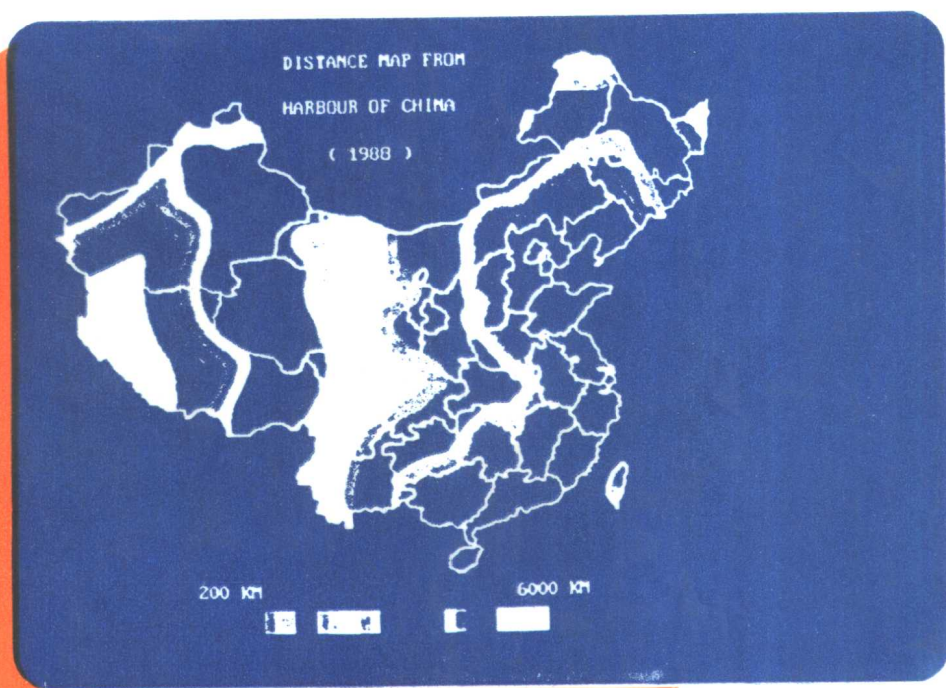


地理信息系统教程

邬伦 任伏虎 谢昆青 程承旗 编著



北京大学出版社

地理信息系统教程

邬 伦 任伏虎 谢昆青 程承旗 编著

北京大学出版社

新登字(京)159号

图书在版编目(CIP)数据

地理信息系统教程 / 邬伦等编著. — 北京: 北京大学出版社, 1994年6月
ISBN 7-301-02424-X

I. 地… II. 邬… III. ①地理—应用—信息系统 ②信息系统—应用—地理 IV. K909

书 名: 地理信息系统教程

责任者: 邬伦 任伏虎 谢昆青 程承旗

标准书号: ISBN 7-301-02424-X/K·909

出版者: 北京大学出版社

地 址: 北京大学校内

邮政编码: 100871

排 印 者: 北京大学印刷厂

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

版本记录: 787×1092毫米 16开本 13.25印张 327千字

1994年6月第一版 1994年6月第一次印刷

印数: 0001—3000册

定 价: 20.00元

内 容 简 介

地理信息系统(GIS)是一门介于信息科学、空间科学与地球科学之间的交叉学科与新技术学科,它将地学空间数据处理与计算机技术相结合,通过系统建立,操作与模型分析,产生对资源环境、区域规划、管理决策、灾害防治等方面的有用信息。它自六十年代出现以来,已得到迅速发展,成为现代地学的重要技术学科与量化途径之一。

本书以地学应用为背景,从实用角度出发,介绍运用系统科学、信息科学理论方法和计算机技术,进行地理空间数据采集、处理和管理,以及建立GIS与相关模型进行空间数值分析,综合评价的原理、方法与应用实例。全书由四部分内容组成:第一部分为GIS的基本概念;第二部分介绍GIS空间数据结构;第三部分介绍GIS的总体设计以及地理信息的输入、存贮管理、输出表示的技术方法与空间分析模型;第四部分介绍系统应用方法与实例。附录部分包括微机GIS-Tool SPACEMAN操作简介与实习指南,并有实习程序与教学系统软盘可供选配,特别适合于教学实习需要。

本书理论与实践结合紧密、结构严谨、算法充实、实例丰富、图文并茂、叙述方法深入浅出,便于教学与自学。特别是本书融合了作者编制完成的GIS工具软件SPACEMAN以及近10个应用系统的亲身实践,在微机GIS设计、应用与汉化等方面有独到之处,这不仅适应于GIS向小型、微型化发展的国际性趋向,也适合我国广大基层单位发展应用GIS的国情特点,因而,它具有很好的适用性,对实际工作者也有较高的参考价值。

目 录

第一章 概论	(1)
1.1 信息时代的地理学	(1)
1.2 地理信息系统的基本概念	(2)
1.2.1 信息、数据、系统、信息系统	(2)
1.2.2 地图与地理空间数据	(3)
1.2.3 地理信息系统的定义与类型	(4)
1.2.4 地理信息系统的构成	(6)
1.3 管理和规划对地理信息系统的要求	(9)
1.3.1 区域地理信息的表示与管理	(9)
1.3.2 区域空间指标和空间关系量测	(11)
1.3.3 区域综合分析	(12)
1.3.4 区域空间过程模拟和预测	(14)
1.4 地理信息系统的意义和特点	(14)
1.4.1 地理学第三代语言	(14)
1.4.2 定量与空间分析相结合的新型综合地理思维工具	(15)
1.4.3 地理信息系统区别于其他计算机软件系统的特点	(16)
1.5 地理信息系统发展简史及国内外主要系统简介	(17)
1.5.1 GIS 发展回顾	(17)
1.5.2 各时期 GIS 软件技术特点与功能	(20)
1.5.3 国内外主要 GIS 软件简介	(21)
1.6 地理信息系统的研究体系与发展方向	(22)
第二章 地理信息系统空间数据结构	(26)
2.1 数据库结构	(26)
2.2 空间数据结构及其编码	(29)
2.2.1 栅格数据结构及其编码	(29)
2.2.2 矢量数据结构及其编码	(36)
2.2.3 栅格结构与矢量结构的比较及其相互转换算法	(41)
2.2.4 属性数据编码	(49)
2.3 计算机数据组织	(49)
2.3.1 文件组织方法	(50)
2.3.2 文件组织形式	(50)
第三章 GIS 技术系统设计	(52)
3.1 系统总体设计	(52)
3.1.1 系统需求和可行性分析	(52)
3.1.2 软件设计	(59)
3.1.3 算法设计	(60)

3.2	数据结构设计	(65)
3.2.1	逻辑数据结构	(65)
3.2.2	物理存储结构	(66)
3.3	空间数据采集系统	(70)
3.3.1	数据采集方式	(71)
3.3.2	数据采集系统功能	(77)
3.3.3	输入系统的若干关键算法	(78)
3.4	空间数据库管理系统	(81)
3.4.1	图形、图像操作	(81)
3.4.2	属性数据库管理和空间信息查询检索模块	(84)
3.4.3	数字地形模型	(86)
3.5	空间模型分析系统	(91)
3.5.1	地学模型概述	(91)
3.5.2	地理信息系统分析模型建立方法与逻辑原理	(92)
3.5.3	信息复合模型	(94)
3.5.4	空间分析函数	(95)
3.5.5	综合评价模型	(97)
3.6	空间信息输出系统	(100)
3.6.1	基本输出方法概述	(100)
3.6.2	屏幕制图显示	(101)
3.6.3	打印制图输出系统	(102)
3.6.4	矢量绘图输出系统	(103)
3.6.5	属性数据制表输出	(104)
3.7	用户界面设计	(105)
第四章	地理信息系统应用	(106)
4.1	水土流失信息系统	(107)
4.1.1	概述	(107)
4.1.2	系统总体结构与工作流程	(108)
4.1.3	系统应用	(110)
4.2	县乡区域规划信息系统	(111)
4.3	区域环境质量现状评价	(116)
4.3.1	技术方法	(116)
4.3.2	湄洲海湾环境质量现状评价	(118)
4.3.3	结果评价	(122)
4.4	中国城市集聚趋势分析	(122)
4.4.1	概述	(122)
4.4.2	平均最近城市距离指标 DNC	(122)
4.4.3	平均最近城市距离与城市个数的相关关系	(124)
4.4.4	经济发展阶段对城市集聚的影响	(125)

4.4.5	城市集聚态势分析与预测	(125)
4.5	地貌信息系统与机助地貌制图	(127)
4.5.1	概述	(127)
4.5.2	地貌信息的内涵、地貌系统的特点与分析方法	(128)
4.5.3	地貌信息系统的基本内容与应用方法	(131)
4.5.4	定量地貌分析模型	(133)
4.5.5	机助地貌制图基本问题与方法	(136)
4.5.6	鄂尔多斯构造地貌机助分析与制图试验研究	(139)
4.6	遥感与地理信息系统结合的两个实例	(146)
4.6.1	遥感与 GIS 结合的途径探讨	(146)
4.6.2	杭州湾水温和悬浮物质监测——研究实例之一	(147)
4.6.3	陕甘宁构造地貌分析——研究实例之二	(149)
4.7	生态环境规划空间信息管理系统	(150)
4.7.1	Chengde—SIMSREEP 系统总体设计及实现	(151)
4.7.2	系统运行及效益分析	(153)
附录 1	教学实习指南	(155)
附录 2	微机地理信息系统工具 (SPACEMAN 3.0) 操作简介	(171)
参考文献	(203)

第一章 概 论

1.1 信息时代的地理学

地理学历史上的任何重大进展，都与人类的重要历史阶段紧密地联系在一起，如果说地理大发现和地理制图技术的革新促进了近代地理学的诞生，那么信息时代的到来，计算机技术和系统分析方法的应用则为现代地理学再现了广阔的前景。

地理学走进了信息时代，这个时代以信息资源的科学管理和充分利用为特性。信息时代的地理学，对地理信息的采集、管理、分析提出了更高的要求。可以说，地理决策的科学性，取决于对地理信息的获取和分析技术水平，于是地理信息系统技术应运而生。

现代地理学最重要的特征是对地理系统空间和过程的定量综合分析。地理空间是地理学永恒的主题，地理信息与其他信息的根本区别之一就在于其强烈的空间特性。现代地理学将空间分布与时间过程相结合，探求地理实体的空间分布格局及其成因和发展规律。六十年代至七十年代的地理学数量革命，将现代的数学方法广泛地引入了地理空间分析领域，用数学模型探索地表事物之间规律性的空间关系，力求定量和精确地确定空间过程，从而揭示地表事物的分布模式和空间关系，为生产布局服务。现代地理学的另一个显著特点是从系统的角度进行人地关系的研究，在讨论地区差异的同时，更重视在单一而有限的地理区域内，进行各种现象关系的分析研究，既要探求区域间的差异性和相似性，又要探索区域内部和更大的宏观区域的系统相关性。

地理学所面临的，是一个人文、经济、自然和社会组成的复杂的巨系统，是物质、能量和信息的统一体。地球是一个客观存在，这一客观实体与人类存在着广泛的信息联系，没有信息就没有统一的世界，信息传递是系统内部和系统之间相互作用的重要方式。地理学所要揭示的是一个物质世界，而地理学家感受到的却是一个现实的信息世界，地理学家所认识的地貌、土壤、植被、城市、区域都是地理实体向人类发送的信息，地理学家对这些信息进行分类、评价、分析，“去粗取精、去伪存真”，得到规律性的信息以指导决策，地理学事实上是基于这个与真实世界并存并且在信息意义上等价的信息世界，其信息场构成了我们的认识系统。地理信息系统就是要以地理信息世界模拟表达地理现实世界，用信息联系反映地理现象之间的联系，仿真各种自然的和地理思维的过程，完成现代地理学对地理空间和时间过程研究的艰巨任务。

地理系统是由相互联系的地理因素联结而成的统一体，包括资源、能源、交通、人口、科技、经济、政治、教育、流通、生态环境、管理、信息流动等多个方面，是一个复杂的多层次的开放性动态系统，地理系统具有一定的空间范围和时间演变规律，在一定时间内，地理系统具有稳定性和适应性，地理系统的状态和性质决定传输给它的能量、物质及其表现—地理信息，如何转化为新的物质、能量和信息。现代地理学就是要通过系统信息分析，通过决策和反馈，调控系统行为，以达到以最小的熵增代价取得最大的经济效益和社会效益的目的。地理学、系统理论和信息科学、计算机技术相结合发展起来的地理信息系统，为城

市和区域复杂系统的研究提供了强有力的工具。

1.2 地理信息系统的基本概念

1.2.1 信息、数据、系统、信息系统

信息 (information) 是近代科学的一个专门术语, 已广泛地应用于社会各个领域。关于信息有各种不同定义, 狭义信息论将信息定量地定义为“两次不定性之差”, 即指人们获得信息前后对事物认识的差别; 广义信息论认为, 信息是指主体 (人、生物或机器) 与外部客体 (环境, 其他人、生物或机器) 之间相互联系的一种形式, 是主体和客体之间的一切有用的消息或知识, 是表征事物特征的一种普通形式。

本书采用如下的定义: 信息是向人们或机器提供关于现实世界新的事实的知识, 是数据、消息中所包含的意义, 它不随载体的物理设备形式的改变而改变。

数据 (data) 是指某一目标定性、定量描述的原始材料, 包括数字、文字、符号、图形、形象以及它们能转换成的数据等形式。数据是用以载荷信息的物理符号, 在计算机化信息系统中往往与计算机系统有关。

信息与数据是不可分离的, 信息由与物理介质有关的数据表达, 数据中所包含的意义就是信息。数据是记录下来的某种可以识别的符号, 具体形式多种多样, 也可以由一种数据形式转换为其他数据形式, 但其中包含的信息的内容不会改变。数据是信息的载体, 但并不就是信息, 只有理解了数据的含义, 对数据做出解释, 才能得到数据中所包含的信息。对数据进行处理 (运算、排序、编码、分类、增强等) 就是为了得到数据中包含的信息, 人的知识、经验作用到数据上, 可以得到信息, 而获得信息量的多少, 与人的知识水平有关。

在地理信息系统中, 由系统建立者输入、机器存储的各种专题地图和统计数表都是包含丰富的地理空间信息和关于资源、环境和人文经济信息的数据; 系统软件是包含对空间数据编码解码和处理信息的可被计算机系统理解的二进制数据; 用户对地理信息系统发出的各种指令也是含有用户要求系统处理和输出数据信息的数据, 信息系统指约定的方式作出解释后, 得到用户指令信息, 对用户做出响应。因此, 地理信息系统的建立和运行, 就是信息 (或数据) 按一定方式流动的过程, 在本书以后的章节里, 将不再严格区分地使用“信息”和“数据”两个术语。

系统 (system) 是具有特定功能的、相互有机联系的许多要素 (element) 所构成的一个整体, 对计算机而言, 是为实现某些特定的功能, 由必要的人、机器、方法或程序按一定的相关关系联系起来进行工作的集合体, 内部要素之间的相互联系通过信息流实现。系统的特征由构成系统的要素及其相互之间的联系方式所决定。

信息系统 (information system) 是具有处理、管理和分析数据能力的系统, 它能够为单一的或有组织的决策过程提供有用的信息。

在计算机时代, 大部分重要的信息系统都部分或全部由计算机系统支持, 如目前流行的图书情报信息系统, 商业、服务业管理信息系统, 人事档案管理信息系统, 财务管理信息系统, 资源与环境信息系统等。

1.2.2 地图与地理空间数据

空间数据是指单个地或群体地以空间位置为参照的数据，地理空间数据是指人们观测地球得到的地球上某些位置上地物景观的空间数据。

空间位置可由以下两种方法表示：

(1) 专门位置表示法

通过空间实体与某种坐标系统的联系或与某些数据要素之间空间位置的联系来表示，即表示为绝对坐标和相对坐标。专门位置法可以表示：

① 表示小尺度空间现象的抽象的点或者大尺度空间现象的点，如城镇、高程控制点、交通网络的结点等；

② 具有线性特征的线段，如水系、公路等；

③ 有规则的面，如栅格、象元等；

④ 用于面状描述的不规则多边形，如土壤分布、植被类型、空间影响范围的表示等。

(2) 列名位置表示法

用名称或编码等可标识的数码表示，如邮政编码、街区地址、门牌号码等。它们只表示空间实体的组合和偶然的联系，本身并不能完整地表达空间位置，而需参照其他空间要素，如地图上地名、编码才能确定实体的空间位置。

地理空间数据可以用来描述地球上可更新与不可更新的自然资源、人类赖以生存的自然环境、人文经济与劳动力资源的有关信息，包括：地形地貌、土壤、岩石矿藏、植被、水、土地利用、行政界限、交通网络、政治分区、邮政区、公共设施位置、土地界限、土地价值、土地所有权、人口普查分区、人口分布、收入分配、经济区划、环境污染、疾病影响范围、自然灾害分布等。

空间数据表示了各种空间现象之间的空间关系，如邻接、距离、重叠、包含等，空间现象的其他属性也可以用数据表示，有时在一定程度上空间关系或属性隐含于数据结构中，可以根据数据记录格式和数据结构计算出来。本书的第二章将介绍两种常用的空间数据结构，一种是空间关系隐含的网格（栅格）结构，另一种是空间现象的属性隐含的矢量结构。

地理空间数据可以由位置组合变量的表格形式表示，也可以由相对位置在地图或图像上表示，在地理信息系统中最常用的就是以地图表示的地理空间数据。

地图是地理学家最常用的地理信息载体和地理语言，包括表示地表形态和地表地物分布（水系、植被和土质、居民点、交通网、国界和行政区划等）的普通地理图和地形图，以及详细客观地表示某种（或某些）自然要素或社会要素的专题地图。

苏联地图学家 K.A. 萨里谢夫将地图定义为：由数学所确定的经过概括并用形象符号表示的地理表面在平面上的图形，用其表示各种自然现象和社会现象的分布、状况和联系，根据每种地图的具体用途对所表示现象进行选择 and 概括，结果得到的图形叫做地图（map）。

这就是说，地图包括三个方面的内容：

① 由数学决定的结构，即必须首先确定地球表面上点的地理坐标或其他坐标与这些点在地图平面上的直角坐标或其他坐标之间的严格的映射函数关系。确定了这些函数关系，就可以利用地图来研究它所表示的地物的空产关系和开产

② 特殊的符号系统。地图采用便于空间定位的形式表示各种现象及其性质和相互关系

的专用图解符号，用于记录、转换和传递各种自然和社会现象的知识，从而在地图上构成客观实际的空间形象。

③ 现象表示的取舍和概括，或称为地图综合，这是由于地图图幅比例的限制和图解符号表示的可能性制约造成的，地图的用途也常需要对自然景观进行取舍和概括表示。

地图是一种图解图像，从地图上我们可以获得一个地区或整个地球表面的同一时间的空间表象，它们建立超地物形状、尺寸和相对位置的视觉形象，从而可从地图上得出地表景象的空间尺度，即空间坐标、长度、面积、高度和体积，除表示地物的数量和质量方面的特征外，地图还可表示出地物之间的空间联系和其他联系，即邻近性、包含性、叠置性、相对距离、从属关系、经济和交通方面的联系等等。

对于能够理解地图符号的使用者来说，地图是自然世界的一种模型，是制图人根据对自然世界的认识，用概括和简化的可视形式表示客观实际某些方面的结构，视图人通过对地图符号的理解，建立起地图所表示的客观实际的空间模型。这是一种思维模型，它的建立依赖于制图人和视图人对制图符号的“约定”，地图是制图人和视图人之间交流自然空间信息的图像载体。

地图表达的对象可以是具体的（如居民地植被、土壤等）和抽象的（如人口密度、工农业产值、影响范围）、现实的（如河网、道路、城市土地利用）和预期的（如规划的灌溉网、规划的道路和土地利用规划）。更为重要的是，地图还可表示自然现象的发生发展过程，表达其空间上的变化和时间上的发展，如表示城市化过程的城市扩散图、土地利用变化图，反映土壤侵蚀速率图等。

由于地图具有表达空间地理信息精确、简洁、丰富、动态、灵活等特点，地图成为地学工作者普遍使用的第二代地理语言，也成为地理信息系统的最重要的数据源。事实上，地图也是地理信息系统向用户输出信息的重要形式之一。

1.2.3 地理信息系统的定义与类型

地理信息系统简称 GIS (Geographical Information System)，也称作土地资源信息系统 (Land Resources Information System)，在我国有时也称为资源与环境信息系统 (Natural Resources and Environment Information System)。类似的名称还有许多，但研究对象、研究方法基本上是一致的，地理信息系统主要是用于理论研究和探索中所用的名词，而其他名称则用于倾向应用目的的具体系统。

地理信息系统，是六十年代开始迅速发展起来的地理学研究新技术，是多种学科交叉的产物。地理信息系统是以地理空间数据库为基础，采用地理模型分析方法，适时提供多种空间的和动态的地理信息，为地理研究和地理决策服务的计算机技术系统，具有以下三个方面的特征：

- 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。计算机系统的支持是 GIS 的重要特征，使 GIS 得以快速、精确、综合地对复杂的地理系统进行空间定位和

过程动态分析。

地理信息系统的外观，表现为计算机软硬件系统；其内涵却是由计算机程序和地理数据组织而成的地理空间信息模型，一个逻辑缩小的、高度信息化的地理系统，从视觉、计量和逻辑上对地理系统从功能上进行模拟，信息的流动以及信息流动的结果，完全由计算机程序的运行和数据的变换来仿真，地理学家可以在 GIS 支持下提取地理系统各不同侧面、不同层次的空间和时间特征，也可以快速地模拟自然过程的演变或思维过程的结果，取得地理预测或“实验”的结果，选择优化方案，这种信息模拟是几乎没有什么代价的，可以避免错误的决策带来的损失。

当具有一定地学知识的用户使用地理信息系统时，他面对的就不再是毫无意义的数据库，而是由空间数据组成的现实世界的一个抽象模型，它比地图所表达的自然世界模型更为丰富和灵活，用户可以按应用的目的观察这个现实世界模型的各方面的内容，也可以提取这个模型所表达现象的各种空间尺度指标。更为重要的是，他可以将自然发生或思维规划的过程加在这个数据模型之上，取得对自然过程的分析 and 预测的信息，用于管理和决策，这就是地理信息系统的深刻内涵。

地理信息系统按其内容可以分为三大类：

① 专题信息系统 (Thematic Information System)，是具有有限目标和专业特点的地理信息系统，为特定的专门目的服务，如森林动态监测信息系统、水资源管理信息系统、矿产资源信息系统、农作物估产信息系统、草场资源管理信息系统、水土流失信息系统等。

② 区域信息系统 (Regional Information System)，主要以区域综合研究和全面的信息服务为目标，可以有不同的规模，如国家级的、地区或省级的、市级和县级等为各不同级别行政区服务的区域信息系统，也可以按自然分区或流域为单位的区域信息系统。区域信息系统如加拿大国家信息系统、美国橡树岭 (Oakridge) 地区模式信息系统、美国圣地亚哥县信息系统、我国黄河流域信息系统等。

许多实际的地理信息系统是介于上述二者之间的区域性专题信息系统，如北京市水土流失信息系统、海南岛土地评价信息系统、河南省冬小麦估产信息系统等。

③ 地理信息系统工具或地理信息系统外壳 (GIS - Tool)，地理信息系统工具是一组具有图形图像数字化、存贮管理、查询检索、分析运算和多种输出等地理信息系统基本功能的软件包。它们或者是专门设计研制的，或者在完成了实用地理信息系统后抽取掉具体区域或专题的地理空间数据后得到的，具有对计算机硬件适应性强、数据管理和操作效率高、功能强且具有普遍性并易于扩展、操作简便、容易掌握、适于用来作为地理信息系统支撑软件以建立专题或区域性的实用性信息系统，也可用作教学软件。由于地理信息系统软件设计技术要求较高，而一般地学工作者的软件编制能力不足以编制十分复杂的系统软件，况且重复编制比较复杂的基础软件也造成人力的极大浪费，因此采用地理信息系统工具，加入与具体任务有关的空间数据并开发相应的应用软件，无疑是建立实用地理信息系统的一条捷径。目前地理信息系统工具的研制还不十分成熟，在功能覆盖、应用程序接口、硬件适应面和使用灵活性上还不能满足所有领域不同层次的需要，但随着人们对它的重视和研究工作的开展，水平会大大提高，成为类似通用的数据库管理系统 (如 dBASE III 等) 的软件工具。

国内外已在不同档次的计算机设备上研制了一批地理信息系统工具，如美国环境系统研究所研制的在 VAX 系列机上运行的 ARC/INFO 和适用于 PC 机的 Micro-ARC/INFO 系

统，美国耶鲁大学森林与环境研究学院的 MAP (Map Analysis Package) 系统，建立在工作站上的 Intergraph，以及作者研制的微机地理信息系统工具 SPACEMAN 等。

在通用的地理信息系统工具支持下建立实用信息系统，可以节省软件开发的人力物力财力，缩短系统建立周期，提高系统技术水平，使地理信息系统技术易于推广，也使广大地学工作者把更多的精力投入高层次的应用模型开发上，这种工作方法正为越来越多的地学工作者所接受。

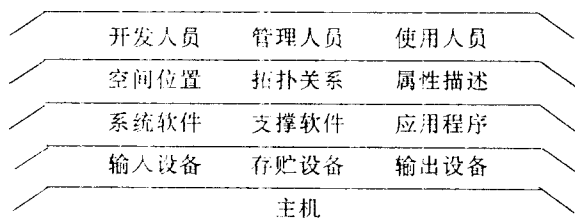


图 1-1 地理信息系统的构成

1.2.4 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。系统构成如图 1-2 所示。

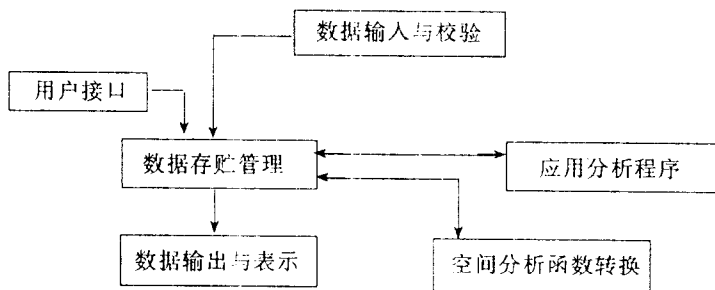


图 1-2 GIS 软件包

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：

- ① 计算机主机；
- ② 数据输入设备：图形数字化仪、图像扫描仪、键盘、通讯端口等；
- ③ 数据存贮设备：软盘、硬盘、磁带、光盘及相应的驱动设备；
- ④ 数据输出设备：图形/图像显示器、矢量/栅格绘图机、行式/点阵打印机等。

2. 计算机软件系统

指 GIS 运行所必需的各种程序，通常包括：

(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 工具系统或专门开发的 GIS 软件包，也可包括数据库管理系统、计算机图形软件包、CAD、图像处理系统等，用于支持对空间数据输入、存贮、转换、输出和与用户接口。

① 数据输入与校验：通过各种数字化设备将各种已存在的地图数字化，或者通过通讯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。

数据校验即通过观察、统计分析和逻辑分析检查数据中存在的错误，并通过适当的编辑方式加以改正。

② 数据存贮与管理：数据存贮和管理内容包括空间景物的位置、相互间联系以及它们的地理意义（属性）的结构和组织，以及数据格式的选择和转换、数据压缩编码、数据的联接、查询、提取等。

③ 空间分析函数转换与空间指标量测：指对单幅或多幅专题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象元的空间函数，如基于象元的算术运算、逻辑运算或繁类分析等；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，如象元连通性、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：输出与表示是指将地理信息系统内的原始数据或经过系统分析、转换、重新组织的数据以某种用户可以理解的方式提交给用户：经过颜色的调配，尺寸缩放，边框注记和其他附加信息产生，表格格式安排，图形的分割、拼接、复合，数据的排序等输出处理，以地图、表格、数字或曲线的形式表示于某种介质上。可采用 CRT (Cathode Ray Tube) 显示器、胶片拷贝、点阵打印机、笔式绘图仪等作为输出设备，也包括将结果数据记录于磁存贮介质设备或通过通讯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和程序，系统通过菜单和命令解释方式接收、解释并运行完成用户要求任务的系统程序。用户自行编制的应用程序可以是调用系统功能的批处理程序，也可以是处理系统数据的分析程序，用户接口模块可接纳用户开发的应用程序，并提供系统与用户程序的数据接口。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

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，与系统的物理存贮结构无关，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、社会和人文经济景观数据，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、磁带机或其他系统通讯输入 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。空间数据的概念已在前面介绍过了，地理信息系统的数据库模型包括三个互相联系的方面：

(1) 某个已知坐标系中的位置

即几何坐标，标识地理景观在自然界或包含某个区域的地图中的空间位置，如经纬度、平面直角坐标、极坐标等，采用数字化仪输入时常采用数字化仪直角坐标或屏幕直角坐标。

(2) 实体间的空间相关性

即拓扑关系 (topology)，表示点、线、网、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 (图 1-3a)，边界线与面实体间的构成关系 (图 1-3b)，面实体与岛或内部点的包含关系等 (图 1-3c)。空间拓扑关系对于地理空间数据的编码、录入、格式转换、存贮管理、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。

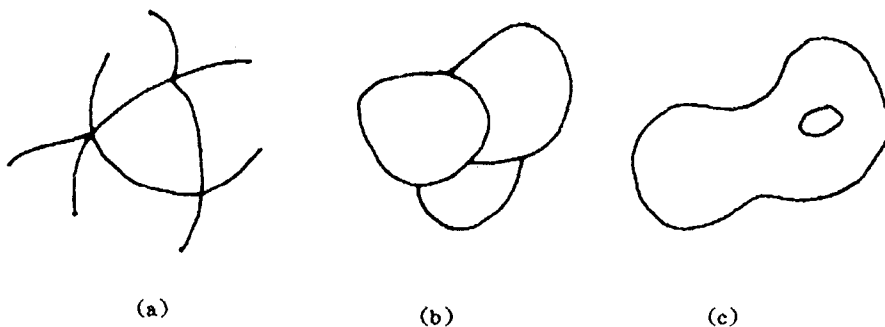


图 1-3 几种典型的拓扑关系

(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的两种，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、行政区划等，定量的属性如面积、长度、土地等级、人口数量、降雨量、积温、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，关于这一点，本书在以后的章节中还将进一步详细阐述。

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，成

为地理学研究和资源与环境管理的重要工具。

4. 系统开发、管理和使用人员

人是 GIS 中的重要构成因素，GIS 不同于一幅地图，而是一个动态的地理模型，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。

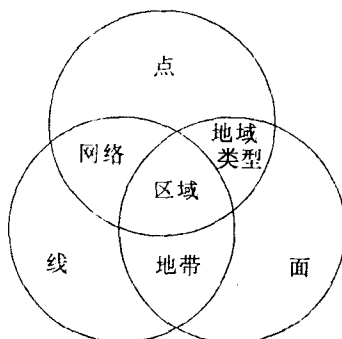


图 1-4 点、线、面实体及其组合

1.3 管理和规划对地理信息系统的要求

地理信息系统的任务，就是对地球表层人文经济和自然资源及环境多种信息进行综合管理与分析，也即城市和区域信息系统的适应与信息分析。

城市与区域研究是地理学的最核心的课题之一

区域是按特定目的、根据一定的原则划分出来的客观存在的地理景观综合体，占有一定的位置上的地理空间，是连通的、封闭的和有界的。

区域研究就是用定性和定量的空间分析方法，从自然、社会和人文经济各方面综合地研究区域自然环境和经济地理要素的空间分布、空间结构、空间联系和空间过程演变规律，为区域经济发展服务。

城市是所在区域的政治、经济、文化中心，二者具有千丝万缕的联系，共存共荣，城市的产生和发展离不开区域基础，区域的规模、特征就是城市产生和发展的母体，区域的发展特征也与城市发展方向、规模和职能相联系，区域养育城市，城市代表并推动区域的发展，因此，研究区域必须考查区域内的城市和城市群体的特征，城市研究也离不开区域的背景，必须进行系统的综合研究。

城市与区域研究要求地理信息系统在信息表示、管理和分析等方面满足其空间、动态、定量和综合性的要求。

1.3.1 区域地理信息的表示与管理

1. 空间数据结构

区域内地理实体或景观表现为多种空间类型，可大致抽象为点、线、面三种类型。点具有几何确定位置，在针对相对位置或宏观的空间分析中，将某些具有一定空间的地理实体

(如城市)抽象为点,也用来表示地理线的起点、终点和交点;线具有一定的走向和长度,表示线状地物或点之间的地理联系,最重要的线状地物为交通线;面具有确定的范围和形态,表示空间连续分布的地理景观或作用范围。点、线结合组成网络;线、面结合成为地带;面、点结合而成地域类型;点、线、面组成区域。如图1-4。

用于城市和区域研究的地理信息系统必须有效地表示地理空间上的点、线、面实体。其数据拓扑结构由以下四个级别组成:

① 点 (point): 由一对平面坐标表示,至少具有一个属性;

② 弧 (arc): 相同属性点的轨迹,由坐标集合的数据链表示,其上每个点有不多于两个邻点,具有一个或多个属性;

③ 多边形 (polygon): 相同属性点的轨迹,由坐标集合的数据链组表示,其内各点可以有多于两个邻点,具有一个或多个属性;

④ 数据平面 (plane): 由表示点的坐标数据、表示弧的数据链和表示多边形的数据链组通过索引相联系形成的数据文件表示。

弧可以用来表示地理线,多边形用来表示地理面,数据平面用来表示空间区域内某一方面的要素内容。

空间地理要素的表示是空间指标量测和空间关系检测的数据结构基础。

地形地貌是区域自然条件的重要因素,是一切地表景观的地理基础,因此DEM(数字高程模型)是任何区域GIS数据库中不可缺少的内容,由于高程是连续变化的,为便于存贮和分析,通常采用栅格结构或三角网表示DEM有较高的效率。

对于城市与区域研究来讲,数据结构的考虑要适合于区域地理信息的表示和分析,有时可能会造成技术上的困难,但技术要服从地理学的要求。

2. 图形-属性联系

城市与区域研究具有高度综合性,涉及自然、社会、人文经济等多方面的要素,因此GIS不仅要采用几何图形表示空间位置信息,还必须以属性方式表示图形的地理意义。属性可以是定性的名称、类型和特征等,也可以是定量表示的数量和等级。图形和属性是地理模型抽象的产物,图形是几何的抽象,属性是概念和度量的抽象,二者之间存在有机的联系。GIS图形和属性通过结构和操作建立联系,既可独立地进行某一方面的管理和运算,也支持图形属性统一的逻辑操作,支持对人文经济活动进行空间分析的要求,具体表现为一种双向式联系,既可以在属性意义上进行空间查询和分析,又可以空间定位地进行属性列表、统计运算和属性信息处理,并支持图形-属性空间分析模型。属性的图形基础可以是地理景观单元,也可以是空间坐标象元,视研究任务而定。

目前正在发展一种面向对象的数据库(Object-Oriented Database),根据地理景观的结构特点设计空间数据结构,实现属性和图形在数据结构上的统一,更适合区域地理结构的表示。

3. 城市与区域信息管理

城市与区域研究对GIS信息管理提出如下要求:

① 系统需求广泛,用户较多而背景各异,城市与区域研究涉及众多的地理变量,数据项的选择应符合区域模型,要素过多会拖长系统建立和数据更新周期,失去动态性特点,要素不足不利于全面的综合分析。此外,区域地理要素既相互关联,在形态和类型上又很不一