

地理信息系统 基础教程

万剑华 曲国庆 王心众 丁宁 编著



石油大学出版社

地理信息系统基础教程

万剑华 曲国庆 王心众 丁 宁 编著

石油大学出版社

内 容 提 要

本书系统介绍了地理信息系统的基础理论和方法。全书共分八章,内容包括:地理信息系统概述;空间数据结构特征及编码;地理数据库;空间数据的处理与管理;地理信息系统的数据分析与输出;地理信息系统的设计、评价与标准化;计算机网络技术与地理信息系统;常用 GIS 基础软件简介。

本书可作为高等学校开设的地理信息系统课程教材,亦可作为从事地理信息系统及其相关工作的教学、科研及 GIS 工程建设人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

地理信息系统基础教程/万剑华等编著. —东营:石油
大学出版社,2000.12

ISBN 7-5636-1370-6

I.地... II.万... III.地理信息系统-教材
IV.P91

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 73576 号

书 名: 地理信息系统基础教程

编 著: 万剑华 曲国庆 王心众 丁 宁

责任编辑: 李 锋 (电话 0546—8392787)

封面设计: 孟卫东

出版者: 石油大学出版社(山东 东营,邮编 257061)

网 址: <http://sunctr.hdpu.edu.cn/~upcpres>

电子信箱: ylbian@sunctr.hdpu.edu.cn

印刷者: 青岛胶南印刷厂

发 行 者: 石油大学出版社(电话 0546—8392563)

开 本: 787×1092 1/16 印张:14.75 字数:378 千字

版 次: 2001 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

印 数: 1—2200 册

全书定价: 35.00 元

前 言

地理信息系统(Geographic Information System,简称GIS)是以地理空间数据库为基础,在计算机硬、软件环境的支持下,对空间相关数据进行采集、管理、操作、分析、模拟和显示,适时提供空间和动态的地理信息,为决策服务的一类信息系统。地理信息系统是集计算机科学、地理学、测绘遥感学、环境科学、城市科学、空间科学、信息科学、应用数学、管理科学为一体的高新技术,在国外已成为一种蓬勃发展的新兴产业,在国内也日益受到各级政府和产业部门的高度重视。目前,GIS已广泛应用于农业、林业、地矿、交通、通讯、城市与区域规划、资源管理、环境监测、灾害评估等众多领域,成为社会可持续发展的有效的辅助决策支持工具。地理信息系统作为一项新的信息技术,在经济管理和决策支持方面以及科学研究领域等都有着非常广阔的应用前景和强大的生命力。

目前,我国有许多大学、科研机构和应用部门正在从事地理信息系统方面的教学、研究和应用开发工作。为迎接我国地理信息系统建设高潮的到来和适应社会的需求,作者在参阅了国内外有关地理信息系统的教材、专著和论文基础上编写了本书。

本书共分八章,内容包括:地理信息系统概述;空间数据结构特征及编码;地理数据库;空间数据的处理与管理;地理信息系统的数据分析与输出;地理信息系统的设计、评价与标准化;计算机网络技术与地理信息系统;常用GIS基础软件简介。本书可作为高校开设的地理信息系统课程教材,亦可作为从事地理信息系统及其相关工作的教学、科研及GIS工程建设人员的参考书。

本书由石油大学(华东)万剑华、王心众,淄博学院曲国庆,山东建筑工程学院丁宁联合编写,山东建筑工程学院崔健参加了编写工作。全书由万剑华统稿。

在本书编写过程中,得到了原武汉测绘科技大学李德仁院士、边馥苓教授、潘正风教授的指导,在此表示深深的感谢。

限于作者水平,书中难免有不足甚至错误之处,敬请读者批评指正。

编 者

2000年7月16日于石油大学

目 录

第一章 地理信息系统概述	(1)
§ 1-1 地理信息系统的基本概念	(1)
§ 1-2 地理信息系统的组成	(4)
§ 1-3 地理信息系统的基本功能	(9)
§ 1-4 地理信息系统的研究内容和相关学科	(15)
§ 1-5 地理信息系统的发展	(19)
第二章 空间数据结构及编码	(23)
§ 2-1 空间数据特征与编码	(23)
§ 2-2 空间数据的拓扑关系	(25)
§ 2-3 栅格数据结构	(29)
§ 2-4 矢量数据结构	(36)
§ 2-5 数据结构的比较和转换	(40)
第三章 地理数据库	(47)
§ 3-1 数据库概述	(47)
§ 3-2 地理数据库	(50)
§ 3-3 面向对象的地理数据模型	(55)
§ 3-4 地理数据库的设计、建立和维护	(60)
第四章 空间数据的处理与管理	(65)
§ 4-1 空间数据的输入与编辑	(65)
§ 4-2 空间数据管理	(68)
§ 4-3 空间数据的质量与表示	(81)
第五章 地理信息系统的数据分析与输出	(87)
§ 5-1 空间数据的查询检索	(87)
§ 5-2 基于矢量数据的空间分析	(89)
§ 5-3 基于栅格数据的空间分析	(100)
§ 5-4 数字地面模型与地形分析	(102)
§ 5-5 属性数据的统计分析	(116)
§ 5-6 地图动画及其在空间分析中的应用	(118)
§ 5-7 空间数据的输出与制图	(122)
第六章 地理信息系统的设计、评价与标准化	(128)
§ 6-1 地理信息系统设计的步骤	(128)
§ 6-2 用户需求分析	(130)

§ 6-3	地理信息系统的逻辑设计模型	(133)
§ 6-4	地理信息系统硬件选配与软件设计	(135)
§ 6-5	数据库录入与存储设计	(139)
§ 6-6	地理信息系统评价	(141)
§ 6-7	地理信息系统的标准化	(142)
第七章	计算机网络技术与地理信息系统	(150)
§ 7-1	计算机网络基础	(150)
§ 7-2	网络地理信息系统的组合方式	(159)
§ 7-3	网络地理信息系统的概念设计	(162)
§ 7-4	地理信息系统网络规划与实施	(166)
§ 7-5	地理信息系统网络工程应用实例	(172)
第八章	常用 GIS 基础软件简介	(175)
§ 8-1	ARC/INFO 概述	(175)
§ 8-2	ARC/INFO 数据组织	(183)
§ 8-3	ARC/INFO 系统基本操作	(188)
§ 8-4	ARC/INFO 系统应用	(195)
§ 8-5	MGE 简介	(202)
§ 8-6	MapInfo 简介	(209)
附录一	国外八种主要 GIS 软件的基本情况与基本功能一览表	(213)
附录二	常用专业名词英汉对照	(219)
参考文献	(228)

第一章 地理信息系统概述

§ 1-1 地理信息系统的基本概念

一、信息与数据

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,有各种不同的定义,狭义信息论将信息定义为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、生物和机器)与外部客体(环境,其他人、生物和机器)之间相互联系的一种形式,是主体和客体之间一切有用的消息和知识,是表征事物特征的一种普遍形式。

本书则采用如下定义,即信息是向人们或机器提供关于现实世界各种事实的知识,是数据、消息中所包含的意义,它不随载体的物理形式的各种改变而改变。信息具有如下的特点:①信息的客观性,任何信息都是与客观事物紧密相联系的;②信息的适用性,信息对决策是十分重要的,建立地理信息系统的目的就是为生产、管理和决策服务,因而信息具有适用性;③信息的传输性,信息可以在信息发送者和接受者之间传输,既包括系统把有用信息送至终端设备(包括远程终端),和以一定形式提供给有关用户,也包括信息在系统内各子系统之间的传输和交换;④信息的共享性,信息与实物不同,它可以传输给多个用户,为多个用户共享,而其本身并无损失。以上这些特点,使信息成为当代社会发展的一项重要资源。

数据(Data)是通过数字化或直接记录下来的可以被鉴别的符号。不仅数字是数据,而且文字、符号和图像也是数据。数据是用以载荷信息的物理符号,在计算机化的地理信息系统中,数据的格式往往和具体的计算机系统有关,随载荷它的物理设备的形式而改变。数据只有对实体行为产生影响时才成为信息。例如同样的数据“1”和“0”,当用来表示某一种实体在某个地域内存在与否时,它就提供了有(用1表示)无(用0表示)的信息。在绘图矩阵中表示绘线或不绘线时,它就提供抬笔落笔的信息等等。地理信息系统的建立,首先是收集数据,然后对数据进行处理,即对数据进行运算、排序、转换、分类、增强等,其目的就是为了得到数据中包含的信息。对同一数据每个人的解释可能不同,因而获得信息量的多少与人的知识水平和经验有关。

信息与数据虽然有词义上的差别,但信息与数据是不可分离的,即信息是数据的内涵,而数据是信息的表达。也就是说,数据是信息的载体,只有理解了数据的含义,对数据作解释才能得到数据中所包含的信息。地理信息系统的建立和进行,就是信息(或数据)按一定方式流动的过程,在通常情况下,“信息”和“数据”两个术语的区分并不严格。

二、地理信息、信息系统与地理信息系统

1. 地理信息

地理信息是指表征地理系统诸要素的数量、质量、分布特征、相互联系和变化规律的数字、文字、图像和图形等的总称。从地理数据到地理信息的发展,是人类认识地理事物的一次飞跃。地球表面的岩石圈、水圈、大气圈和人类活动等是最大的地理信息源。地理科学的一个重要任务就是迅速地采集到地理空间的几何信息、物理信息和人为信息,并适时地识别、转换、存储、传输、再生成、显示、控制和应用这些信息。

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,这是地理信息区别于其他类型信息的最显著的标志。地理信息的这种定位特征,是通过经纬网或公里网建立的地理坐标来实现空间位置的识别。地理信息还具有多维结构的特征,即在二维空间的基础上实现多专题的第三维结构,而各个专题型实体型之间的联系是通过属性码进行的,这就为地理系统各圈层之间的综合研究提供了可能,也为地理系统多层次的分析和信息的传输与筛选提供了方便。地理信息的时序特征十分明显,因此可以按照时间尺度将地理信息划分为超短期的(如台风、地震)、短期的(如江河洪水、秋季低温)、中期的(如土地利用、作物估产)、长期的(如城市化、水土流失)、超长期的(如地壳变动、气候变化)等。地理信息的这种动态变化的特征,一方面要求地理信息的获取要及时,并定期更新;另一方面要从其自然的变化过程中研究其变化规律,从而作出地理事物的预测与预报,为科学决策提供依据。认识地理信息的这种区域性、多层次性和动态变化的特征对建立地理信息系统,实现人口、资源、环境等的综合分析、管理、规划和决策具有重要意义。

2. 信息系统

系统是具有特定功能的相互有机联系的许多要素所构成的一个整体。如计算机系统就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,计算机内部要素之间的相互联系通过信息流(或数据流)得以实现。

所谓信息系统是指具有对数据进行采集、存储、管理、分析和再现功能并且可以回答用户一系列问题的系统。在辅助决策过程中,信息系统可提供有用的信息。从计算机科学角度来看,信息系统是由计算机硬件、软件、数据和用户四个主要要素组成的,如图书情报信息系统、经营信息系统、企业管理信息系统、财务管理信息系统、人事档案信息系统、空间信息系统和其他一些信息系统等。其中,空间信息系统是一种十分重要而又与其他类型信息系统有显著区别的信息系统,因为它所要采集、管理、处理和更新的是空间信息。因此,这类信息系统在结构上比其他一般信息系统复杂得多,在功能上也较其他信息系统强得多。

3. 地理信息系统

地理信息系统是以地理空间数据库为基础,在计算机软、硬件的支持下,对空间相关数据进行采集、管理、操作、分析、模拟和显示,并采用地理模型分析方法,适时提供多种空间和动态的地理信息,为地理研究和地理决策服务而建立起来的计算机技术系统。因此,地理信息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。

(2) 以地理研究和地理决策为目的,以地理模型方法为手段,具有空间分析、多要素综合分析和动态预测的能力,并能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的重要的特征,它能够使GIS快速、精确、综合地对复杂的地理系统进行空间定位和动态分析。

地理信息系统从外部来看,表现为计算机软、硬件系统,而其内涵则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,是一个逻辑缩小的、高度信息化的地理系统。信息的流动及信息流动的结果,完全由计算机程序的运行和数据的交换来仿真,地理学家可以在GIS支持下提取地理系统不同侧面、不同层次的空间和时间特征信息,也可以快速地模拟自然过程的演变和思维过程,取得地理预测和实验的结果,选择优化方案,避免错误决策。

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,而是空间数据组成的客观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测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,它可以将自然
发生或人为规划的过程加在这个数据模型上,取得自然过程的分析和预测的信息,用
于管理和决策,这就是地理信息系统的深刻的内涵。

与一般的管理信息系统相比,地理信息系统具有以下特征:

(1) 地理信息系统在分析处理问题中使用了空间数据与属性数据,并通过数据库管
理系统将两者联系在一起共同管理、分析和应用,从而提供了认识地理现象的一种新
的思维方法;而管理信息系统则只有属性数据库的管理,即使存储了图形,也往往以
文件等机械形式存储,不能进行有关空间数据的操作,如空间查询、检索、相邻分析
等,更无法进行复杂的空间分析。

(2) 地理信息系统强调空间分析,通过利用空间解析式模型来分析空间数据模型。
地理信息系统的成功应用依赖于空间分析模型的研究与设计。

(3) 地理信息系统的成功应用不仅取决于技术体系,而且依靠一定的组织体系(包
括实施组成、系统管理员、技术操作员、系统开发设计者等)。

(4) 虽然信息技术对地理信息系统的发展起重要的作用,但是实践证明,人的因素
在地理信息系统的发展过程中越来越具有重要的影响作用,地理信息系统许多的应用
问题已经超出了技术领域的范畴。

地理信息系统按其内容可以分为三大类:

(1) 专题地理信息系统(Thematic Geographic Information System)。是具有有限目标
和专业特点的地理信息系统。为特定的专门的目的服务,如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、环境管理信息系统等。

(2) 区域地理信息系统(Regional Geographic Information System)。主要以区域综合
研究和全面信息服务为目标。可以有不同规模,如国家级的、地区或省级的、市级或
县级等为各不同级别行政区服务的区域信息系统,也可以有按自然分区或以流域为
单位的区域信息系统。加拿大国家信息系统、我国黄河流域信息系统等都属于区域
信息系统。

许多实际的地理信息系统是介于上述两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、上海市环境管理信息系统、海南省土地评价信息系统、河南省冬
小麦估产信息系统等。

(3) 地理信息系统工具(GIS-Tool)。也称地理信息系统开发平台或外壳。它是一
组具有图形图像数字化、存储管理、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。它们或者是专门研究的,或者在完成实用地理信息系统后抽去
具体的区域或专题的地理空间数据后得到的。这些软件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地理信息系统,也可用作教学软件。由于
地理信息系统软件设计技术较高,而且重复编制比较复杂的基础软件会造成人力的
极大浪费,因此采用地理信息系统工具,无疑是建立实用地理信息系统的一条捷径。
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 ARC/INFO 系统、美国 MapInfo 公司研制的 MapInfo 系统、中国地
质大学研制的 MapGIS 系统、武汉测绘科技大学研制的 GeoStar 系统以及北京大
学研制的微机地理信息系统工具 Spaceman 等。

另一方面,也可以从其他角度对地理信息系统进行分类。如:

(1) 按数据结构的的不同分为:① 矢量数据结构地理信息系统,指以坐标对来表示空间数据的点、线、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像元特征的地理信息系统;③ 混合数据结构(即矢量、栅格数据结构的结合)地理信息系统,此项技术尚有待于进一步发展。

(2) 按照系统用途可将地理信息系统分为:① 自然资源清查信息系统;② 城市信息系统;③ 规划和评价信息系统;④ 空间分析型的地理信息系统;⑤ 人才和智力资源信息系统等。

(3) 按系统功能的不同分为:① 地形信息系统;② 专题信息系统;③ 土地资源信息系统;④ 地籍信息系统;⑤ 人口统计信息系统等等。

§ 1-2 地理信息系统的组成

GIS 主要由四个部分组成,即 GIS 硬件设备、GIS 软件系统、地理空间数据库以及系统的组织管理人员。硬件和软件系统是 GIS 的核心部分,空间数据库可以用来表达地球表层的地理数据,而 GIS 的管理人员和用户则决定系统的工作方式和信息表达方式。

一、GIS 的硬件设备

GIS 的硬件设备如图 1-1 所示。计算机与一些外围设备联接构成 GIS 的硬件环境。计算机是网络的核心,用作数据和信息的处理、加工和分析。与它相连的外围设备包括输入用的专用设备,如数字化桌、扫描仪、解析测图仪(或机助制图系统)、全站型测量仪器,也包括数字摄影测量工作站和遥感图像处理系统。GIS 输出和贮存用的外部设备通常是标准的计算机外围设备,包括打印机、高分辨率显示装置、绘图仪、磁带机等。附加的硬件配置还应有远程通讯装置。具体来说,GIS 的硬件配置包括以下四个部分:

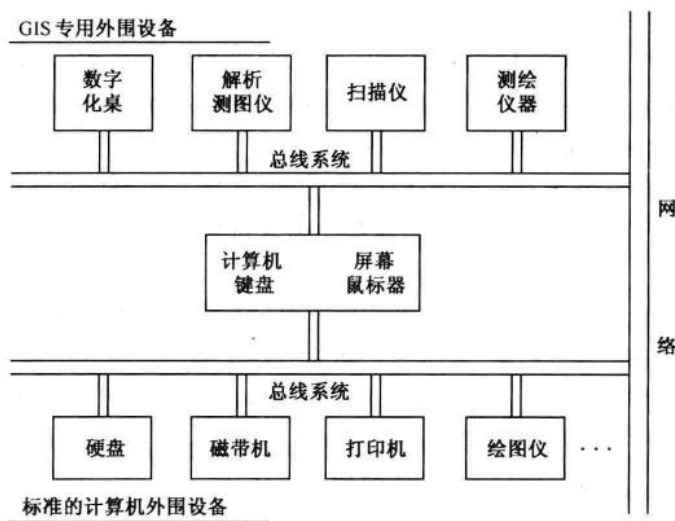


图 1-1 GIS 的主要硬件配置

1. 计算机主机

计算机是 GIS 的核心,是用作数据和信息的处理、加工和分析的设备,可以组成网络,也可以单独使用。它的主要部件由中央处理器和主存储器构成。目前能运行 GIS 的计算机包括

大型机、中型机、小型机和微型机。各类计算机的主要性能可以用处理速度、字长和内存容量来描述。

2. 数据存储设备

数据存储设备包括软盘、硬盘、磁带、光盘等及相应的驱动设备。

3. 数据输入设备

GIS的基本输入设备除键盘、鼠标和通讯端口外,还包括数字化仪、扫描仪、解析和数字摄影测量仪器以及全站型速测仪、GPS接收机等其他测量仪器。

4. 数据输出设备

GIS的输出设备主要有图形图像显示器、矢量式绘图仪、栅格式绘图仪、行式打印机、点阵式或喷墨式打印机和彩色喷墨绘图仪等。

二、计算机软件系统

GIS计算机软件系统是指地理信息系统运行所必须的各种程序。通常包括:

1. 计算机系统软件

指由计算机厂家提供的为用户开发和提供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。

2. 地理信息系统软件

地理信息系统软件应包括五类基本模块(图 1-2),即下述诸子系统:数据输入和检验、数据存储和管理、数据变换、数据输出和表示、用户接口等。

(1) 数据输入和检验。包括能将现有地图外业观测数据、传感器获取的数据转换成计算机兼容的数字形式的各种转换软件(图 1-3)。许多计算机工具都可用于输入,例如人机交互终端(键盘与显示器)、数字化仪、扫描仪(卫星或飞机上直接记录数据或用于地图或航片的扫描仪)以及从磁带、磁盘、磁鼓上读取数字或数据的装置等。数据检验是通过观测、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。事实上数据输入和检验都是建立地理数据库必须的过程。

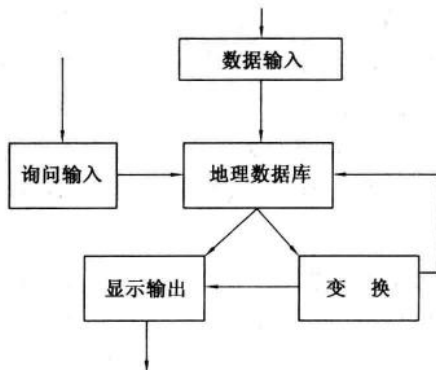


图 1-2 GIS 的主要软件组成

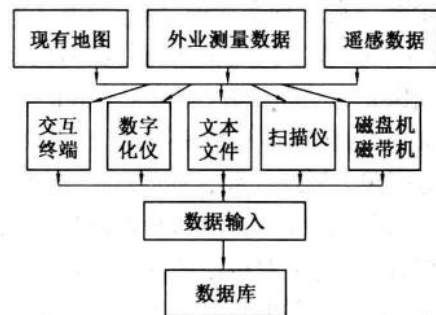


图 1-3 数据输入

(2) 数据存储和管理。是地理信息系统的关键组成部分之一。数据存储和数据库管理(图 1-4)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,使其便于计算机处理和系统用户理解等。用于组织数据库的计算机程序,称为数据库管理系统(DBMS)。地理数据库包括数据格式的选择和转换,数据的联结、查询、提取等。

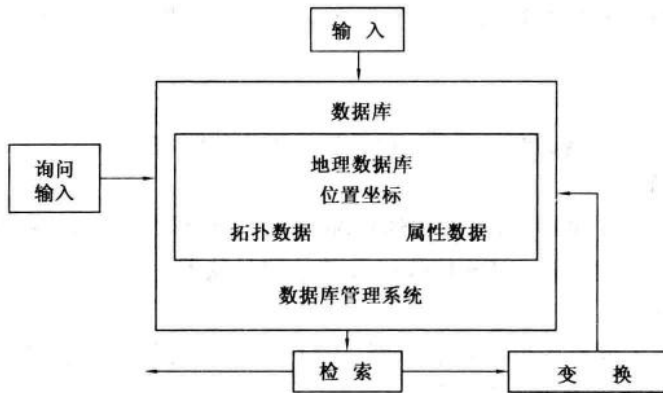


图 1-4 地理数据库的组成部分

(3) 数据变换(图 1-5)。包括两类操作:① 变换的目的是从数据中消除错误,进行数据更新,与其他数据库匹配;② 为回答 GIS 提出的问题而采用大量数据分析方法。空间数据处理和非空间数据可单独或联合进行变换运算。比例尺变换、数据与投影匹配(投影变换)、数据的逻辑检索、面积和边长计算等,都是 GIS 中一般的变换特征。其他一些变换处理可能极其偏重于专业应用,也可能是将数据合并到一个只满足特定用户需要的专门化 GIS 系统。

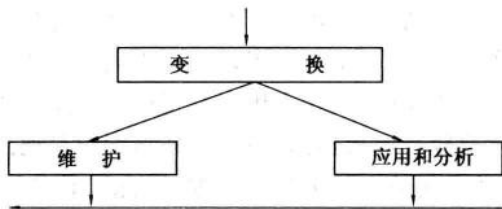


图 1-5 数据变换

这里特别要指出空间分析函数变换,它是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,而分析运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、逻辑运算或聚类分析等;基于区域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。

对空间数据的处理和分析,是地理信息系统功能的主要体现,也是系统应用数学方法的重要前提,其目的是为了取得系统应用所需要的信息,或对原有信息结构形式进行转换。

由上面的分析可知,这些转换、分析和应用类型是极其广泛的,它既包括比例尺和投影的数字变换、数据处理和分析,还包括地理或空间模型的建立。

(4) 数据显示与输出(图 1-6)。是指地理信息系统内的原始数据或经系统分析和处理的结果传输给用户,它以报表、统计图、查询应答、地图形式在屏幕上显示,或通过打印机、绘图仪输出,也可通过通讯网络传输到其他计算机系统供用户使用。

(5) 用户接口模块。该模块用于接收用户的指令和程序或数据,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。由于地理信息系统功能复杂,且用户又往往为非

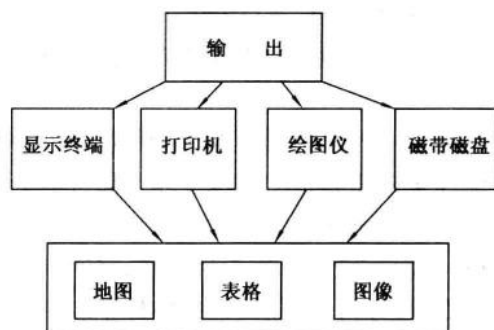


图 1-6 数据输出

计算机专业人员,用户界面(或人机界面)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(GUI)等技术,提供多窗口和光标或鼠标选择菜单等控制功能,为用户发出操作指令提供方便。该模块还可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。而程序接口和数据接口可分别为用户联接各自特定的应用程序模块和使用非系统标准的数据文件提供方便。

3. 应用分析软件

应用分析软件是指系统开发人员或用户根据地理专题或区域分析的模型编制的用于某种特定应用任务的程序,是系统功能的扩充和延伸。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。

三、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,描述自然、社会和人文经济景观的数据,这些数据可以是图形、图像、文字、表格和数字等,由系统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 GIS 所表达的现实世界经过模型抽象的实质性内容。地理信息系统的数据模型包括三个互相联系的方面:

(1) 在某个已知坐标系中的位置。即用几何坐标标识地理实体的空间位置,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。指地理事物点、线、面实体间的空间联系,用拓扑关系(Topology)来表示,如网络结点与网络之间的枢纽关系(图 1-7a)、边界线与面实体间的构成

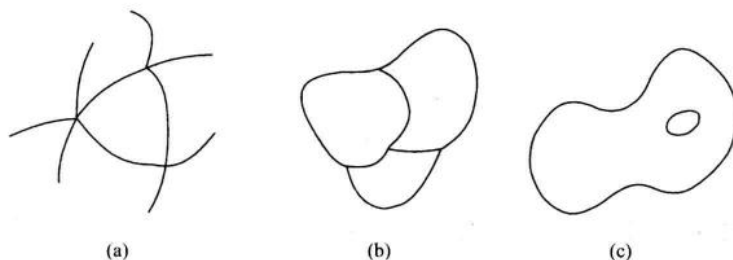


图 1-7 几种典型的拓扑关系

关系(图 1-7b)、面实体与内部点包含关系(图 1-7c)。空间拓扑关系对于地理空间数据的编码、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。地理数据模型中,将地理事物或现象的性质描述为属性(Attribute)的数据,它是与地理实体相联系的地理变量。属性分为定性的和定量的两种,定性的包括名称、类型、特性等,它描述的属性有气候类型、土地利用、行政区划等;定量的包括数量和等级,它描述的属性有面积、长度、土地等级、人口数量、降水量、温度等。属性一般是经过抽象的概念,通过分类、命名、量测、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、量测指标对系统的建设有较大的影响。

地理信息系统特殊的空间数据模型决定了地理信息系统独有的空间数据结构和数据编码,也决定了它独具的空间数据管理方法和系统空间数据分析能力,成为地理学研究与环境管理的重要工具。

四、系统开发、管理和使用人员

人是地理信息系统中重要的构成因素。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,并采用地理分析模型提取多种信息,为地理学研究和地理决策服务。

地理信息系统合理的组织状况如图 1-8 所示。如同生产复杂产品的企业一样,组织者要尽量使整个生产过程形成一个整体。要真正做到这些,不仅要在硬件和软件方面投资,还要在适当的组织机构中重新培训工作人员和管理人员方面投资,使他们能够应用新技术。近年来,硬件设备连年降价而性能则日趋完善与增强,但有技能的工作人员及优质廉价的软件仍然不足。只有在对 GIS 合理投资与综合配置的情况下,才能建立有效的地理信息系统。

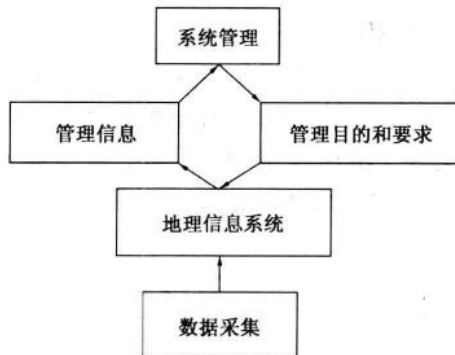


图 1-8 地理信息系统的组织状况

图 1-9 为一个城市地理信息系统的构成示例。

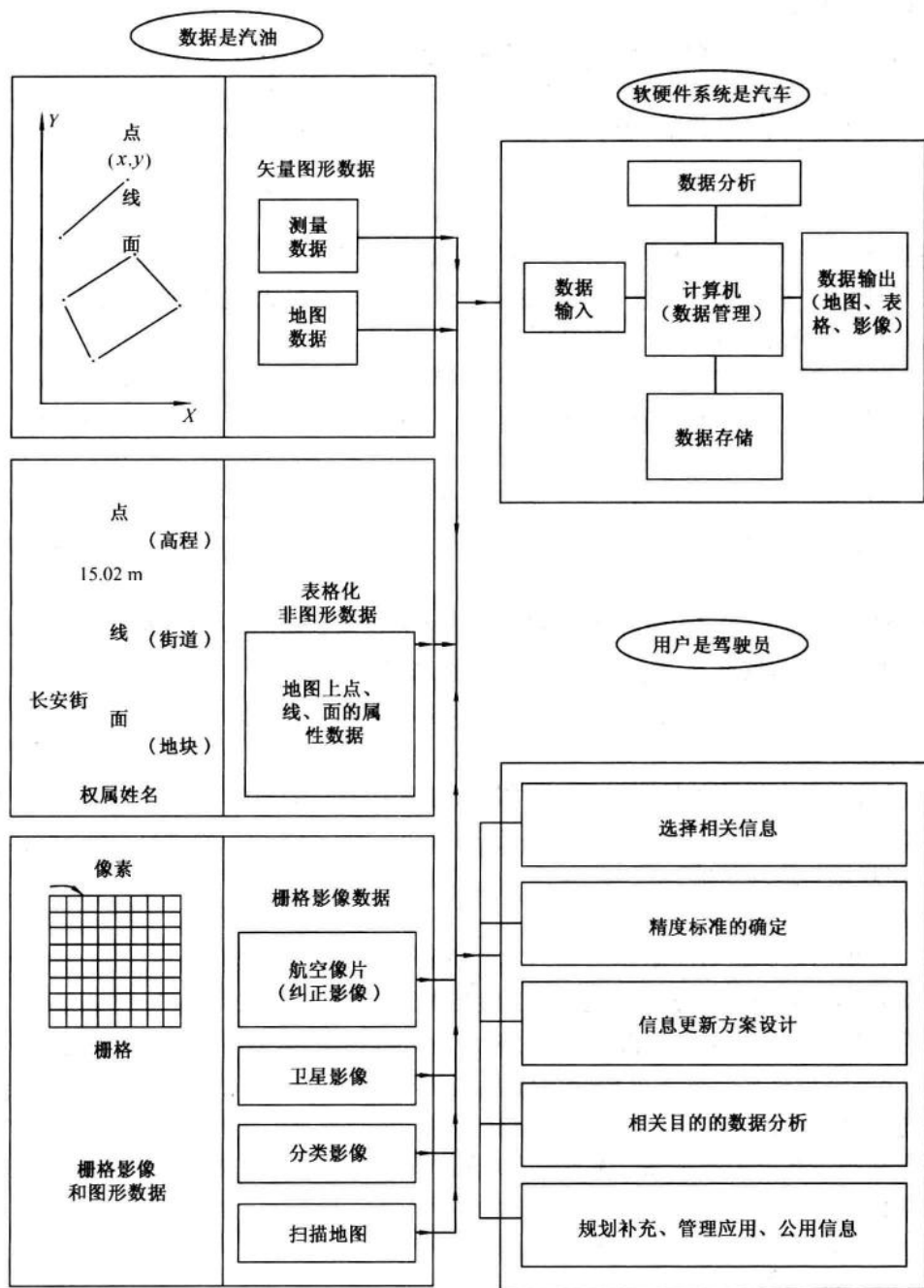


图 1-9 一个城市 GIS 构成示例

§ 1-3 地理信息系统的基本功能

GIS 技术在全球范围内迅速发展及其具有的强大生命力是与其对地学信息的强大的处理功能紧密相联的。GIS 作为一个空间信息系统,要求至少具备五项基本功能,即数据输入、图形与文本编辑、数据存储与管理、空间查询与空间分析、数据输出与表达。

一、数据输入功能

数据输入就是对数据进行必要的编码和写入数据库的操作过程。GIS 主要考虑以下三个方面的数据输入问题：① 统一的定位基础；② 位置数据(空间数据)，指定义地面实体特征相对于某一坐标系统所处的空间位置；③ 属性数据(非空间数据)，指定义地面实体特征所表示的内容。

1. 统一的地理基础

地理基础是地理信息数据表示格式与规范的重要组成部分，它主要包括统一的地图投影系统、统一的地理坐标系统以及统一的地理编码系统。各种来源的地理信息和数据在共同的地理基础上反映出它们的地理位置和地理关系特征。

GIS 中的地理信息都是具有三维空间分布特征且发生在二维地理平面上的，因此它们需要有一个空间定位框架，即共同的地理坐标和平面坐标系统。统一的坐标系统是地理信息系统建立的基础。

通常，地理信息系统中的投影坐标系统配置具有以下一般性特征：

① 各个国家的地理信息系统采用的投影系统与该国的基本地图系列所采用的投影系统一致；

② 各地区的地理信息系统中的投影系统与其所在区域适用的投影系统一致。

因此，对一般地理信息系统中地图投影配置的选择原则为：

① 投影系统应与相应比例尺的国家基本图(基本比例尺地形图、基本省区图或国家大地图集)投影系统一致；

② 一般最多只采用两种投影系统，一种服务于大比例尺的数据处理，另一种服务于中小比例尺的数据处理。如我国基本比例尺地形图中，除 1 : 100 万采用兰勃特投影外，其余均采用高斯-克吕格投影为地理基础。

2. 空间数据的输入

对空间数据的采集是 GIS 数据采集的主要功能。这里的空间数据主要指图形实体数据。通常在 GIS 中用到的图形数据类型包括各种地图与地形图、航测照片、遥感数据、点采样数据等。因此，空间数据的输入主要是指对图形的数字化处理过程。而输入方法可以采用数字化仪、扫描仪、摄影测量仪以及全站仪、GPS 接收机等能以数字形式自动记录测量数据的测量仪器。至于选择哪种输入方法，需根据应用图形数据的方式、图形数据的类型、现有设备状况、现有人力资源状况和经济状况等因素综合考虑，可以选用单一方法也可以几种方法结合起来输入所需要的图形数据。

3. 属性数据的输入及其与空间数据的连接

1) 属性数据的输入

属性数据是用来描述空间数据特征和性质的。例如，一栋房屋除了需要记录它的位置坐标等空间数据以外，还需要存储它的属性信息，如房主、房屋面积、建筑日期等。因此，这种非空间的属性数据也可以被称为空间实体的特征编码。很显然，属性数据是与空间实体相关的。通常，可以采用公共识别符的方法建立属性数据与空间数据的有效联系，从而有效地存储和处理这些属性数据。

某些信息系统在进行属性数据输入时与空间数据一起用键盘进行输入，把属性数据与空间数据组织在数据文件的同一个记录中。这种输入方法和存储方式，虽然可以在一个记录中同时反映出空间位置及其特征信息，但是当数据量很大时这种记录方式在数据管理过程中就显

得很不灵活,同时又会造成很大的数据冗余,从而使数据处理时间增加,降低系统的效率。

还有一些系统把属性数据以单独的数据文件方式与空间数据文件并存于文件系统中。这种管理方式,对于某些具体应用可能是简单实用的,但其局限性很大,结构不灵活,难以实现数据共享。

因此,一般而言,GIS 要求其数据结构应满足通用性的要求,具有使用方便、灵活性好、冗余度小、管理程度高、逻辑操作性能强等特点。从地理空间数据的实际考虑,由于涉及到的空间数据往往关联诸多的属性数据项目,大量的属性数据通常采用关系型数据库与空间数据分别存储的方法,也可通过公共识别符或者建立一个程序将空间数据与属性数据连接起来,尤其是当数据量较大时,一般都是将空间数据的输入与存储分别进行。采用的方法是首先将属性数据输入一个顺序文件,经编辑、检查无误后再转存数据库的相应文件或表格中。

2) 与空间数据的连接

如上所述,在输入空间数据时虽然可以直接在图形实体上附加特征编码,但是当数据量较大时,这种交互式输入的效率就太低了。因此,可以用特定的程序把属性数据与已数字化的点、线、面等空间实体连接起来。这样只要求空间实体带有惟一性的识别符即可,除了用程序自动生成以外,识别符也可以用手工来输入。

通常,属于一个空间实体的属性项目可能有很多,所以也可以将其放入同一个记录中,而该记录的顺序号或者是某一特征数据项可作为该记录的识别符。该识别符与所对应的空间数据的识别符一起构成了它们之间相互检索的联系纽带。

二、图形与文本编辑功能

在 GIS 的数据输入过程中,通过各种输入设备采集到的数据难免会产生或引入一些差错,所以要求具备对空间数据和属性数据的图形与文本编辑功能,以修正所出现的错误。通常,大多数 GIS 的数据编辑都是比较耗时的交互式处理过程。在编辑过程中,除了要逐一修改所能发现的数据错误之外,还要进行对图形的合并或分割、数据的更新等工作。而这些编辑工作可以通过把数据显示在屏幕上,然后利用键盘或数字化图板来控制数据编辑的各项操作活动。

1. 对空间数据(图形数据)的编辑

对图形数据进行编辑,一般要求系统具备图幅定向、文件管理、图形编辑、生成拓扑关系、图形修饰与几何计算、图幅拼接、数据更新等功能以及设计一个用户界面友好的人机对话窗口。

1) 图幅定向

数字化过程中的一项重要内容是对待数字化材料进行图幅定向工作,将图幅坐标归划为地理坐标。因此,要求图形编辑系统具有自动完成数字化仪坐标、地图坐标、屏幕坐标的转换功能,并且可以设置定向允许限值,能够修改或删除定向点,输入点坐标,对定向点进行数字化以及可以进行图幅定向平差并显示平差结果。

2) 文件管理

图形编辑中的文件管理是指对图形文件的读写功能。通常,在这一功能菜单中应包括:创建新文件、打开已有文件、添加文件、存储文件与更改文件名、输出图形文件等基本项目。

3) 图形编辑

这一功能要求对图形数据不仅可以进行逐点或逐线段地增、删、改等操作,还可以对图形进行开窗、缩放、移动、旋转、裁剪、粘贴和拷贝等操作,同时,在图形编辑中还应对图形进行分层显示;能针对所开窗的任一位置,输出其地理坐标或相对于某参考系的坐标值;并且还