划,提出了“引入竞争机制,坚持滚动发展,加强科技攻关,落实产业建设”的管理原则后,发展更为迅猛,技术和产业竞争十分激烈。这些竞争的实质是人才竞争。

为适应形势的要求,加速人才培养,编者以北京林业大学开设的地理信息系统课讲稿为基础,结合中国林业科学研究院、北京林业大学及国家林业局调查规划设计院部分软件开发和应用成果,编著本教材,希望能有助于培养地理信息系统开发应用和管理人才。

本书由北京林业大学陆守一教授,中国林业科学研究院唐小明博士及国家林业局调查规划设计院王国胜博士共同编著。其中:陆守一编写第一、第二、第三、第四、第五、第八章;陆守一,王国胜编写第六章;王国胜编写第七章。全书由陆守一统稿。唐小明参加本书策划及承担了部分稿件的审阅工作。北京林业大学张忠博士也为本书编写提出了许多宝贵意见。

本书属于北京林业大学主持国家教委“面向 21 世纪高等农林院校森林资源本科人才培养方案及教学内容和课程体系改革的研究与实践”课题及北京市教委支持的普通高等学校教育改革试点项目“面向 21 世纪林学专业建设与改革”项目中的内容。

由于编写时间紧,编者水平所限,难免出现错误和不足,敬请读者提出宝贵意见。

陆守一

1998 年 7 月

目 录

前言

第一章 概论	(1)
§ 1.1 基本概念	(1)
1.1.1 信息和地理信息	(1)
1.1.2 信息系统和地理信息系统	(2)
1.1.3 地理信息系统与其它相关技术的区别	(2)
1.1.4 地理信息系统的类型	(4)
§ 1.2 地理信息系统的结构与功能	(5)
1.2.1 地理信息系统的组成	(5)
1.2.2 地理信息系统的主要功能模块	(6)
§ 1.3 地理信息系统的发展与前景	(7)
第二章 地理信息系统基础	(9)
§ 2.1 地图简介	(9)
2.1.1 地图的分类与坐标	(9)
2.1.2 地图的分幅与编号	(11)
§ 2.2 地图投影	(13)
2.2.1 地图投影的分类	(13)
2.2.2 高斯—克吕格投影	(15)
§ 2.3 地理信息系统的运行环境	(15)
2.3.1 地理信息系统的硬件环境	(15)
2.3.2 地理信息系统的软件环境	(22)
第三章 空间数据结构及编码	(25)
§ 3.1 空间数据特征与编码	(25)
3.1.1 空间数据的基本特点	(25)
3.1.2 空间数据的编码	(26)
§ 3.2 空间数据的拓扑关系	(27)
3.2.1 拓扑的基本概念	(27)
3.2.2 空间数据的拓扑关系	(28)
3.2.3 拓扑关系的关联表达	(30)
§ 3.3 栅格数据及其编码	(32)
3.3.1 栅格数据的特点	(32)
3.3.2 栅格数据的取值	(33)

3.3.3	栅格数据的获取	(34)
3.3.4	费尔曼链码	(35)
3.3.5	游程(行程)编码	(37)
3.3.6	块码	(38)
3.3.7	四叉树编码	(38)
3.3.8	三维空间信息的数据结构	(46)
§ 3.4	矢量数据及其编码	(47)
3.4.1	矢量数据的特点	(47)
3.4.2	矢量数据的获取	(47)
3.4.3	坐标系列编码	(48)
3.4.4	DIME 编码	(48)
3.4.5	多边形编码及拓扑关系的自动生成	(51)
§ 3.5	栅格数据结构与矢量数据结构的比较	(55)
第四章	空间数据库	(57)
§ 4.1	概述	(57)
§ 4.2	数据文件及其组织	(59)
§ 4.3	数据库的数据模型	(62)
4.3.1	传统的数据模型	(62)
4.3.2	面向对象的数据模型	(64)
§ 4.4	地理信息系统数据库	(66)
4.4.1	地理信息系统数据库的特点	(66)
4.4.2	地理信息系统数据库及其管理	(66)
第五章	空间数据的处理与分析	(69)
§ 5.1	概述	(69)
§ 5.2	空间数据的输入与编辑	(70)
5.2.1	空间数据源	(70)
5.2.2	空间数据的输入	(72)
5.2.3	空间数据的编辑	(73)
5.2.4	图幅的拼接与分割	(74)
§ 5.3	空间数据的坐标变换	(77)
5.3.1	坐标系及坐标变换	(77)
5.3.2	图形的几何变换	(79)
§ 5.4	矢量数据向栅格数据的转换	(83)
5.4.1	基本要素的转换	(84)
5.4.2	边界代数法	(87)
§ 5.5	栅格数据向矢量数据的转换	(88)
§ 5.6	空间数据的查询检索	(91)

§ 5.7 等值线分析·····	(92)
§ 5.8 空间数据的复合分析·····	(97)
5.8.1 复合分析的数学方法·····	(97)
5.8.2 视觉信息复合·····	(98)
5.8.3 叠置分析·····	(98)
§ 5.9 网络分析·····	(102)
§ 5.10 邻域分析·····	(105)
5.10.1 泰森多边形分析·····	(105)
5.10.2 缓冲区分析·····	(106)
§ 5.11 空间数据的插值·····	(109)
5.11.1 点插值·····	(109)
5.11.2 区域插值·····	(113)
§ 5.12 数字图象处理·····	(116)
5.12.1 图象数据·····	(116)
5.12.2 图象的增强·····	(118)
5.12.3 图象几何校正·····	(120)
5.12.4 图象的分割·····	(121)
5.12.5 图象的细化·····	(123)
§ 5.13 空间数据的输出与制图·····	(125)
5.13.1 输出图件的类型及方式·····	(126)
5.13.2 制图符号与注记·····	(128)
5.13.3 图面整饰及制图综合·····	(131)
 第六章 数字地面模型·····	 (132)
§ 6.1 概述·····	(132)
§ 6.2 DTM 数据的获取·····	(133)
§ 6.3 DTM 的建立·····	(136)
6.3.1 DTM 的数据结构·····	(136)
6.3.2 DTM 的建立·····	(141)
§ 6.4 DTM 因子的自动提取·····	(141)
§ 6.5 DTM 的显示输出·····	(144)
6.5.1 DTM 的平面图形输出·····	(144)
6.5.2 DTM 的三维输出·····	(145)
 第七章 网络地理信息系统·····	 (149)
§ 7.1 计算机网络·····	(149)
§ 7.2 Internet (因特网)·····	(150)
§ 7.3 Internet 的关键技术·····	(153)
7.3.1 计算机网络的互连与协议·····	(153)

7.3.2 客户机/服务器技术.....	(154)
7.3.3 Web 技术	(156)
7.3.4 Web 数据库	(161)
7.3.5 异构数据库互联	(162)
§ 7.4 网络地理信息系统	(164)
7.4.1 Web GIS 简介	(164)
7.4.2 Web GIS 系统	(168)
第八章 地理信息系统的应用.....	(171)
§ 8.1 概述	(171)
§ 8.2 地理信息系统的应用类型	(172)
§ 8.3 MapInfo 系统简介	(175)
§ 8.4 MapInfo 基本功能	(178)
§ 8.5 MapInfo 应用实例	(185)
第九章 3S 系统	(195)
§ 9.1 遥感 (RS) 简介	(195)
9.1.1 概述	(195)
9.1.2 卫星遥感系统	(196)
9.1.3 遥感图象数据处理	(197)
§ 9.2 全球定位系统 (GPS) 简介	(198)
9.2.1 概述	(198)
9.2.2 GPS 的组成	(199)
9.2.3 GPS 的应用及发展	(200)
§ 9.3 3S 技术	(201)
9.3.1 GIS 与 RS 的结合	(201)
9.3.2 RS 与 GPS 的结合	(204)
9.3.3 GPS 与 GIS 的结合	(204)
参考文献.....	(207)

第一章 概 论

§ 1.1 基本概念

地理信息系统 (GIS-Geographic Information System) 是 60 年代后期发展起来, 并引起世界各国广泛重视的新技术。它是介于信息科学, 空间科学和地球科学之间的交叉学科。它的发展, 同计算机技术, 遥感技术, 信息工程及现代地理学息息相关。目前, 同地球资源与环境有关的各学科中, 地理信息系统应用极为广泛。

1.1.1 信息和地理信息

1. 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, 以便向人们 (或系统) 提供关于现实世界新的事实知识, 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。客观性是指信息都与客观事实相关, 这是信息正确性和精确度的保证; 适用性是指从大量数据中收集、组织和管理有用的信息, 这是由建立信息系统目的性所决定的; 可传输性指信息可以在系统内或用户之间以一定形式或格式传送和交换。随着网络技术的发展, 信息的可传输性日益重要, 信息的共享性是信息可传输性带来的结果, 也就是信息可为多个用户共享。

信息来自数据, 数据是未加工的原始资料, 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, 从实地调查数据中抽取出各专题信息, 从遥感卫星图象数据中抽取各种图形和专题信息。

2. 地理信息 (Geographic Information) 是指与空间地理分布有关的信息, 它表示地表物体和环境固有的数据、质量、分布特征, 联系和规律的数字、文字、图形、图象等总称。

地理信息属于空间信息。它与一般信息的区别在于它具有区域性, 多维性和动态性。区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; 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。例如, 在一个地面点上, 可取得高程, 污染, 交通等等多种信息; 动态性是指地理信息的动态变化特征, 即时序特性。从而使地理信息常以时间尺度划分成不同时间段信息。这就要求及时采集和更新地理信息, 并根据多时相数据和信息来寻找时间分布规律, 进而对未来作出预测和预报。

客观世界是一个庞大的信息源, 随着现代科学技术的发展, 特别是借助近代数学, 空间科学和计算机科学, 人们已能够迅速地采集到地理空间的几何信息, 物理信息和人文信息, 并适时适地地识别、转换、存储、传输、显示并应用这些信息, 使它们进一步为人类服务。

1.1.2 信息系统和地理信息系统

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。

从计算机的角度看, 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系统。用户包括一般用户和从事系统建立、维护、管理和更新的高级用户。

由于计算机技术的飞速发展及计算机应用的普及, 不同问题领域的各种信息系统相继出现, 且种类繁多, 但从系统结构及处理方法看, 主要分为下列几种:

1. 管理信息系统 (MIS—Management Information System) 是一种基于数据库的回答系统, 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等。

2. 决策支持系统 (DSS—Decision Support System) 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 (IDSS—Intelligent Decision Support System) 是在决策支持系统中进一步引入人工智能 (AI, Artificial Intelligence) 技术。如: 专家系统 (ES—Expert System) 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 (SIS—Spatial Information System) 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, 使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。它是在计算机硬件与软件支持下, 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。

随着地理信息系统的应用, 而产生了多种相应系统。如自然资源管理信息系统 (Natural Resources Management Information System), 资源与环境信息系统 (Resources and Environment Information System), 土地资源信息系统 (Land Resources Information System), 空间数据处理系统 (Spatial Data Processing System), 空间信息系统 (Spatial Information System)。这些系统研究的对象不同, 但研究方法基本上是相似的。

地理信息系统是一门多技术交叉的空间信息科学, 它依赖于地理学、测绘学、统计学等基础性学科, 又取决于计算机硬件与软件技术、航天技术、遥感技术和人工智能与专家系统技术的进步与成就, 如图 1-1 所示。此外, 地理信息系统又是一门以应用为目的的信息产业。它的应用可深入到各行各业。

1.1.3 地理信息系统与其它相关技术的区别

为了更好地理解地理信息系统的基本概念, 以下就人们在理解上容易混淆的几个系统加以区别说明:

一、地理信息系统同 CAD (Computer Aided Design) 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。

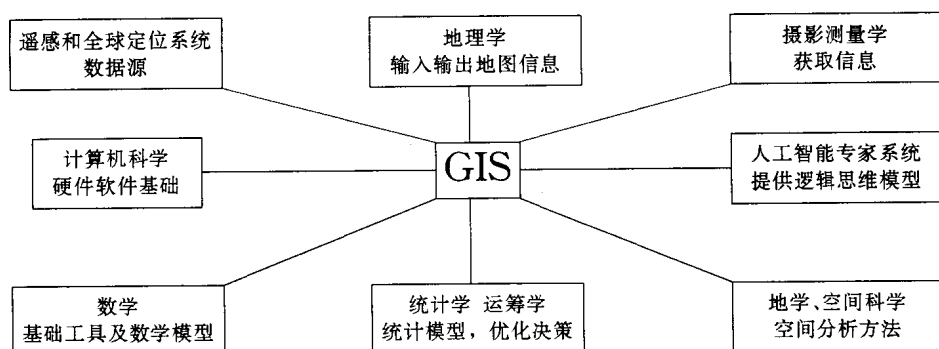


图1-1 地理信息系统与相关学科

地理信息系统处理的对象往往是自然目标（如某一区域土壤类型，地形等高线等），因此图形处理难度大，属性功能十分重要，图形和属性之间紧密联系，常具有丰富的属性库和符号库，它强调空间数据分析功能，且数据源及输入数据方法种类繁多，数据结构复杂。

一个功能很强的 CAD 软件，并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，以把 AUTOCAD 输入的图形数据传送给地理信息系统。美国 ESRI 公司和 AUTODESK 公司合作推出的 ARC-CAD，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 有机地结合起来。

二、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。它主要考虑地形，地貌和其它专题要素在图上的表示，并以数字形式将地图存储，管理和在绘图仪上输出。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，而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的结构和分析，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。

尽管利用数字地图的集合，可以建立一个数字地图库，并用数据库管理技术对其实现查询和检索功能，但它决不可能像地理信息系统那样提供出规划和决策方案。这是因为地理信息系统中往往根据不同专业要求配有相应的分析模型，因此它有很强处理分析能力。

实际上，数字地图及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来表现和输出。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的制图。

三、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及信息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，相对地简单得多。例如，电话管理系统可看作一个事务处理系统，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，通讯地址等信息，其功能着重查询

检索，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、输出装置，如数字化仪、扫描仪、绘图仪等。再有，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，运算速度等的要求相应也高。

1.1.4 地理信息系统的类型

地理信息系统应用面广，技术潜力大，且发展极为迅速，因此很难用一个固定方法进行分类。但是，通常可从下面几种角度来分类。

一、以研究对象性质和内容分类

1. 综合性地理信息系统。按国家统一标准，存储管理全国范围内的各种自然和社会经济数据的地理信息系统，或对全球气候、人口、资源进行存储管理的全球地理信息系统。如加拿大国家地理信息系统，中国自然环境综合信息系统等。

2. 专题性地理信息系统。指以某一专业，任务或现象为目标建立的地理信息系统，这种系统中数据项的内容及操作功能的设计都是为某一特定专业任务服务的。例如小流域综合治理地理信息系统，森林资源管理信息系统。

二、以研究对象分布范围分类

1. 全球性地理信息系统。这种系统研究区域范围往往涉及全球范围。如全球人口资源地理信息系统。

2. 区域性地理信息系统。指以某种区域（如行政区）为对象进行研究管理，规划的信息系统。如美国明尼苏达州土地管理信息系统，我国黄土高原地理信息系统等。

三、以地理信息系统应用功能分类

1. 工具型地理信息系统。地理信息系统是一个复杂庞大的空间管理信息系统。用地理信息系统技术解决实际问题时，有大量软件开发任务，如各用户重复开发对人力财力是很大的浪费。工具型地理信息系统为地理信息系统的使用者提供一种技术支持，使用户能借助地理信息系统工具中的功能直接完成应用任务，或者利用工具型地理信息系统，加上专题模型完成应用任务。目前国外已有很多商品化的工具型地理信息系统。如ARC/INFO, GENAMAP, MAPINFO, MGE 等。国内近几年正在迅速开发工具型地理信息系统，并取得了很大的成绩。

2. 应用型地理信息系统。应用型地理信息系统的开发分两类，一类是借助工具型地理信息系统开发的，另一类是为某专业部门应用自行开发的，这种系统的针对性明确，专业性强，系统开销小，适于在本专业中推广使用。

四、以地理信息系统数据结构类型分类

地理信息系统的数据结构直接影响它的输入、存储、管理及输出方法和手段。

1. 矢量数据结构地理信息系统。指以 x, y 坐标对来表示空间数据的点、线和面等图形的地理信息系统。

2. 栅格数据结构地理信息系统

指以二维数组来表示空间各象元特征的地理信息系统。

3. 混合数据结构地理信息系统

由于矢量数据结构地理信息系统和栅格数据结构地理信息系统的特点不同，适用范围不同，相互之间不能互相替代，因此出现了矢量数据结构和栅格数据结构并存的地理信息系统。

矢量栅格数据结合通常采用矢量和栅格数据相互间转换来实现。这方面出现了很多算法，但这种转换不仅花费时间，主要是经过转换后，使原始信息受到不同程度的损失。因此，研究者一直在探索和寻找一体化的数据结构，即混合数据结构，在这方面尽管取得了一些成绩，但技术尚不成熟。

§ 1.2 地理信息系统的结构与功能

1.2.1 地理信息系统的组成

地理信息系统主要由四部分组成：即计算机硬件系统，计算机软件系统，空间数据及系统的组织和人员即用户。其核心内容是计算机硬件和软件，空间数据反应了应用地理信息系统的信息内容，用户决定了系统的工作方式。如图 1-2 所示。

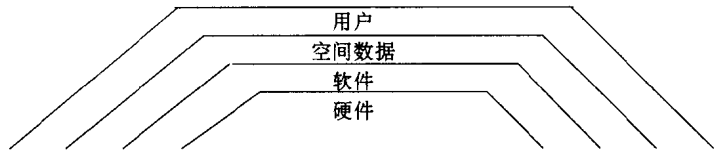


图1-2 地理信息系统的组成

一、计算机硬件系统

计算机硬件系统是计算机系统中实际物理设备的总称，主要包括计算机主机，输入设备，存储设备和输出设备。

二、计算机软件系统

计算机软件系统是地理信息系统运行时所必需的各种程序。包括：

1. 计算机系统软件。这些软件通常由计算机生产厂家提供。
2. 地理信息系统软件及其支撑软件。包括地理信息系统工具或地理信息系统实用软件程序，以完成空间数据的输入、存储、转换、输出及其用户接口功能等。
3. 应用程序。这是根据专题分析模型编制的特定应用任务的程序，是地理信息系统功能的扩充和延伸。一个优秀的地理信息系统工具，对应用程序的开发应是透明的。应用程序作用于专题数据上，构成专题地理信息系统的基本内容。

三、空间数据

空间数据是地理信息系统的重要组成部分，是系统分析加工的对象，是地理信息系统表达现实世界的经过抽象的实质性内容。它一般包括三个方面的内容：即空间位置坐标数据，地理实体之间空间拓扑关系以及相应于空间位置的属性数据。通常，它们以一定的逻辑结构存放在空间数据库中，空间数据来源比较复杂，随着研究对象不同，范围不同，类型不同，可采用不同的空间数据结构和编码方法，其目的就是为了更好地管理和分析空间数据。

四、系统使用管理和维护人员

地理信息系统是一个复杂的系统，仅有计算机硬件、软件及数据还不能构成一个完整的系统，必须要有系统的使用管理人员。其中包括具有地理信息系统知识和专业知识的高级应用人才；具有计算机知识和专业知识的软件应用人才以及具有较强实际操作能力的硬软件维

护人才。

1.2.2 地理信息系统的主要功能模块

地理信息系统软件一般由五部分组成，即空间数据输入管理、空间数据库管理、空间数据处理分析、空间数据输出管理及应用模型组成。它们之间关系见图 1-3：

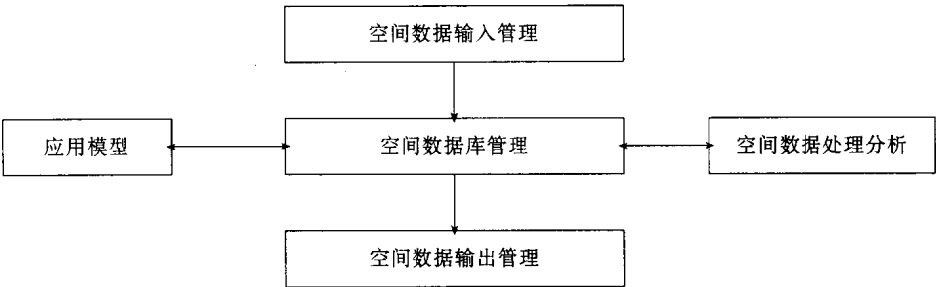


图1-3 地理信息系统的主要模块

一、空间数据输入管理

空间数据输入管理模块是相对独立的功能模块。它的目的是将地理信息系统中各种数据源输入，并转换成计算机所要求的数字格式进行存储。随着数据源种类的不同（如文本数据，数字数据和模拟数据等），输入设备的不同及系统选用数据结构及数据编码的不同，在数据输入部分配有不同的软件，以确保原始数据按要求存入空间数据库中。

通常，空间数据输入的同时，伴随着对输入数据处理，以实现对数据的校验和编辑。

二、空间数据库管理

同一般数据库相比，地理信息系统数据库不仅要管理属性数据，还要管理大量图形数据，以描述空间位置分布，以及拓扑关系。而且，属性数据和图形数据之间具有不可分割的联系。此外，地理信息系统中数据库的数据量大，涉及内容多，这些特点决定了它既要遵循常用关系型数据库管理系统来管理数据，又要采用一些特殊的技术和方法，来解决通常数据库没法管理的空间数据问题。由于地理信息系统数据库具有明显的空间性，所以亦称为空间数据库。如图 1-4 所示。

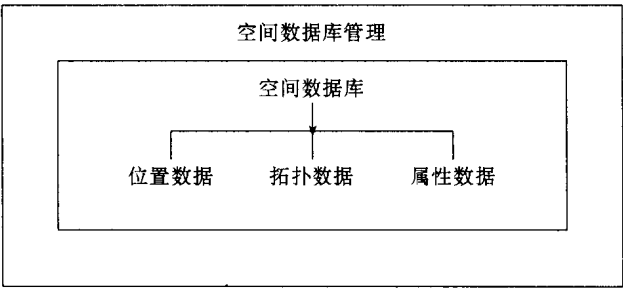


图1-4 空间数据库管理

三、空间数据处理和分析

空间数据处理和分析模块通常为地理信息系统提供一些基本和常用的处理和分析功能，其功能的强弱直接影响到地理信息系统应用范围。因此，这部分是体现地理信息系统功能强弱的关键部分。

四、应用模型

由于地理信息系统应用范围越来越广，常规系统提供的处理和分析功能很难满足所有用户的要求。因此一个优秀的地理信息系统应当为用户提供二次开发手段，以使用户开发新的空间分析模块，即开发各种应用模型，扩充地理信息系统功能。

五、空间输出数据管理

地理信息系统中输出数据种类很多，可能是输出地图、表格、文字、图象等；输出介质可以是纸、光盘、磁盘、显示终端等。随着输出数据类型不同和输出介质的不同需配备不同软件，最终向用户报告分析结果。

§ 1.3 地理信息系统的发展与前景

一、地理信息系统发展回顾

地理信息系统自 60 年代问世以来共经历了 60 年代摇篮时期，70 年代发展时期，80 年代趋于成熟时期，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。

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，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另一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，1966 年美国成立城市和区域信息系统协会 (URISA)，1969 年成立州信息系统全国协会 (NASIS)。此外，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技术，起了重要的指导作用。

70 年代是地理信息系统蓬勃发展的时期。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，图象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。这一段时间西方国家各级机构十分关心资源和环境问题，非常需要地理信息系统处理和分析大量的地理数据，这导致地理信息系统在自然资源开发、环境保护、土地利用及规划等领域的应用，这客观上给地理信息系统的发展提供了一个机遇。例如，从 1970 至 1976 年，美国地质调查局就建成 50 多个信息系统，作为地理、地质和水资源等领域空间信息的工具。其它如加拿大、联邦德国、瑞典和日本等国也相继发展了自己的 GIS。与此同时，一些商业公司也先后开发和销售地理信息系统。据统计在 70 年代大约有 300 多个系统投入使用。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。

80 年代是地理信息系统普及和推广应用阶段。这期间，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。期间，推出了图形工作站、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。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、模拟等决策工具相结合，应用不断向横向及纵向深入，并转向更

为复杂的区域开发。市场出现一些有代表性的软件如 ARC/INFO, IGDS/MRS, TIGRIS, SICAD, GENAMAP, MGE, SYSTEM9 等可在工作站或微机上运行。总之这时期,地理信息系统的技术日趋成熟。

进入 90 年代以来,随着微机的发展和数字化信息产品在全世界普及,地理信息系统应用已深入到各行各业。现在的问题不再是讨论是否使用地理信息系统,而是讨论如何利用地理信息系统获取经济效益及扩大应用范围和提高开发水平的问题。

地理信息系统在我国起步于 70 年代。80 年代进入全面试验阶段。进入 90 年代后,随着社会主义市场经济的发展,得到了前所未有的发展。“中国 GIS 协会”和“中国海外 GIS 协会”相继成立,并且出现一批从事地理信息学科和工程的高科技企业,开发出一批 GIS 软件。如: MAPGIS, GEOSTAR, CITYSTAR, VIEWGIS 等较流行的软件。

目前,地理信息系统实用化程度不断提高,商品化进程正在加快,国家计划部门正在研究制定地理信息产业发展战略及有关政策。国家科委已把地理信息系统、遥感及全球定位系统的综合应用列为“九五”期间国家 15 项重点科技攻关项目之一。

二、地理信息系统的发展趋向

地理信息系统技术的发展始终同计算机信息技术的发展息息相关,随着计算机技术领域面向对象技术,软件集成技术,网络技术的发展对地理信息系统的发展产生巨大的冲击力。

从总的系统角度看:随着技术的发展,地理信息系统将向着数据标准化,系统集成化,平台网络化和应用社会化方向发展。数据标准化使 GIS 市场从单纯的系统驱动转向数据驱动,意味着支持 GIS 工作的数据结构及数据交换格式的标准化,提供 GIS 工作基础数据接口的标准化。包括建立开放地理信息系统(Open GIS)的互操作标准,寻求驻网地理信息系统数据和空间数据处理服务的标准方法等。系统集成化意味着 GIS 软件部件的对象化,使 GIS 软件具有不同功能,可实现互操作和自我管理的软件组件。使数据不仅能在应用系统内流动,还能在系统间流动。通过面向对象技术和集成技术利用对象链接和嵌入技术 OLE(Object Linking and Embedding),开放式数据库互链技术 ODBC(Open Data Base Connectivity)等为用户提供简单,标准,透明的公共编程接口。平台网络化意味着 GIS 的工作平台将逐步从单机转入网络工作环境。GIS 引入互连网(Internet/Intranet)使 GIS 可实现网上发布,浏览,下载,实现基于 Web 的 GIS 查询和分析。应用社会化意味着 GIS 的应用范围将随着上述技术的发展不断拓宽,最终走入千家万户。

从系统内部的角度看:地理信息系统技术将逐步走向数据采集自动化,空间数据和属性数据组织的一体化,数据结构的标准化及空间分析功能的多样化。

从应用的角度看:GIS 的发展还有待于各种专业应用模型的开发。