



高等学校“十一五”规划教材

地理信息系统原理与应用

Dili Xinxi Xitong Yuanli Yu Yingyong

主 编 张海荣

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

高等学校“十一五”规划教材

地理信息系统原理与应用

主 编 张海荣

副主编 张 锦 杜培军 贾建华

袁占良 赵泉华 王行风

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书既介绍了传统的 GIS 基础知识,又综合了近几年 GIS 的研究成果。主要包括:地理信息系统的基本概念;地球空间与空间数据基础;空间数据模型与数据结构;地理信息系统数据采集与处理;空间分析与建模;空间信息的可视化与自动制图;GIS 工程与应用;GIS 发展前沿与展望。

本书可作为地质、测量、土地管理、资源环境与城乡规划、采矿、环境、建筑等相关专业或方向的本科生或研究生教材。

图书在版编目(CIP)数据

地理信息系统原理与应用/张海荣主编. —徐州:中国矿业大学出版社,2008.2

ISBN 978-7-81107-893-0

I. 地… II. 张… III. 地理信息系统 IV. P208

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 017929 号

书 名 地理信息系统原理与应用

主 编 张海荣

责任编辑 潘俊成 郭 玉

出版发行 中国矿业大学出版社

(江苏省徐州市中国矿业大学内 邮编 221008)

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

排 版 中国矿业大学出版社排版中心

印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司

经 销 新华书店

开 本 787×1092 1/16 印张 20.25 字数 518 千字

版次印次 2008 年 2 月第 1 版 2008 年 2 月第 1 次印刷

定 价 29.80 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

自 20 世纪 60 年代 Roger F. Tomlinson 提出地理信息系统(GIS)的概念以来, GIS 作为一门技术在全球得到了快速发展, 各国政府、企业、学术界和社会对 GIS 的认可度不断增强, 应用领域日趋广泛。Nature 杂志 2004 年 1 月的 Mapping Opportunities 一文将以遥感与地理信息系统为基础的 Geo-technology 和纳米技术、生物技术作为最新出现的、最具发展前景的三大技术, 高度评价了地理信息系统的发展前景。

近年来, GIS 的基础性理论问题受到高度重视并逐步得到解决, GIS 应用技术与方法也不断进步, 应用领域持续拓展, 应用水平不断深化。GIS 的应用正在从早期的资源、环境、土地、城市等领域, 逐步扩展到交通、电力、基础设施、旅游、防灾减灾等方面, 近年来在商业、金融、考古、社会、公共卫生、电子政务、公共安全、应急管理、个人移动服务等领域的应用发展迅速, 应用水平不断提升, 成为决策、分析的有力支持工具。新的与现代信息技术密切结合的软件产品如网络 GIS、组件 GIS、移动 GIS 等不断走向市场, 地理信息技术正逐步成为 IT 技术的重要组成部分, 地理信息产业也逐渐融入 IT 产业的主流。

地理信息系统是一门快速发展的学科, 新问题、新方法不断出现。近几年, 国内外众多学者在地理空间认知模型、空间数据模型、三维建模、时态 GIS、空间尺度、空间数据质量、空间数据共享、空间智能、空间数据挖掘与知识发现等方面发表了许多新的成果。

本书是作者在中国矿业大学郭达志教授主编的《地理信息系统原理与应用》(中国矿业大学出版社, 2002) 的基础上, 通过近几年的教学和科研实践, 并广泛参阅了国内外有关论著之后编写而成。本书在章节编排上作了部分修改, 对原教材相关章节的内容作了较大调整和充实。

本书共分八章, 由张海荣任主编。参加编写的有太原理工大学张锦(第一章), 西安科技大学贾建华(第二章和第六章), 河南理工大学袁占良(第三章), 辽宁工程技术大学赵泉华(第五章), 中国矿业大学王行风(第四章)、张海荣(第七章)、杜培军(第八章)。在本书的编写过程中, 于劲松弟、刘伟、祁春燕、路云等参加了资料收集和文字编排工作, 在此向他们表示诚挚的谢意。本书的完成得到许多学者、同仁们的帮助, 谨向他们表示衷心的感谢。

限于作者的水平, 书中缺点、错误在所难免, 恳请读者批评指正。

编 者

2007 年 7 月于中国矿业大学

目 录

第一章 绪论	1
第一节 地理信息系统的基本概念	1
第二节 地理信息系统的构成和功能	5
第三节 地理信息系统的研究内容	10
第四节 地理信息系统的相关学科和技术	12
第五节 地理信息系统的发展概况	16
第六节 地理信息系统的应用领域	20
小结	22
思考题	22
第二章 地球空间与空间数据基础	23
第一节 地理现象与地理空间的数据表达	23
第二节 地理空间坐标系与地图投影	30
第三节 空间数据特征和类型	37
第四节 空间数据的元数据	43
小结	50
思考题	50
第三章 空间数据模型与数据结构	51
第一节 空间数据模型	51
第二节 空间数据结构与数据编码	65
第三节 空间数据库与数据库管理系统	98
小结	103
思考题	104
第四章 地理信息系统数据采集与处理	105
第一节 空间数据的采集	105
第二节 空间数据的处理	111
第三节 空间索引	120

第四节 空间数据质量分析与控制	126
第五节 “3S”技术的集成	133
小结	140
思考题	140
第五章 空间分析与建模	142
第一节 概述	142
第二节 空间统计分析	145
第三节 空间查询分析	149
第四节 缓冲区分析	156
第五节 空间叠加分析	159
第六节 网络分析	166
第七节 数字地面模型分析	173
第八节 空间分析模型	191
小结	194
思考题	194
第六章 空间信息的可视化与自动制图	196
第一节 空间信息可视化	196
第二节 空间实体的符号化	199
第三节 专题地图制图	208
第四节 空间数据的多尺度特征与自动综合	214
小结	222
思考题	222
第七章 GIS 工程与应用	224
第一节 GIS 工程建设概述	224
第二节 GIS 软件开发	229
第三节 GIS 标准化	240
第四节 GIS 应用举例	247
小结	258
思考题	258
第八章 GIS 发展前沿与展望	260
第一节 GIS 面临的问题与发展趋势	260
第二节 空间数据模型与空间数据库研究进展	265
第三节 Web GIS 与网格 GIS	271
第四节 组件式 GIS	278
第五节 移动 GIS	282

目 录

第六节	地理信息系统智能化.....	285
第七节	时空 GIS 与虚拟地理环境	289
第八节	地理空间分析与地学计算研究进展.....	295
第九节	GIS 互操作与开放式 GIS	298
第十节	地理信息系统集成.....	303
思考题	306
参考文献	307

第一章 绪 论

第一节 地理信息系统的基本概念

一、信息与信息系统

(一) 数据

对于计算机而言,数据是指输入到计算机并能为计算机进行处理的一切现象(数字、文字、符号、声音、图像等),在计算机环境中数据是描述实体或对象的唯一工具。数据是用以载荷信息的数学符号的集合,是一种未经加工的原始资料,只有在其上加上某种特定的含义,它才代表某一实体或现象,这时数据才变成信息,体现数据的内容、解释和内涵意义。

(二) 信息

在席卷全球的新技术革命浪潮中,人类迎来了信息时代(社会)。当今,信息作为一种重要的社会资源和社会动力资源,引起了社会职能、结构、价值、产业及生活方式的变革,也给人们的观念和行为带来了一场革命。信息化正成为全球贸易、投资、资本流动和技术转移以及社会、经济、文化等一切领域发展的主要动力,信息化程度和水平已经成为衡量一个城市经济社会发展综合实力和文明程度的重要标志。

信息是一个涵义很宽泛的概念,可以从多个角度和多个方面理解。信息现象渗透于物质世界和精神世界之中,信息的多样性使得迄今为止所有要为信息下一个统一定义的企图都落空了。

在信息学界,申农(C. E. Shannon)1848年在《通信的数学理论》一文中把信息定义为“熵的减少”,即“能够用来消除不定性的东西”。意大利学者朗格(G. Longe)认为:信息是事物之间的差异,而不是事物本身,即信息是反映事物的形成、关系和差别的东西,包含在事物的差异之中。钟义信指出:信息是事物的运动状态和过程,以及关于这种状态和过程的知识。

在经济学界,马克·波拉特(M. Porat)认为信息是经组织化而加以传递的数据。德鲁克(P. E. Drucker)指出,信息是有目的性和关联性的数据,因此把数据转换为信息需要有知识。

在信息管理领域,信息是指任何传播内容或知识的表示,如以任何媒体或形式存在的事实、数据或见解,包括文本型、数字型、图片式、动画式、记叙性的、音视频形式等。美国学者史密斯(Ausen N. Smith)和麦得利(Donald B. Medley)从资源的角度对信息进行了解释,指出:信息是数据处理上的最终产品,具体而言,是经过收集、记录、处理、以可检索形式存储的事实或数据。

(三) 信息资源

信息资源是指在经济、政治、科技教育、国防、社会生活等各个领域、各个层次产生和使

用的信息内容。对信息资源有两种理解:一种是狭义的理解,即指信息内容本身;另一种是广义的理解,指的是除信息内容本身之外,还包括与其紧密相连的信息设备、信息人员、信息系统、信息网络等。实际上,狭义的信息资源还包括信息载体,因为信息内容不能脱离信息载体而独立存在。

信息资源可按运营机制和政策机制、信息增值状态和信息资源的所有权等来划分。

按运营机制和政策机制不同划分为:① 政府信息资源,在政府业务流程中产生的记录、数据和文件内容;② 为政府收集和生产的的信息资源,即为政府业务流程的需要从外部采集的信息内容;③ 商业、企业信息资源,包括商业、企业业务循环过程中产生或需要的信息资源;④ 地理信息资源,包括基础地理信息资源和行业应用地理信息资源;⑤ 社会信息资源,包括人口、社区、治安等社会信息资源;⑥ 公益性信息资源,包括教育、科研、文化、娱乐和生活等领域的信息资源。

按信息增值状态划分为:① 基础性信息资源,指机构业务流程中产生的未经加工或加工程度较低,保证各行业和机构正常运作必不可少的信息资源;② 增值性信息资源,指加工程度较高或经专业分析、处理后的信息资源。

按信息资源的所有权划分为:① 公共信息资源,美国 1990 年的《公共信息准则》把联邦政府生产、编辑和维护的信息称为公共信息,认为公共信息属于公众的信息,为公众所依赖的、政府所拥有并在法律所允许的范围内为公众所享用,显然,公共信息不等于公开信息;② 私有信息资源,属于某一个组织机构所专有,并且自己单独使用的信息;③ 受控信息资源,介于公共信息和私有信息之间还有一个灰色区域,即既不是完全公有,也不是完全私有,它属于受控使用的信息,只限于合法使用的用户,比如会员。

信息资源还可以按照记录介质、记录方式、记录状态、信息的产生和利用领域,以及信息的编码抽象程度等进行划分。

(四) 信息系统

为了有效地对信息流进行控制、组织管理,实现双向传递,需要通过某种信息系统,它可对数据和信息进行采集、存储、加工和再现,并能回答用户的一系列问题。以提供信息服务为主要目的的数据密集型、人机交互的计算机应用系统称为信息系统。信息系统有四大基本功能:数据采集、管理、分析和表达。在技术上有以下四个特点:

① 涉及的数据量大。数据一般需存放在辅助存储器中,内存中只暂存当前要处理的一小部分数据。

② 绝大部分数据是持久的,即不随程序运行的结束而消失,而需长期保留在计算机系统中。

③ 这些持久数据为多个应用程序所共享,甚至在一个单位或更大范围内共享。

④ 除具有数据采集、传输、存储和管理等基本功能外,还可向用户提供信息检索、统计报表、事务处理、规划、设计、指挥、控制、决策、报警、提示、咨询等信息服务。

信息系统的主要内容是为产生决策信息而按照一定要求设计的一套有组织的应用程序系统。管理信息系统、地理信息系统、指挥信息系统、决策支持系统、办公信息系统等都属于这个范畴。

二、地理信息与地理信息系统

(一) 地理空间数据

地理空间数据简称为地理数据,是指以地理空间位置为参照,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,包括地理空间位置数据、属性(特征)数据和时域特征数据三大部分,见表 1-1。地理空间位置数据既可以根据大地参照系定义,如大地经纬度坐标、直角坐标,也可以根据地物间的相对关系定义,如空间上的相邻、包含等。属性数据是对一定地物描述其特征的定性或定量指标。时域特征数据是指地理特征采集或地理现象发生时的时刻或时段。空间位置数据、属性数据及时域(间)数据是地理空间实体和现象的三大基本要素。从地理实体到地理数据,再到地理信息的发展,反映了人类认识的一个巨大飞跃。

表 1-1 地理空间数据

	空 间	属 性	时 域
属性	φ, λ, Z 点、线、面、表面体积、像素(三维像素)……	颜色、大小、形状、pH 值……	日期、持续时间、周期……
关系	拓扑、方向、距离……	拓扑、是一个……(is_a)、是一种……(kind_of)、是……部分(part_of)	拓扑、过去是……(was_a)、现在是……(is_a)、将来是……(will_be)

地理空间数据作为数据的一类,具有数据的一般特性,然而由于地理空间数据在获取方式、表示和管理方面的显著技术特色,使其具有一些非常鲜明的特性。地理空间位置数据可按其形态或获取与存储方式的差异分为:矢量图形数据、格网和 TIN(不规则三角网)数据以及栅格数据;属性数据的分类比较复杂,笼统地可分为一般属性数据和专题属性数据,基本的细分类别为:几何类型信息、分类分级信息、数量特征信息、质量特征信息和名称信息等。

1. 位置数据

即几何坐标,表示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,也可是矩阵的行、列数等。

2. 实体间的空间关系

即拓扑关系,表示点、线、面实体之间的空间联系,如网络节点与网络线之间的枢纽关系,边界线与面实体之间的构成关系,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的意义,是地理信息系统的特色之一。其他的空间关系还有度量关系和方位关系。

3. 与几何位置相关的空间属性数据

即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、降雨量、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、检索和表示主要通过属性的操作运算实现,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。

尺度是地理空间数据的重要特性之一。在地图学中,地图以某种比例尺来绘制。理论上,尺度是最含糊和最具多义性的术语。实用上,根据测量的标准,尺度可以被分为四类:名义尺度(Nominal Scale)、顺序尺度(Ordinal Scale)、间隔尺度(Interval or Granularity Scale)和比率尺度(Ratio Scale)。目前地理信息系统空间数据库建库基本上都是对应某一比例尺的空间数据集。

(二) 地理信息

地理信息是有关地理实体空间分布、性质、特征和运动状态的信息,它是对表达地理特征和地理现象之间关系的地理及环境数据的解释,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,作为生产、建设、经营管理、分析和决策的依据。地理信息具有客观性、适用性、可传输性和共享性等特征,它来源于地理空间数据。地理信息是地理数据内涵的意义,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取出地面目标或物体的形状、大小和位置等信息;从遥感图像数据总可以提取出各种地物的图形大小和专题信息。

地理信息除了具有一般信息的特性之外,还具有以下特性:

① 空间分布性。地理信息具有空间定位的特点,一般总是先对其定位再定性,并且在区域上表现出分布式特点,其属性表现为多层次,因此地理数据库的分析或更新也应是空间分布式的。

② 数据量大(海量数据)。如上所述地理信息一般都包括空间、属性和时间及其变化的数据,且往往以图形图像形式表示,因此其数据量很大。尤其是随着全球空间对地观测计划和技术不断发展,我们每天都能获得上万亿兆的关于地球资源、环境特征的数据,从而给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,此外还有描述实体的文字、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。各种图形图像和地图,不仅是信息的载体,也是信息的传播媒介。

(三) 地理信息系统

美国学者 Parker 认为“GIS 是一种存储、分析和显示空间与非空间数据的信息技术”。Goodchild 把 GIS 定义为“采集、存储、管理、分析和显示有关地理现象信息的综合系统”。加拿大的 Roger F. Tomlinson 认为“GIS 是全方位分析和操作地理数据的数字系统”。Burrough 认为“GIS 是属于从现实世界中采集、存储、提取、转换和显示空间数据的一组有力的工具”。美国联邦数字地图协调委员会(FICCDC)的定义为“GIS 是由计算机硬件、软件和不同的方法组成的系统,该系统用来支持空间数据的采集、管理、处理、分析、建模和显示,以便解决复杂的规划和管理问题”。国内学者陈述彭给出的定义是“GIS 由计算机系统、地理数据和用户组成,通过对地理数据的集成、存储、检索、操作和分析,生成并输出各种地理信息,从而为土地利用、资源评价与管理、环境监测、交通运输、经济建设、城市规划以及政府部门行政管理提供新的知识,为工程设计和规划、管理决策服务”。纵观这些定义,有的侧重于 GIS 的技术内涵,有的则是强调 GIS 的分析应用功能。

我们推荐李德仁的定义:“地理信息系统(Geographic Information System, GIS)是一种

特定而又十分重要的空间信息系统(Spatial Information System),它是采集、存贮、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空间信息系统”。这里地理信息系统的“地理”二字是广义地指地理坐标参照系统,也即按地理坐标来组织空间数据。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空间现象、环境特征和过程,解决复杂的规划、决策和管理问题。

综合上面关于信息系统和地理信息系统的论述,可将它们之间的关系用图 1-1 表示。依据地理信息系统应用领域的不同,可分为土地信息系统(LIS)、资源管理信息系统(Natural Resources Information System)、地学信息系统(Geo-science or Geological Information System)等;依据其服务对象的不同,可分为区域信息系统和专题信息系统,如农林信息系统、矿山信息系统、地籍管理信息系统等。

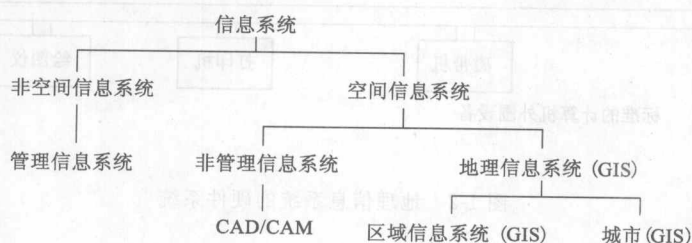


图 1-1 信息系统的分类

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,成为地学研究和资源管理的重要工具。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位置数据与属性数据,并通过数据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,即使存贮了图形,也往往以文件形式等机械形式存贮,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,它的成功应用依赖于空间分析模型的研究与设计。

第二节 地理信息系统的构成和功能

一、地理信息系统的构成

完整的 GIS 主要由四个部分构成,即硬件系统、软件系统、地理空间数据和系统管理操作人员。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达方式。下面对前面两个部分的内容进行分析描述。

(一) 硬件系统

计算机硬件是计算机系统中实际物理装置的总称,是 GIS 的物理外壳。可以是电子

的、电的、磁的、机械的、光的元件或装置,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,并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部分(图 1-2):

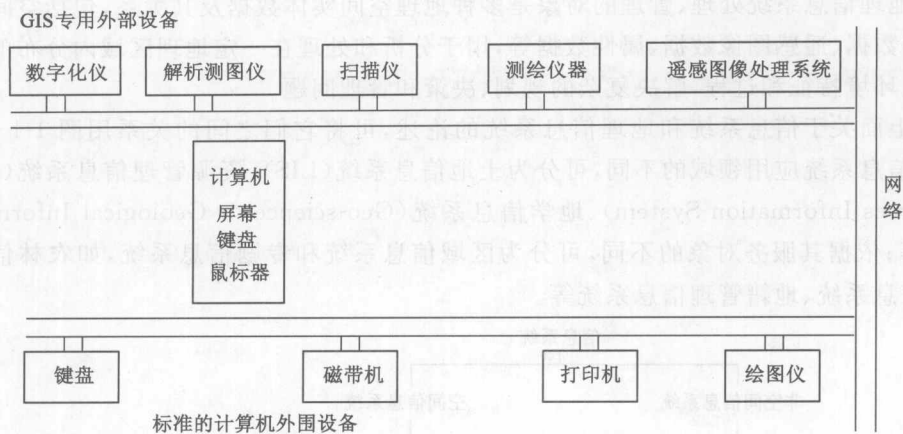


图 1-2 地理信息系统的硬件系统

- 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、通讯端口等;
- ③ 数据存储设备:磁盘阵列、光盘刻录机、磁带机、光盘塔、活动硬盘、刻录阵列等;
- 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。

(二) 软件系统

软件系统是指 GIS 运行所必需的各种程序,通常包括计算机系统软件、地理信息系统软件和其他支撑软件、应用分析程序等(图 1-3)。

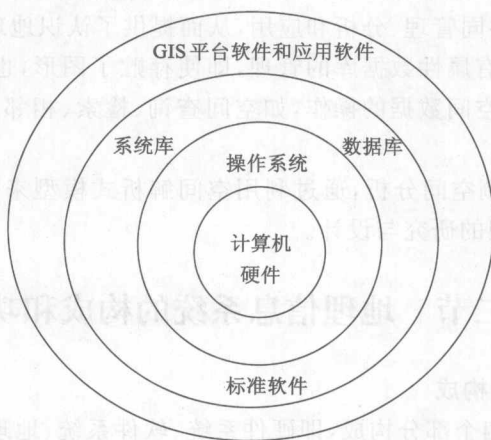


图 1-3 计算机软件系统层次

1. 计算机系统软件

计算机系统软件主要指计算机操作系统,如 DOS、Unix/Linux、Windows 95/98/2000/XP、Windows CE、Windows Server 等。它们关系到 GIS 软件和开发语言使用的有效性,是 GIS 软硬件环境的重要组成部分。

2. 数据库软件

数据库软件除了在 GIS 专业软件中用于支持复杂地理数据的管理软件以外,还包括服务于以非空间属性数据为主的数据库系统,这类软件有 ORACLE、SYBASE、INFORMIX、DB2、SQL Server 和 Ingress 等。由于这类数据库软件具有快速检索、满足多用户并发和数据安全保障等功能,且已能够在数据库中存储 GIS 的空间位置数据,例如 SDE(Spatial Database Engine)就是一种较好的解决方案,从而成为 GIS 软件的重要组成部分。

3. 地理信息系统软件和其他支撑软件

GIS 软件是系统的核心,用于执行 GIS 功能的各种操作,包括数据输入、处理、数据库管理、空间分析和图形用户界面(GUI)等,可作为构建地理信息应用系统的平台。其代表产品有 ArcGIS、MapGIS、SuperMap、GeoStar、GeoMedia 和 MapInfo 等。它们一般都包含有以下的主要核心模块:

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。如将各种已存在的地图、遥感图像数字化,或者通过通讯或读磁盘、磁带的方式输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输入各种统计数据、野外调查数据和仪器记录的数据。

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、拓扑关系及属性数据如何构造和组织等。用于组织空间数据库的计算机系统称为空间数据库管理系统(SDBMS)。空间数据库的操作包括数据格式的选择和转换,数据的连接、查询、提取等。

③ 数据分析与处理:指对地理空间数据进行分析运算和指标量测。空间数据分析与处理可以理解为函数转换,从一种空间数据集通过相应的空间转换函数转换为另一种空间数据集,转换后的空间数据集满足特定的数据分析与处理目的。空间函数转换可分为基于点或像元的空间函数,如基于像元的算法运算、逻辑运算或聚类分析等;基于区域、图斑的空间函数,如叠加分析、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。函数转换还包括错误改正、格式变换和预处理。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。

④ 数据输出与表示:输出与表示是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,如以地图、表格、数字或曲线的形式表示于某种介质上,或采用显示器、胶片拷贝、打印机、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讯线路传输到用户的其他计算机系统中。

⑤ 用户接口:该部分软件用于接受用户指令、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受用户的输入。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,所以用户界面是地理信息系统应用的重要组成部分。图形用户界面(GUI)是目前 GIS 主要的用户接口形式。

4. 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写的用于某种特定应用任务的程序,是系统功能在具体应用中的扩充与延伸。在 GIS 开发资源和工具支持下,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。

二、地理信息系统的主要功能

GIS 的用途为什么如此广泛?因为它具有强大的功能。其功能包括数据采集、存储、处理、分析、模拟和决策的全部过程,能够回答和解决以下五个方面的问题:

① 位置(location),某种现象发生在什么地方。位置可以用地理坐标、地名、邮政编码来表示。

② 条件(condition),实现某种目标需要满足某些条件。例如修建一座大型高层建筑需要有足够的土地面积、适宜的工程地质等条件,种植棉花需要适宜的土壤条件等。

③ 趋势(trends),即在某个地方发生的某个事件及其随时间的变化过程。例如某个地区的气候变化趋势,某个区域矿床储存及其产状的变化预测。

④ 模式(pattern),即在某个地方存在的空间实体的分布模式问题。例如根据某个地区居民职业及购买力的结构模式,规划设计购物中心和娱乐场所的类型、规模;根据遥感图像分析城市空间扩展模式等。

⑤ 模型(model)和模拟(simulation),即对某个地方可能发生什么情况进行模拟,而在 GIS 中的模拟一般是通过某种模型的分析。例如根据某种数理模型进行南水北调选线的分析模拟;根据某矿山的地质采矿条件参数,利用某一数学模型进行开采沉陷预测模拟等。

为了回答和解决以上五类问题,要求 GIS 必须具备从数据采集输入、存储管理、分析处理到表达输出的一系列功能。专业级的 GIS 软件包具有如下功能(图 1-4)。

(一) 数据采集与输入

有多种多样的数据源可供 GIS 使用,例如野外测量数据,运用现代定位技术(全球定位系统 GPS、惯性测量系统 ISS 等)所获得的数据,摄影测量与遥感影像数据,现有的图像数据,现有的图形资料,以及统计调查的文字、数字等。

GIS 的数据库不仅可以提供对各种空间数据和属性数据的编辑、处理、统计、分析和评价,还可以按一定的要求检索、建立报表、绘制图形。

(二) 空间数据的分析与处理

1. 空间数据预处理

在同一地区不同单位、不同时间的数据源难免在地图的比例尺、坐标系、投影方式等方面存在差别,因此一般需要对一些原始数据作预处理,如几何校正、坐标系统转换等。

2. 拓扑关系构建

空间概念能用几何关系和拓扑关系来度量。基本空间单元与其相关的特征是:点、线(长度、弯曲、方向)、面积(范围、周长、凹凸、连结、重叠)和体积。空间实体可定义为多个空间单元的组合,这种组合可以是相同类型实体的组合,也可以是不同类型实体的组合。

3. 缓冲区分析和多边形叠置

缓冲区生成与分析是根据数据库中的点、线、面实体,自动建立其周围一定宽度范围的缓冲区多边形,是 GIS 的基本空间分析功能。例如,建立一座电视塔,其有效范围有多大;在铁路线下进行煤炭开采,需要留设多宽的煤柱才能保证运输安全;煤矿开采引起的地表下

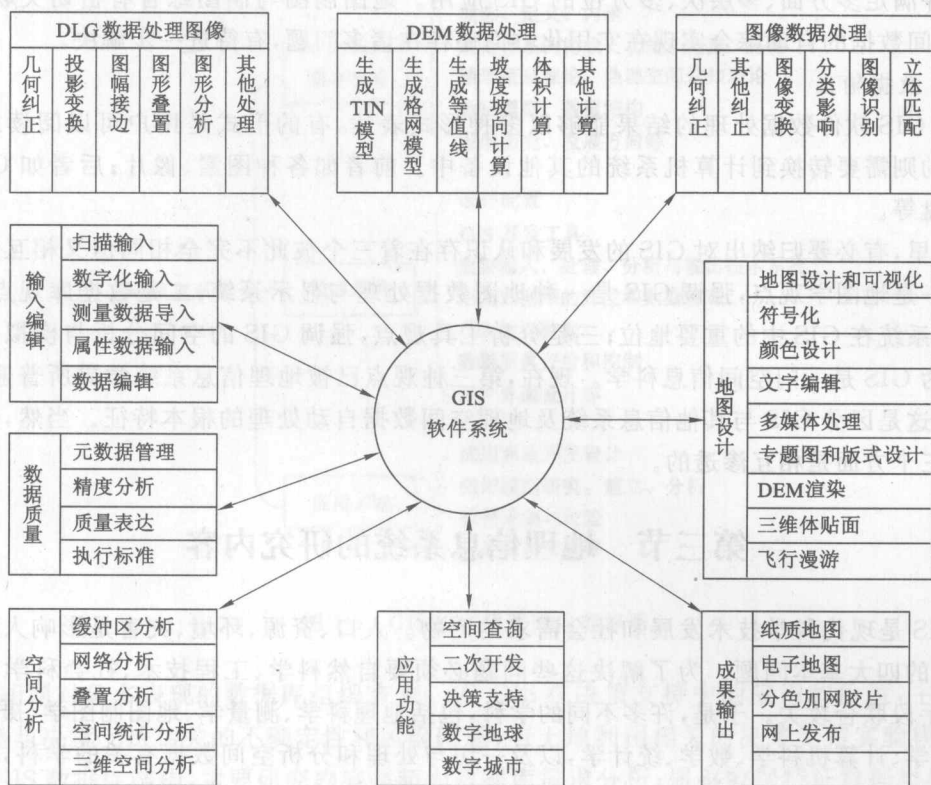


图 1-4 专业级 GIS 软件包功能图示

沉区域或积水面积等。

多边形叠置是将同一地区、同一比例尺的多边形要素数据文件进行叠置分析处理，从而产生许多新的多边形。例如，地质地形图就是同一地区、相同比例尺的地形地物数据与地质资料的数据叠加的结果。地学信息的叠置和分离是经常需要做的操作。

4. 数字地形分析

等高(值)线法适合于表示不规则的连续变化的表面，但它却不适用于数字地形分析。数字地形模型(DTM)或数字高程模型(DEM)是以数字方式表示空间起伏变化的连续表面。许多 GIS 都提供了构建 DTM 的软件包进行地形分析的功能。数字地形分析的主要内容有：等高线的生成与分析，地形要素的计算与分析，断面图分析，三维立体显示和计算等。

(三) 地图制图和数据输出

1. 地图制图与制图综合

地图制图功能是 GIS 的重要功能之一，包括制作基本比例尺地图和专题地图。地图制图功能模块或软件包通过图形编辑，可根据用户的需要对数字地图进行整饰，按照给定的符号、注记和颜色进行图形显示或绘图输出。但由于地理空间数据的数据组织、存储和表示与地图会存在某些不一致，使得从 GIS 空间数据库中制作地图还需一些人机交互编辑工作。地图综合的内容很多，如曲线化简、多边形简化、聚合多边形、简化建筑物、生成中心线和注记自动配置等。具有空间目标综合功能的 GIS 系统可以最大程度地体现空间基础数据的

价值,并满足多方面、多层次、多方位的 GIS 应用。地图制图与制图综合有密切关联,目前对于空间数据的自动综合实现在实用化方面还存在诸多问题,有待进一步解决。

2. 数据输出

经 GIS 软件数据处理的结果能够以多种形式表达,有的形式是用户可以阅读或理解的,有的则需要转换到计算机系统的其他设备中。前者如各种图素、像片;后者如 CCT 磁带、光盘等。

这里,有必要归纳出对 GIS 的发展和认识存在着三个彼此不完全相同但又相互关联的观点:一是地图学观点,强调 GIS 是一种地图数据处理与显示系统;二是数据库观点,强调数据库系统在 GIS 中的重要地位;三是分析工具观点,强调 GIS 的空间分析与模拟分析功能,认为 GIS 是一门空间信息科学。现在,第三种观点已被地理信息系统学界所普遍接受,并认为这是区分 GIS 与其他信息系统及地理空间数据自动处理的根本特征。当然,如前所述,这三个方面是相互渗透的。

第三节 地理信息系统的研究内容

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,包括地理科学、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,以及一切与处理和分析空间数据有关的学科,都在寻求一种能采集、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种各样数据、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。

地理信息系统广泛而深入的应用使其技术方法不断发展、完善,并促进其相关理论研究的发展和深入;理论研究的开展、技术方法的更新和进步又进一步指导开发出新一代高效地理信息系统,并推动和拓展其应用的广度和深度。目前 GIS 的主要研究内容如图 1-5 所示。

一、基本理论研究

研究包括 GIS 的概念、定义和内涵的发展,建立其理论体系,研究系统的构成、功能和任务;研究地理信息理论和地理空间认知理论,以指导系统的开发和建设;研究人脑认知地理空间环境的过程和方法以及人类地理空间认知功能的计算机模拟,发展空间数据模型和数据结构,为正确设计、研制和建立 GIS 提供科学的认识论和方法论;总结 GIS 的发展历史,探讨进一步发展中的理论和概念问题等。

美国国家地理信息和分析中心 NCGIA 于 20 世纪 90 年代初,在美国国家科学基金会的支持下,分 12 个原创性研究课题对 GIS 的基础理论进行了研究,分别为:① 空间数据库精度,主要研究内容是评定空间数据的统计模型;内插和估计的构造和评价技术;GIS 产品的数据不确定性和置信问题、空间分析和空间统计学。② 空间关系语言,主要研究内容和目标是以自然语言确定空间概念和空间关系的形式化认知或语义模型;基于拓扑学和几何学构造空间概念和空间关系的形式化数学或逻辑模型。③ 多表现,主要研究内容是自相似性和尺度依赖性;地图要素的数字表现模型;与分辨率水平相关的自动特征要素简化和选择