

全国煤炭高职高专（成人）“十二五”规划教材

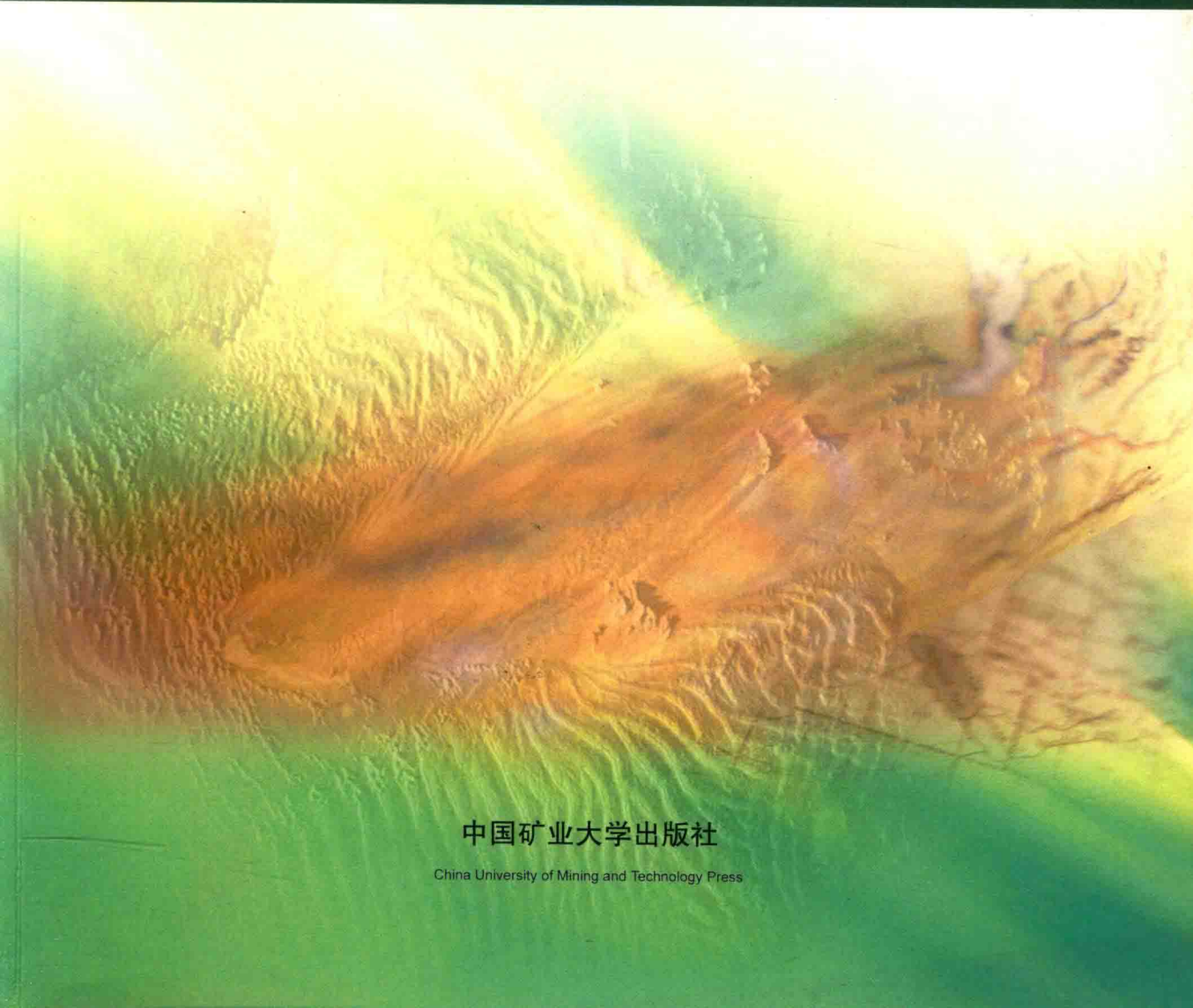
地理信息系统概论

谢 瑞 主编

Dili Xinxi Xitong Gailun

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press



全国煤炭高职高专(成人)“十二五”规划教材

地理信息系统概论

主 编 谢 瑞

副主编 肖海红

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书是全国煤炭高职高专(成人)“十二五”规划教材,全面系统地阐述了地理信息系统的基本原理、关键技术、应用方法及多个领域的应用实例。全书共分9章,主要内容包括地理信息系统的基本概念、基本理论、空间数据特征和数据结构、地理空间数据处理、空间数据库、空间数据查询与分析、数字高程模型、地理信息系统产品的输出与可视化、地理信息系统工程设计与标准化、地理信息系统的发展趋势。

本书可作为高等院校地理、生态环境、城市规划等专业本科和高职高专的教材,也可作为地理信息系统、资源和环境信息系统以及地学类专业的基础课程用书。

图书在版编目(CIP)数据

地理信息系统概论 / 谢瑞主编. — 徐州:中国矿业大学出版社,2012.8

ISBN 978 - 7 - 5646 - 1617 - 5

I. ①地… II. ①谢… III. ①地理信息系统—概论—
高等职业教育—教材 IV. ①P208

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 203897 号

书 名 地理信息系统概论
主 编 谢 瑞
责任编辑 章 毅 孟 茜
出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司
(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)
营销热线 (0516)83885307 83884995
出版服务 (0516)83885767 83884920
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com
印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司
开 本 787×1092 1/16 印张 12 字数 298 千字
版次印次 2012年8月第1版 2012年8月第1次印刷
定 价 19.80 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

全国煤炭高职高专(成人)“十二五”规划教材

建设委员会成员名单

主任：李增全

副主任：于广云 丁三青 王廷弼

委员：(按姓氏笔画排序)

王宪军 王继华 王德福 刘建中

刘福民 孙茂林 李维安 张吉春

陈学华 周智仁 赵文武 赵济荣

郝虎在 荆双喜 徐国财 廖新宇

秘书长：王廷弼

秘书：何 戈

全国煤炭高职高专(成人)“十二五”规划教材

矿山地质测量类编审委员会成员名单

主 任：杨梅忠

副主任：刘建平

委 员：(按姓氏笔画排序)

王念秦 卢敦华 田立新 冯 彬

关保国 张凤娟 郑瑞宏 赵宝森

贾 林 谢 瑞 端木合顺

前 言

本书是全国煤炭高职高专(成人)“十二五”规划教材之一,针对煤炭成人高职教育地理信息系统课程的教学需要,在总结多年教学经验的基础上编写而成。本教材具有如下特点:

(1) 针对高职高专学生学习的特点,强调实用性和应用性,以“学生学习本课程后应该做什么”为原则来编写教材。

(2) 充分考虑地理信息系统这一学科的特点,强调理论与实际应用相结合,在示例上选取了一些新的研发成果,突出对学生实用技能的培养。

(3) 每一章的前面给出了该章的重点、难点及学习目标,既有利于教师教学,又便于学生的学习;每一章的后面都有一定数量针对性非常强的习题,便于学生自测学习效果,加强对章节内容的理解。

(4) 本教材编写时突出基本理论和基本概念,文字简练、通俗易懂,具有较强的实用性。

本书在内容和结构上分为六部分:第一部分绪论,简要介绍 GIS 的基本概念、功能、组成、发展概况及学科体系;第二部分空间数据的组织与管理,包含 GIS 的数据结构、数据处理及空间数据库,是本书的重点内容;第三部分空间分析,包含空间数据查询与分析、数字高程模型,是学习 GIS 简单分析应用的入门知识及创建 GIS 复杂分析的基础;第四部分介绍 GIS 产品的输出与可视化;第五部分 GIS 应用工程的设计内容、过程和评价,以及 GIS 标准化的内容,可以不作为本课程的重点内容讲授;第六部分 GIS 发展趋势,简要介绍“3S”集成、分布式地理信息系统、互操作地理信息系统、数字地球、网格 GIS 及云 GIS。

本书第一章、第九章由河南工程学院谢瑞编写,并统一定稿;第二章、第七章第三节由河南工程学院肖海红编写,并订正了全书的图表;第三章、第八章由西安科技大学赵洲编写;第四章,第七章第一、二节由黄河水利职业技术学院齐建伟编写;第五章、第六章由黄河水利职业技术学院朱恩利编写。

本书在编写过程中引用了有关论文、教材及网络中的许多宝贵素材,在此表示感谢。

由于作者水平所限,书中难免有错误和不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

2012年4月

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 地理信息系统的组成	6
第三节 地理系统的功能	10
第四节 地理信息系统的发展概况	15
第五节 地理信息系统与相关学科的关系	18
本章自学测评	20
第二章 地理信息系统的数据结构	22
第一节 地理空间数据及其特征	22
第二节 空间数据的拓扑关系	26
第三节 矢量数据结构	30
第四节 栅格数据结构	37
第五节 矢量数据结构与栅格数据结构的比较	45
本章自学测评	47
第三章 地理空间数据处理	49
第一节 图形数据的编辑	49
第二节 图幅拼接	53
第三节 拓扑关系的自动建立	54
第四节 图形变换	57
第五节 多源空间数据的融合与格式转换	59
第六节 空间数据结构的转换	60
第七节 空间数据的压缩与重分类	63
第八节 地理空间数据的质量	66
第九节 元数据	68
本章自学测评	71
第四章 地理信息系统空间数据库	72
第一节 数据库概述	72
第二节 数据模型	77
第三节 GIS空间数据库	83
第四节 空间数据库索引	86

第五节 时空数据库	89
本章自学测评	90
第五章 空间数据查询与分析	91
第一节 空间数据查询	91
第二节 叠置分析	96
第三节 缓冲区分析	100
第四节 网络分析	101
本章自学测评	104
第六章 数字高程模型	105
第一节 DEM 与 DTM	105
第二节 DEM 的数据采集	106
第三节 DEM 的内插数学模型	108
第四节 DEM 的表示方法	111
第五节 DEM 的应用	113
本章自学测评	121
第七章 地理信息系统产品的输出与可视化	122
第一节 地理信息系统产品的输出	122
第二节 地图符号库、注记及地图排版	127
第三节 地理信息系统的可视化	132
本章自学测评	140
第八章 地理信息系统工程设计与标准化	141
第一节 应用型地理信息系统设计概述	141
第二节 地理信息系统工程设计	143
第三节 地理信息系统工程的评价	149
第四节 地理信息的标准化	150
本章自学测评	152
第九章 地理信息系统的发展趋势	153
第一节 “3S”技术的集成	153
第二节 分布式地理信息系统	157
第三节 互操作地理信息系统	162
第四节 数字地球	168
第五节 网格 GIS 与云 GIS	174
本章自学测评	180
参考文献	182

第一章 绪 论

【本章重点】 信息、数据、地理信息系统等概念及其特点;GIS 的组成、功能。

【本章难点】 信息与数据的关系;GIS 的特点。

【学习目标】 掌握数据、信息、地理信息系统的概念;掌握信息的特点,地理信息与一般信息的区别;掌握地理信息系统的概念;理解地理信息系统的组成;理解信息系统的基本功能;了解地理信息系统产生和发展的历史背景,发展过程。

进入 21 世纪以来,人类社会已经全面进入信息时代,信息技术(IT, Information Technology)正在深刻改变着人类生活和社会面貌,信息产业获得空前发展,信息资源呈爆炸式扩张。多尺度、多类型、多时态的地理信息是人类研究和解决土地、环境、人口、灾害、规划、建设等重大问题时所必需的重要信息资源,是信息高速公路上的重要列车。信息时代对信息资源的采集、管理、分析提出了更高的要求。现代科学方法——系统论、信息论、控制论的形成与现代高新技术——计算机技术、通讯技术、空间技术和自动化技术的应用,为信息资源的科学管理展示出更加广阔的前景。地理信息系统(GIS, Geographic Information System)、遥感(RS, Remote Sensing)技术和全球定位系统(GPS, Global Positioning System)三者有机结合(称之为“3S”技术),使 GIS 应用的深度和广度达到一个新水平,构成地理学日臻完善的技术体系,引起世界各国普遍的重视。其中,地理信息系统是一门集计算机科学、信息科学、现代地理学、测绘遥感学、环境科学、城市科学和管理科学为一体的综合性边缘学科。地理信息系统的迅速发展不仅为地理信息现代化管理提供了契机,而且为其他高新技术产业的发展提供了便利。

第一节 地理信息系统的基本概念

一、信息与数据

信息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“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。

地理信息系统中的信息即是广义的信息概念,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。信息具有如下特点:① 客观性。信息是客观存在的,任何信息都是与客观事物紧密联

系的,但同一信息对不同部门来说其重要性不同。② 适用性。信息对决策是十分重要的,它可作为生产、管理、经营、分析和决策的依据,因而它具有广泛适用性。③ 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。信息在传输、使用、交换时其原始意义不改变。④ 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。信息的这些特点,使信息成为当代社会发展的一项重要资源。

数据是通过数字化或记录下来的可以被鉴别的符号,不仅数字(自然、经济、人文地理数据)是数据,而且文字(大小、多少)、符号(图例)和图像(地图、遥感图像)也是数据。数据是用以载荷信息的物理符号,数据本身并没有意义,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:数据“1”和“0”,当用来表示某一种地理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。数据具有如下特点:① 客观性。数据存在的必然性是因为数据是物质、事物和现象的数量化表示,而物质、事物和现象又是客观存在的。② 原始性。数据表现了物质、事物和现象的初始状态,是其本质性的表示。③ 储存性。数据本身可以保存,数据的深层次是含有信息。④ 隐含性。数据隐含着物质、事物和现象发展变化的基本特征和基本规律,即隐含着人们所需要的信息。⑤ 运算性。数据可通过算术运算和逻辑运算产生新的信息。

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。信息是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,具有多种多样的形式,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,才能提取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所包含的信息。虽然日常生活中数据和信息的概念分得不是很清,但它们有着不同的含义。可以把数据比做原材料,信息是对原材料处理的结果。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;从遥感图像数据中可以提取出各种地物的图形大小和专题信息。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,并不严格区分地使用“信息”和“数据”,两个术语在不引起误解的情况下可以通用,如“数据处理”与“信息处理”在一般情况下有相同的含义。

二、地理信息和地理数据

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,通常可分为自然地理信息、经济地理信息、人文地理信息等。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。

地理信息除了具有信息的一般特性外,还具有以下独立特性:空间分布性、数据量大、多维结构和时序特征。空间分布性是指地理信息具有空间定位特点,这是地理信息区别于其他类型信息的最显著的标志。先定位后定性,并在区域上表现出分布式的特点,不可重叠,其属性表现为多层次,因此地理数据库的分布或更新也应是分布式。多维结构特征是指在同一个空间位置上,具有多个专题和属性的信息结构,如在同一个空间位置上,可取得高度、噪声、污染、交通等多种信息。地理信息的时序特征,即动态变换特征,是指地理信息随时间变化的序列特征,可按超短期(如台风、地震)、短期(如江河洪水、秋季低温)、中期(如土地利用、作物估产)、长期(如城市化、水土流失)、超长期(如地壳变动、气候变化)时序来划分。数据量大是指地理信息既具有空间特征,又具有属性特征,而且具有随时间变化的特征,因此数据量大。认识地理信息的这种空间分布性、数据量大、多维结构和时序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。

地理数据是各种地理特征和现象间关系的符号化表示,包括空间位置、属性特征和时态特征三个部分。空间位置数据描述地物所在位置,这种位置既可以根据大地参照系定义,如大地经纬度坐标,也可以定义为地物间的相对位置关系,如空间上的距离、邻接、重叠、包含等;属性数据又称为非空间数据,是属于一定地物、描述其特征的定性或定量指标,即描述信息的非空间组成部分,包括语义与统计数据等;时态特征是指地理数据采集或地理现象发生的时刻或时段,时态数据对环境模拟分析非常重要,越来越受到地理信息系统学界的重视。从地理实体到地理数据、从地理数据到地理信息的发展,反映了人类认识的一个巨大飞跃。

三、信息系统与地理信息系统

(一) 信息系统

1. 信息系统的概念

信息系统是具有数据采集、管理、分析和表达数据能力,并能回答用户一系列问题的系统,它能够为单一的或有组织的决策过程提供有用的信息。信息系统大部分或全部由计算机系统支持,并由计算机硬件、软件、数据和用户四大要素组成。另外,智能化的信息系统还包括知识。

(1) 计算机硬件包括各类计算机处理及终端设备,它帮助人们在非常短的时间内处理大量数据、存储信息和快速获得帮助。

(2) 软件是支持数据信息的采集、存储加工、再现和回答用户问题的计算机程序系统,它接受有效数据,并正确地处理数据,在一定的时间内提供适用的、正确的信息,并存储信息为将来所用。

(3) 数据是系统分析与处理的对象,是构成系统的应用基础。

(4) 用户是信息系统所服务的对象。由于信息系统并不是完全自动化的,在系统中总是包含一些人的复杂因素,人的作用是输入数据、使用信息和操作信息系统;另外,建立信息系统也需要人的参与。

在基于计算机的信息系统中,信息处理过程的作用是告诉人们各部分间的相互关系。

信息系统的组成如图 1-1 所示。

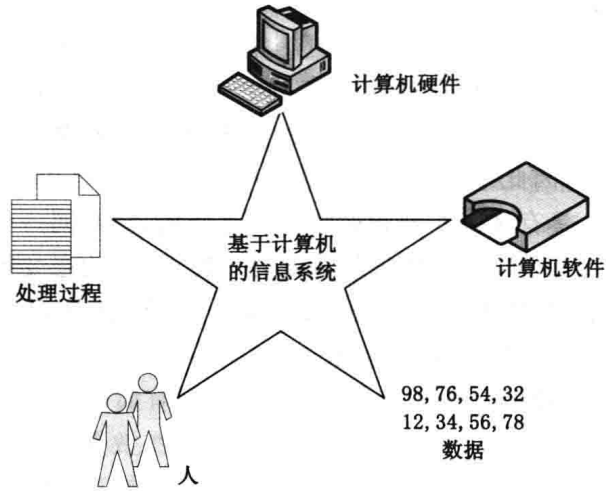


图 1-1 信息系统的组成

2. 信息系统的类型

信息的需要完全取决于管理的层次。设计一个系统要满足组织中所有层次人员的信息需要,这种系统是很复杂的,因为组织中使用的信息在数量、状态和类型上都是易变的和不可预知的。在组织中将信息系统分成三个管理层次:操作层(底层)、战术层(中间层)和战略层(顶层)。操作层包括的人员如会计师、销售人员和商店监理,他们执行日常工作和上级管理所做的计划;战术层包括组织中的高级管理人员和参与最高管理的中层管理人员;而战略层负责决定组织的发展方向。为了解决系统复杂性这一问题,大多数组织建立不同类型的系统来满足他们的需要。

(1) 事物处理系统(TPS, Transaction Process System)主要用以支持操作层人员的日常活动。它主要负责处理日常事务。

(2) 管理信息系统(MIS, Management Information System)是一种基于数据库的回答系统,需要包含组织中的事务处理系统,并提供了内部综合形式的数据,以及外部组织的一般范围和大范围的数据。许多战术层提供的信息能按照该层管理者希望的那样以熟悉的和喜欢的形式提供。但是,为战术层管理者提供的另外一部分信息和大多数为战略层管理者提供的信息是不可能事先确定的。这些不确定性对管理信息系统的设计者来说是个很大的挑战。

(3) 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,能从管理信息系统中获得信息,帮助管理者制定好的决策。该系统是一组处理数据和进行推测的分析程序,用以支持管理者制定决策。它是基于计算机的交互式的信息系统,由分析决策模型、管理信息系统中的信息、决策者的推测三者互相组合达到好的决策效果。

(4) 人工智能和专家系统(ES, Expert System)是能模仿人工决策处理过程的基于计算机的信息系统。专家系统扩大了计算机的应用范围,使其从传统的资料处理领域发展到智能推理上来。MIS 能提供信息帮助制定决策, DSS 能帮助改善决策的质量,只有专家系统

能应用智能推理制定决策并解释决策理由。专家系统由五个部分组成:知识库、推理机、解释系统、用户接口和知识获得系统。

(二) 地理信息系统

1. 地理信息系统的定义

地理信息系统(GIS)是一种决策支持系统,它具有信息系统的各种特点。关于 GIS 国内外有许多定义,不同的应用领域、不同的专业,对它的理解是不一样的,目前还没有一个完全统一的被普遍接受的定义。有人认为 GIS 是管理和分析空间数据的计算机系统,在计算机软、硬件支持下对空间数据按地理坐标或空间位置进行各种处理,完成数据输入、存储、处理、管理、分析、输出等功能,对数据实行有效管理,研究各种空间实体及其相互关系,通过对多因素信息的综合分析可以快速地获取满足应用需要的信息,并能以图形、数据、文字等形式表示处理结果。有人认为 GIS 是一种特定而又十分重要的空间信息系统,它以采集、存储、管理、分析和描述整个或部分地球(包括大气层在内)空间和地理分布有关的数据为主要任务。有人认为 GIS 就是数字制图技术和数据库技术的结合。有人则按研究专业领域的不同给予其不同的名称,如地籍信息系统、土地信息系统、环保信息系统、管网信息系统和资源信息系统等。1987 年 DOE(英国教育部)下的定义为:GIS 是一种获取、存储、检查、操作、分析和显示地球空间数据的计算机系统。1988 年美国国家地理信息与分析中心(NCGIA)下的定义为:为了获取、存储、检索、分析和显示空间定位数据而建立的计算机化的数据库管理系统。应该说,上述定义均比较科学地阐明了 GIS 的对象、功能和特点。总之,地理信息系统是在计算机软、硬件支持下,以采集、存储、管理、检索、分析和描述空间物体的定位分布及与之相关的属性数据,并回答用户问题等为主要任务的计算机系统。

地理信息系统具有以下四个方面的特征:

(1) 公共的地理定位基础。所有的地理要素,只有按地理坐标或者特定的坐标系统进行严格的空定位,才能使具有时序性、多维性、区域性特征的空间要素进行复合和分解,将隐含其中的信息进行显示表达,形成空间和时间上连续分布的综合信息基础,支持空间问题的处理与决策。

(2) 具有采集、管理、分析和输出多种地理空间信息的能力。

(3) 系统以分析模型驱动,具有极强的空间综合分析和动态预测能力,并能产生高层次的地理信息。

(4) 以提供地理信息服务为目的,是一个人机交互式的空间决策支持系统。GIS 的外观表现为计算机软、硬件系统,其内涵是由计算机程序和地理数据组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进行模拟,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变换来仿真,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,避免错误的决策。

2. 地理信息系统的分类

地理信息系统的分类有不同的标准。地理信息系统按照范围大小可分为全球的、区域的和局部的三种,分别适用于所研究对象的不同特征、内容以及所要解决问题的性质。按照表达空间数据维数来分,可分为 2 维、2.5 维和布满整个 3 维空间的真 3 维地理信息系统,以及考虑时间维的时态地理信息系统(或称 4 维地理信息系统)。按照地理空间数据模

型或数据结构来分,可分为地理相关模型、地理关系模型、面向对象模型的地理信息系统。按照内容来分,可分为专题地理信息系统、综合地理信息系统和地理信息系统工具。专题地理信息系统是以某一专业、任务或现象为主要内容的地理信息系统,为特定的专门目的的空间信息服务,如森林动态监测信息系统、农作物估产信息系统、水土流失信息系统、土地利用信息系统、房产管理信息系统等。综合地理信息系统是主要解决局部或区域内的综合业务和决策服务特点的地理信息系统,如国情、省情信息系统,城市规划管理和辅助设计信息系统等。地理信息系统工具是基于商业目的开发的地理信息系统工具平台,提供实现地理信息系统二次开发的基本功能,并能使用户通过对这些功能的客户化定制开发,获得最终的目标系统。

第二节 地理信息系统的组成

完整的地理信息系统主要由五个部分组成,即计算机硬件系统、计算机软件系统、地理空间数据、应用分析模型、系统开发管理和使用人员,如图 1-2 所示。计算机软件系统和计算机硬件系统是地理信息系统的核心部分;地理空间数据是地理信息系统操作的对象;应用分析模型是进行空间分析的主要模型和模式,空间分析方法和功能设计是地理信息系统的主要研究领域,为地理信息系统解决各类空间问题提供工具;系统开发管理和使用人员决定系统的工作方式和信息表达方式。



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,是地理信息系统的物理外壳。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。计算机硬件系统按构成地理信息系统规模和功能的不同,分为基本设备和扩展设备两大部分。基本设备包括计算机主机(含鼠标、键盘、硬盘、图形显示器等)、存储设备(光盘刻录机、磁带机、光盘塔、活动硬盘、磁盘阵列等)、数据采集与输入设备(图像扫描仪、数字化仪、手写笔、光笔等)、数据输出设备(笔式绘图仪、喷墨绘图仪、激光打印机等)。扩展设备部分包括图像处

理系统、解析测图仪、多媒体系统、虚拟现实与仿真系统、测绘仪器、计算机网络设备、数据通讯端口等。它们用于配置地理信息系统的单机模式、局域网模式和广域网模式等不同的规模模式。因此,地理信息系统的计算机硬件系统针对不同的网络结构,其配置、应用规模以及连接模式等各有不同,其硬件组成如图 1-3 所示。

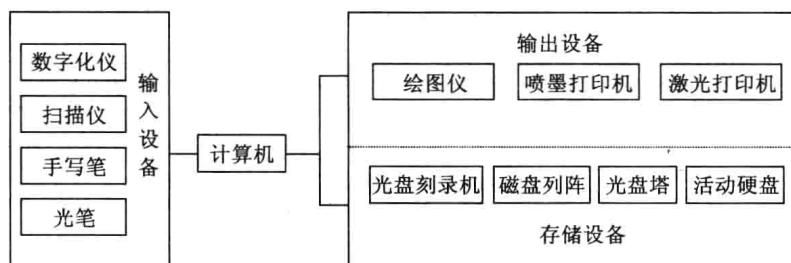


图 1-3 地理信息系统硬件组成

二、计算机软件系统

计算机软件系统是指地理信息系统运行所必需的各种程序及有关资料,主要包括计算机系统软件、地理信息系统软件和应用分析软件三部分。

(一) 计算机系统软件

计算机系统软件是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、库程序、数据库管理系统以及各种维护手册。

(二) 地理信息系统软件

地理信息系统软件(或商业化的 GIS 工具或平台)是由 GIS 软件商开发的,提供 GIS 基本功能和开发环境的商业软件。多数 GIS 功能首先是基于这个商业平台,经过二次开发来完成的。目前,世界上主要的 GIS 软件生产者及其产品如下。

- (1) 环境系统研究所(ESRI):ArcGIS、ArcView;
- (2) MapInfo 公司:MapInfo 系列产品;
- (3) Intergraph 公司:MGE,GeoMedia;
- (4) Bentley System 公司:Microstation;
- (5) AutoDesk 公司:AutoCAD Map;
- (6) 得克萨斯 Baylor 大学:GRASS;
- (7) 克拉克实验室:IDRISI;
- (8) 荷兰国际航空航天测量与地球科学学会:ILWIS;
- (9) ThinkSpace 公司:MFworks;
- (10) PCI Geomatics:PAMAP;
- (11) TYDAC 公司:SPANS;
- (12) Caliper 公司:TransCAD,Mapitude;
- (13) Northwood 技术有限公司:Vertical Mapper。

其中,ESRI、MapInfo 公司、Intergraph 公司占据市场的主导地位。这些公司或机构还分别推出了其组件开发产品和网络开发产品,如 ESRI 的 MapObject、ArcMIS,MapInfo 公司的 MapX、MapXtreme 等,以支持先进的组件开发和网络开发技术利用。

根据地理信息系统的概念和功能,其基本功能软件由六个基本模块组成(图 1-4),即空间数据输入与格式转换、空间数据存储与管理、图形与属性的编辑处理、空间数据分析与处理、空间数据输出与表示、用户接口。

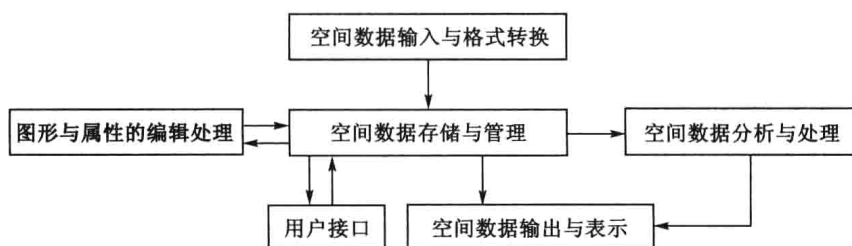


图 1-4 地理信息系统基本功能软件组成

1. 空间数据输入与格式转换

空间数据输入与格式转换的主要功能是将系统外部的原始数据(多种来源、多种类型、多种格式)传输给系统内部,并将其格式转换为系统支持的格式。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、磁带的方式录入遥感数据或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、野外调查数据及仪器记录的数据。

数据输入方式主要有三种形式:① 手扶跟踪数字化仪的矢量跟踪数字化,主要通过人工选点或跟踪线段进行数字化,主要输入有关图形的点、线、面的位置坐标;② 扫描数字化仪的矢量数字化,通过矢量化软件将纸质图形输入系统,或将图片扫描输入系统;③ 键盘输入或文件读取,通过键盘直接输入坐标、文本和数字数据,或通过文件读取,并经过转换输入系统。

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、空间关系和属性数据如何构造和组织等。主要由特定的数据模型或数据结构来描述构造和组织的方式,由数据库管理系统(DBMS, Database Management System)进行管理。在 GIS 的发展过程中,数据模型经历了层次模型、网络模型、关系模型、地理关系模型、地理相关模型和面向对象的模型,它们分别代表着空间数据和属性数据的构造和组织形式。

3. 图形与属性的编辑处理

地理信息系统内部的数据是由特定的数据结构描述的,图形元素的位置必须符合系统数据结构的要求,所有元素必须处于统一的地理参照系中,并经过严格的地理编码和数据分层组织,因此需要进行拓扑编辑和拓扑关系的建立、图幅接边、数据分层、地理编码、投影转换、坐标系统转换、属性编辑等操作。除此之外,它们一方面要修改数据错误,另一方面还要对图形进行修饰,设计线型、颜色、符号,进行注记等。这些都要求 GIS 提供数据编辑处理的功能。

4. 数据分析与处理

数据分析与处理模块反映了对一个区域的空间数据和属性数据综合分析利用的能力,通过提供矢量、栅格、DEM 等空间运算和指标量测,达到对空间数据的综合利用的目的(如基于栅格数据的算术运算、逻辑运算、聚类运算等,提供栅格分析;基于邻域的空间函数,如像元连通性、扩散、最短路径搜索;通过图形的叠加分析、缓冲区分析、统计分析、路径分析、

资源分配分析、地形分析等,提供矢量分析),并通过误差处理、不确定性问题的处理等,获得正确的处理结果。

5. 空间数据输出与表示

空间数据输出与表示是将地理信息系统内的原始数据,经过系统分析、转换、重组后以某种用户可以理解的方式提交给用户。它们可以是地图、表格、决策方案、模拟结果显示等形式。当前,地理信息系统可以支持输出物质信息产品和虚拟现实与仿真产品。

6. 用户接口

用户接口主要用于接收用户的指令、程序或数据,是用户和系统交互的工具,主要包括用户界面、程序接口和数据接口。系统通过菜单方式或解释命令方式接收用户的输入。由于地理信息系统功能复杂,无论是 GIS 专业人员还是非专业人员,提供操作友好的界面可以提高操作效率。当前,Windows 风格的菜单界面几乎成了 GIS 的界面标准。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。

(三) 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着系统实用性的优劣。

三、地理空间数据

数据是地理信息系统的操作对象,是地理信息系统的血液,它包括空间数据和属性数据。数据组织和管理质量,直接影响地理信息系统操作的有效性。在地理数据的生产中,当前主要是 4D 产品,即数字线划数据(DLG, Digital Line Graph)、数字栅格数据(DRG, Digital Raster Graph)、数字高程模型(DEM, Digital Elevation Model)、数字正射影像(DOM, Digital Ortho Map)。空间数据质量通过准确度、精度、不确定性、相容性、一致性、完整性、可得性、现势性等指标度量。地理信息系统的空间数据均在统一的地理参照框架内,对整个研究区域进行了空间无缝拼接,即在空间上是连续的,不再具有按图幅分割的迹象。空间数据和属性数据进行了地理编码、分类编码和建立空间索引,以支持精确的、快速的定位、定性、定量检索和分析。其数据组织按工作区、工作层、逻辑层、地物类型等方式进行。

地理空间数据库是地理数据组织的直接结果,并提供数据库管理系统进行管理。通过数据库系统,对数据的调度、更新、维护、并发控制、安全、恢复等提供服务。根据数据库存储数据的内容和用途,可分为基础数据库和专题数据库。前者反映基础的地理、地貌等基础地理框架信息,如地图数据库、影像数据库、土地数据库等;后者反映不同专业领域的专题地理信息,如水资源数据库、水质数据库、矿产分布数据库等。

由于测绘和制图综合技术的原因,当前地理信息系统只能对多比例尺测绘的地图数据分别建立对应的数据库。由于上述原因,在一个地理信息系统中,可能存在多个数据库。这些数据库之间还要经常进行相互访问,因此会形成数据库系统。又由于地理信息的分布性,还会形成分布式数据库系统。为了支持数据库的数据共享和交换,并支持海量数据的