



TEACHING MATERIALS
FOR COLLEGE STUDENTS
高等学校教材

地理信息系统 基础教程 (第2版)

万剑华 安聪荣 李连伟 主编



中国石油大学出版社



地理信息系统 基础教程

万剑华 安聪荣 李连伟 主编

第2版

中国石油大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

地理信息系统基础教程/万剑华, 安聪荣, 李连伟
主编. —2 版. —东营: 中国石油大学出版社, 2011. 11
ISBN 978-7-5636-3643-3

I. ①地… II. ①万… ②安… ③李… III. ①地理信
息系统—高等学校—教材 IV. ①P208

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 243566 号



中国石油大学(华东)规划教材

书 名: 地理信息系统基础教程(第 2 版)
作 者: 万剑华 安聪荣 李连伟

责任编辑: 穆丽娜(电话 0532—86981531)

封面设计: 青岛友一广告传媒有限公司

出 版 者: 中国石油大学出版社(山东 东营 邮编 257061)

网 址: <http://www.uppbook.com.cn>

电子信箱: shiyoujiaoyu@126.com

印 刷 者: 青岛星球印刷有限公司

发 行 者: 中国石油大学出版社(电话 0532—86981532, 0546—8392563)

开 本: 185 mm×260 mm 印张: 18.75 字数: 432 千字 插页: 4

版 次: 2013 年 3 月第 2 版第 1 次印刷

定 价: 33.00 元

第2版

前言

地理信息系统(Geographic Information System, GIS)是在计算机软件、硬件及网络系统支持下,对整个或部分地球表层(包括大气层)空间中的有关地理分布数据进行采集、存储、管理、运算、分析、显示和描述的技术系统。

1963年,加拿大测量学家 R. F. Tomlinson 首先提出“地理信息系统”这一概念,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”。数十年过去,社会已经进入一个信息化浪潮席卷全球的时代,信息化已逐步成为推动世界经济和社会全面发展的关键因素,成为人类进步的新标志,广泛影响着人类的生产和生活方式。在人类社会所需要的各类信息中,与地球表面空间位置相关的信息(即地理信息)占有高达 80% 的比例,与其相应的 GIS 在政府决策、国防建设、经济建设、企业经营等各领域及大众信息服务中的重要性不言而喻。

随着我国具有战略性新兴产业特征的地理信息产业的飞速发展,作为高等学校地理信息系统及其相关本科专业(如测绘工程、地理学类、资源环境与城乡规划管理专业等)人才培养的核心课程,“地理信息系统基础教程”的内容也要与时俱进。GIS 综合性较强,知识点较多,具有学科与技术的统一性、发展与内容更新的快速性、多学科集成、渗透性较强、空间抽象性强、研究对象的空间尺度变化大、应用范围广等特点。这要求我们必须能够在教学内容当中跟踪 GIS 最新的理论、技术和应用。正是基于这样的思想,在《地理信息系统基础教程》的本次修订中对第 1 版内容进行了较大的调整,进一步理清了教材结构框架和内容体系,对各章节结构及内容进行了大幅度更新。

全书共分 11 章。第 1 章主要讲述 GIS 的基本概念、组成、功能和发展历程;第 2 章讲述 GIS 的参照系统、地图投影、空间尺度和地理格网等概念;第 3 章讲述 GIS 中常用的几种空间数据结构;第 4 章讲述空间数据库的基本概念、管理模型、管理模式、扩展 SQL 以及空间索引机制等;第 5 章讲述空间数据处理技术,包括空间数据的采集与编辑、空间数据的坐标变换、空间数据的融合、空间数据的压缩与综合、空间数据的内插方法以及空间数据的质量分析与控制等内容;第 6 章讲述空间数据的查询检索与量算的相关理论与技术;第 7 章对 GIS 的主要空间分析功能进行了细致的说明,包括基于矢量数据的空间分析和基于栅格数据的空间分析等;第 8 章对 DTM 数据模型、DEM 数据模型、不同 DEM 模型之间的相互转换以及常见的地形分析进行了详细的论述;第 9 章讲述探索性空间信息分析,特别是对 ESRI 的 ArcGIS 所涉及的一些方法原理进行详细的论述;第 10 章主要涉及 GIS 的图形输出功能;第 11 章重点论述 GIS 的发展趋势。



本书是在万剑华教授主编的《地理信息系统基础教程》的基础上修订而成,安聪荣参与了第2、第3章部分内容及第4、第6至第10章全部内容的更新工作,对本书的内容修订贡献最大;李连伟参与了第5章全部及第11章大部分内容的更新工作;宋冬梅参与了第1章部分内容的更新工作;崔建勇参与了第3章部分内容的更新工作;万剑华负责本书的整体内容架构设计,第1、第2、第11章部分内容的更新及全书的统稿、定稿工作。

本书的修订着重突出以下特色:①对传统的GIS基础理论、知识点进一步梳理,突出经典、核心内容,在此基础上用一章的篇幅介绍移动GIS、云GIS、物联网GIS等内容,使读者能及时了解当代GIS的发展趋势;②在每章的后面增加了本章小结、专业术语、复习思考题,方便读者对知识点的学习掌握;③尊重阅读、学习认知规律,适量增添图表,并附部分彩图,作为文字内容有益的补充和说明,力求做到图文并茂,可读性强。

本书作为学校“十一五规划教材”,其立项得到了中国石油大学(华东)教务处的大力支持;中国石油大学出版社为本书的编辑、校对、出版付出了辛勤的劳动;书中内容参考了大量国内外专家的高水平研究成果(见参考文献);孙姝娟、黄荣刚、厉梅、翟雪奎、申星、李若愚参与了资料的收集、整理工作。在此一并向上述单位和个人表示感谢。

本书可作为地理信息科学、测绘工程、遥感科学与技术、土地资源管理、资源环境与城乡规划管理等本科专业的专业课教学用书,也可作为其他相关专业本科生、研究生系统学习地理信息系统原理与方法的选用教材。

由于作者水平有限,书中难免存在一些不当之处,恳请广大读者批评指正。

编者
2012年12月

第1版

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



第 1 章 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与功能	5
1.3 地理信息系统与其他相关学科系统间的关系	14
1.4 地理信息系统的发展历程	16
复习思考题	19
第 2 章 GIS 的空间参照系统	20
2.1 地球空间参照	20
2.2 地图投影概述	26
2.3 空间尺度	32
2.4 地理格网	34
复习思考题	36
操作练习题	36
第 3 章 空间数据结构	37
3.1 栅格数据结构	37
3.2 矢量数据结构	47
3.3 两种数据结构的比较与转化	55
3.4 矢量栅格一体化结构	65
复习思考题	68
操作练习题	69
第 4 章 空间数据库	70
4.1 空间数据库简介	70
4.2 空间数据库模型	72
4.3 空间数据库管理模式	77



4.4 空间数据的查询——扩展 SQL	83
4.5 空间索引机制	86
4.6 空间数据库的设计、建立和维护	89
复习思考题	93
操作练习题	93
第 5 章 空间数据的处理	94
5.1 空间数据的采集与编辑	94
5.2 空间数据的坐标变换	104
5.3 多源空间数据的融合	106
5.4 空间数据的压缩与综合	110
5.5 空间数据的内插方法	114
5.6 图幅数据边沿匹配处理	119
5.7 空间数据的质量分析与控制	121
复习思考题	129
操作练习题	130
第 6 章 空间数据的查询检索与量算	131
6.1 空间数据的查询检索	131
6.2 空间地物的几何量算	134
6.3 空间地物的形状量算	136
6.4 质心量算	138
6.5 距离量算	140
复习思考题	142
操作练习题	142
第 7 章 地理信息系统的空间分析	143
7.1 基于矢量数据的空间分析	143
7.2 基于栅格数据的空间分析	160
复习思考题	166
操作练习题	166
第 8 章 数字地面模型与地形分析	167
8.1 DTM 的概念和数据采集	167
8.2 DEM 的数据模型	170
8.3 DEM 模型之间的相互转换	180
8.4 常见的地形分析	185
复习思考题	193



操作练习题	193
第 9 章 探索性空间信息分析	195
9.1 空间自相关分析	195
9.2 空间数据变异分析	199
9.3 空间数据分布检验	202
复习思考题	206
操作练习题	206
第 10 章 GIS 数据显示与地图输出	207
10.1 GIS 数据输出设备与类型	207
10.2 地图符号系统	211
10.3 地图注记	213
10.4 地图设计	215
10.5 专题信息表达	216
复习思考题	228
操作练习题	228
第 11 章 GIS 的发展趋势	229
11.1 ComGIS	229
11.2 WebGIS	233
11.3 三维 GIS	238
11.4 移动 GIS	243
11.5 GridGIS	251
11.6 多媒体 GIS	256
11.7 时态 GIS	259
11.8 OpenGIS	263
11.9 云 GIS	267
11.10 物联网 GIS	271
11.11 3S 集成技术	275
复习思考题	278
参考文献	279

第1章 概述

在当今信息技术突飞猛进、信息资源呈爆炸扩张的年代,政府、社会运作的相关信息80%左右具有地理成分。例如,我们面临的主要挑战,包括人口过量、环境污染、森林毁坏、自然灾害、经济发展与军事冲突,是具有严格空间位置的全球性问题。不管是设立新的商业网点或者废弃物存放场所,寻找作物生长的最佳土地,还是规划城市中急救车的最佳路线、解决紧急事态问题,或是规划设计石油管道线路等,都涉及地理位置信息。多尺度、多时态的地理信息是人类研究和解决人口、资源与环境中的重大问题时所必需的重要资源。信息时代下,人类对信息资源的采集、存储管理与分析显示有了更高的要求,而控制论、信息论和系统论的形成,计算机技术、通信技术、遥感技术、全球定位系统等的发展,为信息资源的科学管理提供了更广阔的应用前景,地理信息系统在这种背景下应运而生。

1.1 地理信息系统的基本概念

1.1.1 信息与数据

数据(data)是人类在认识世界和改造世界的过程中,定性或定量地对事物和环境进行描述的直接或间接的原始记录,是一种未经加工的原始材料,是客观对象的表示。数据可以以多种方式和存储介质存在,前者如数字、文字、符号、图像等,后者如记录本、地图、胶片、磁盘等,不同数据存储介质和格式可以相互转换。

信息(information)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,以作为生产、建设、经营、管理、分析和决策的依据。例如,一个人的存在,可以用姓名、性别、年龄、籍贯、政治面貌、社会关系、职称、工资等方面的信息来描述,当一个人的情况发生变化时,如年龄变化、工资改变、政治进步等,均应及时地对反映他的信息进行更新。因此也可以说,信息是客观事物的存在及演变情况的反映。

信息具有四方面特点: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,但同一信息对不同的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,因而具有广泛适用性。③ 传输性。信息既可以在信息发送者和接受者之间传输,也可以在系统内各子系统之间传输和交换。信息在传输、交换时其原始意义不改变。④ 共享性。现代信息社会中,信息共享是最基本的特点,共享使信息被多用户使用。

信息与数据是不可分离的,二者之间有着十分密切的联系。数据是用以载荷信息的物理符号,没有任何实际意义,只是一种数学符号的集合,只有对其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,即信息是数据的内涵,是数据的内容和解释,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,对数据做出正确的解释,才能得到数据中所包含的信息。

1.1.2 地理数据和地理信息

1) 地理数据

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(简称属性)及时域特征三部分。

(1) 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,如空间上的关联、邻接、包含等。同时,这种位置可以是精确的,如 $D(120, 38)$,也可以是相对的,如“南教楼在讲堂群南侧”。

(2) 属性特征数据有时又称非空间属性数据,是属于一定地物、描述其特征的定性或定量指标,如公路的等级、宽度、起点、终点等。

(3) 时域特征是指地理数据采集或地理现象发生的时刻/时段。时域特征对环境模拟分析非常重要,正受到地理信息系统学界越来越多的重视。

空间位置、属性特征及时域特征是地理空间分析的三大基本要素,描述了一个事物的完整特征。

2) 地理信息

地理信息是有关地理实体的性质、特征及运动状态的表征和一切有用的知识,它是对表达地理特征与地理现象之间关系的地理数据的解释。作为信息的一种,地理信息不但具有信息的一般特性,即信息的客观性、信息的适用性、信息的传输性和信息的共享性,而且从其本身而言,地理信息还具有以下六种特性。

(1) 空间相关性:任何地理事物都是相关的,并且空间距离越近则相关性越大,空间距离越远则相关性越小,同时地理信息的相关性具有区域性特点。

(2) 空间区域性:区域性是地理信息的天然特性,不仅体现在数据的分区组织上,而且在应用方面也是面向区域的,即一个部门或专题必然也是面向所管理或服务的区域的。

(3) 空间多样性:在不同的地方或区域,地理数据的变化趋势是不同的。地理信息的多样性意味着地理信息的分析结果需要依赖其位置,才能得出合乎逻辑的解释。地理信息的多样性也体现为不同区域对地理信息的需求不一样,特别是对地理信息服务、信息的生产、信息的存储和信息的使用安排需要考虑不同地方对信息的需求。



(4) 空间层次性:地理信息的空间层次性首先体现在空间区域上,同一区域的地理现象具有多重属性,例如某区的土壤侵蚀研究,其相关因素包括该地区的降雨、植被覆盖、土壤类型、地形坡度等;其次体现在空间尺度上,不同空间尺度数据具有不同的空间信息特征。

(5) 不确定性:不确定性是地理数据的基本特征之一。地理数据不确定性的来源是地理系统本身的复杂性,它从本质上决定着地理数据的不确定性以及各种原因所导致的数据误差。

(6) 多尺度性:从空间尺度上来看,描述地理区域的各种地理数据具有多种空间尺度——既有全球尺度、洲际尺度、国家尺度,也有流域尺度、地区尺度、城市尺度、社区尺度;从时间尺度上来看,描述地理过程的各种地理数据具有多种时间尺度,包括超长期尺度、长期尺度、中期尺度、短期尺度和超短期尺度,具体的时间单位如历史年代、年、季度、月、天等。

1.1.3 信息系统和地理信息系统

1) 信息系统

(1) 信息系统的概念。

信息系统是指能对数据和信息进行采集、存储、加工和再现,并能回答用户一系列问题的系统。信息系统具有数据采集、数据管理、数据分析和数据表达四大功能。在计算机时代,大部分重要的信息系统都是部分或全部由计算机系统支持的,并由硬件、软件、数据和用户四个主要部分组成,例如目前流行的图书情报信息系统、经营信息系统、企业管理信息系统、金融管理信息系统、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、处理和表达的是空间信息。因此,这类信息系统在结构上也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。

(2) 信息系统的类型。

信息系统根据数据处理对象可分为空间信息系统和非空间信息系统。前者主要处理带有位置特征的数据(包括属性数据),而后者则只是处理一般的事务性数据(不含空间特征)。从应用层次来分,信息系统有事务处理系统(Transaction Process System, TPS)、管理信息系统(Management Information System, MIS)、决策支持系统(Decision Support System, DSS)等。地理信息系统在处理对象上属于空间信息系统,在应用层次上则属于决策支持系统。

2) 地理信息系统

(1) 地理信息系统的定义。

地理信息系统(Geographical Information System 或 Geo-Information System, GIS),从数据处理对象来看,属于空间信息系统。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,对空间数据的地理坐标或空间位置进行各种处理,完成数据输入、存储、管理、处理、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的空间信息系统。有人认为 GIS 就是数字制图技术和数据库技术的结合。还有人按研究专业领域不同给予不同的名称,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 年英国教育部(Department of Education, DOE)下的定义是: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(National Center for Geographic Information & Analysis, NCGIA)下的定义是: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。美国环境系统研究所公司(Environmental Systems Research Institute, Inc., 简称 ESRI)定义 GIS 是计算机硬件、软件、地理数据和人员的有机集合,可以有效地获取、存储、更新、操作、分析和显示所有形式的地理信息。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。

(2) 地理信息系统的基本内涵。

通过上述分析和定义可以得出 GIS 的基本内涵:

① GIS 的物理外壳是计算机化的技术系统。离开了计算机, GIS 无从谈起,计算机是其存在的物理基础。另外, GIS 作为一个信息系统,由若干个相互关联的子系统构成,如数据采集、数据管理、数据处理和分析、数据产品输出等子系统,这些子系统的优劣及其结构直接影响着 GIS 的硬件平台、功能、效率、数据处理的方式和产品输出的类型。

② GIS 的操作对象是空间数据。这是 GIS 区别于其他类型信息系统的根本标志,也是其技术难点之所在。空间数据最根本的特点是每一个数据都按统一的地理坐标进行编码,实现对其定位、定性和定量的描述,与非空间信息系统中的普通属性数据相比较,它具有嵌套和不定长等非结构化特点,操作和管理也相对复杂。

③ GIS 的技术优势在于其数据综合、模拟与分析评价能力。这是 GIS 区别于其他信息系统的又一标志。通过 GIS 可以得到常规方法或普通信息系统难以得到的重要信息,实现地理空间过程演化的模拟和预测。

④ GIS 与测绘学和地理学等学科有着密切的关系。测绘学为 GIS 提供了丰富而又精确的数据来源。例如,大地测量、工程测量、矿山测量、地籍测量、航空摄影测量和遥感技术为 GIS 中的空间实体提供各种不同比例尺和精度的定位数;电子速测仪、GPS 全球定位技术、解析或数字摄影测量工作站、遥感图像处理系统等现代测绘技术的使用,可直接、快速和自动地获取空间目标的数字信息产品,为 GIS 提供丰富和更为实时的信息源,并促使 GIS 向更高层次发展。地理学则为 GIS 提供了有关空间分析的基本观点与方法,它是 GIS 的理论依托。而 GIS 的发展也为地理问题的解决提供了全新的技术手段,并使地理学研究的数学传统得到充分发挥。



1.2 地理信息系统的组成与功能

1.2.1 地理信息系统的组成

地理信息系统主要由五部分组成,即计算机硬件系统,计算机软件系统,地理空间数据,系统开发、管理与使用人员以及应用分析模型,如图 1-1 所示。



图 1-1 地理信息系统的组成

1) 计算机硬件系统

地理信息系统的建立必须有一个计算机硬件系统。GIS 硬件系统包括输入设备、处理设备、存储设备和输出设备四部分。由于 GIS 处理的是空间数据,其数据输入设备除包括常规的设备外,还包括空间数据采集的专用设备,如全球定位系统(Global Positioning System, GPS)、全站仪、数字摄影测量仪器等。GIS 硬件系统组成如图 1-2 所示。

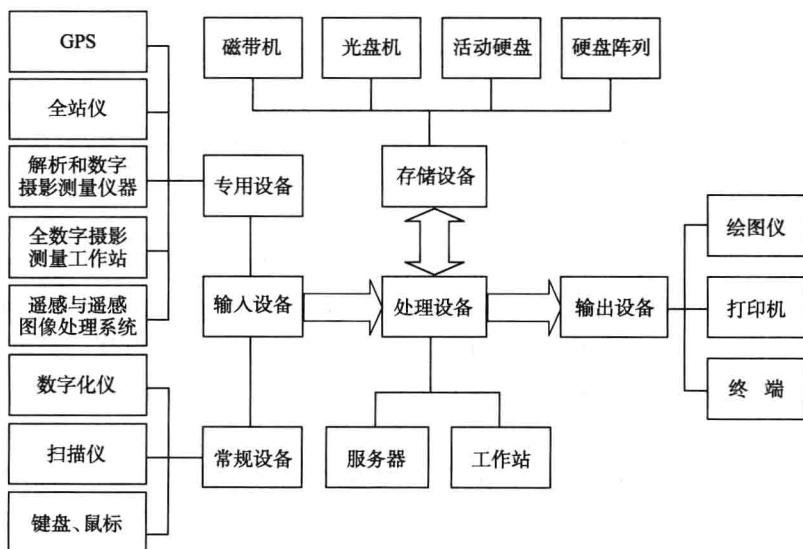


图 1-2 GIS 硬件系统组成



事实上,满足地理信息系统运行的硬件设备可简可繁,按用户的要求及系统所要完成的任务和目的,其规模可大可小,一般可以有四种配置情况,其主要硬件组成如下。

(1) 简单型配置。

最简单的硬件系统只需要中央处理器(CPU)、图形终端、磁盘驱动器和磁盘,再加上一台打印机即可运行。中央处理器的任务是完成运算、处理,协调和控制计算机各个部件的运行。图形终端主要用于显示、监视和人机交互操作,如编辑、删改、增加、更新图形数据等。为了存储要处理的数据和程序,也为了存储运算的中间结果及处理后的结果,计算机必须有磁盘驱动器,配置一定的内存和硬盘。一般的地理信息系统要求有足够的内存和硬盘空间,例如 ESRI 研制的 ArcInfo8.0,其最低要求是内存为 2 GB 或者更高,硬盘至少是 2.4 GB,否则软件很难工作。中国地质大学开发的 MapGIS k9,其最低要求是内存必须大于 1 GB,硬盘必须大于 550 MB(桌面版、工程版完整安装需要 550 MB 空间,专业版完整安装需要 650 MB 空间,企业版完整安装需要 700 MB 空间,二次开发版完整安装需要 1.5 GB 空间)。打印机主要用于打印图表、图像、数据和文字报告以及提供硬拷贝的输出结果。

简单型硬件系统配置适用于家庭、办公室等环境,可以完成较简单的工作,如数据处理、查询、检索和分析等。由于输入输出的外围设备不完善,只能用键盘输入各种数据,或者先在别的系统上完成输入数据的工作,然后通过软盘等媒介将数据调入这个系统的磁盘再进行其他运算。由于简单型配置的系统功能较少,因而在数据输入的种类、数据量、数据更新及成果输出等方面都会受到诸多限制。

(2) 基本型配置。

这种硬件系统的配置规模比简单型配置要大一些。除了中央处理器、磁盘驱动器、磁盘、图形终端和打印机外,还需要配置数字化仪和绘图仪等。数字化仪是地理信息系统硬件中的重要输入设备,它可以利用光标或光笔人工跟踪图形,将各种地图数字化并送入磁盘存储。绘图仪主要用于输出各种图件。

基本型硬件系统配置解决了地图的数字化输入和专题地图的输出问题。这种系统有条件完成 GIS 任务,能比较顺利地进行空间数据的输入、输出、查询、检索、运算、更新和分析等工作。当然,系统中主机的内存和硬磁盘空间还应适当增大,以确保大量地图数据的存储、处理和运算。

(3) 扩展型配置。

为了克服一般的 GIS 中不能输入图像数据的缺点,在上述的基本型硬件配置基础上增加一个图像处理子系统,即可以建立一个扩展型的地理信息系统。图像处理子系统应包括 1 台或 2 台磁带机、光盘机,1 台视频终端和高分辨率彩色监视器。如果经费充足,还可增设图像扫描输入输出设备。磁带机的用处是便于直接输入计算机兼容磁带(Computer Compatible Tape,CCT)遥感数据。视频终端和高分辨率彩色监视器可用于处理和显示遥感图像,然后送入 GIS 与图形数据一并进行分析。图像扫描输入输出设备比较昂贵,但它可以直接进行模/数转换或数/模转换,即可将照片或图像变成可供计算机直接处理的数字图像形式,又可将数字图像转变为照相底片,经洗印和放大后做成影像,供专业人员分析使用。



扩展型硬件系统配置功能比较齐全,能输入、处理和输出各种类型的数据,完成一般系统不能完成的工作,实现遥感和 GIS 的综合处理。因此,它是 GIS 进行复杂运行处理的有力保证。

(4) 网络型配置。

这种配置能实现 GIS 联网,计算机主机和外围设备既可以自成系统,又可以与其他计算机系统连接;既能使输入的数据或输出的数据供多用户共享,又能充分发挥各种计算机及其外围设备的作用,实现设备共享。这样既减少了设备浪费,节省了资金,又提高了工作效率。

GIS 联网是一种比较理想的方案,也是发展趋势,但对网络设备及基础条件要求过高,有些单位目前实现还有困难。

2) 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。

(1) 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。

(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:数据输入和校验、数据存储和管理、数据变换、数据显示与输出、用户接口等。

① 数据输入和校验:包括能将地图数据、遥感数据、统计数据和文字报告转换成计算机兼容的数字形式的各种转换软件。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、扫描仪以及在磁带、磁盘、磁鼓上读取数字或数据的装置等。数据校验是通过观测、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,数据输入和校验都是建立地理数据库所必需的过程。

② 数据存储和管理: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、体)的位置、连接关系以及属性数据的构造和组织,使其便于计算机和系统用户理解。用于组织数据库的计算机程序称为数据库管理系统(Database Management System, DBMS),它具有数据格式的选择和转换及数据的查询、提取等功能。

③ 数据变换:包括两类操作,一是变换的目的是从数据中消除错误,更新数据,与其他数据库匹配等;二是为回答 GIS 提出的问题而采用的大量数据分析方法。空间数据和非空间数据可单独或联合进行变换运算。比例尺变换、数据和投影匹配(投影变换)、数据的逻辑检索、面积和边长计算等,都是 GIS 一般变换的特征。其他一些变换可以偏重于专业应用,也可以将数据合并到一个只满足特定用户需要的专门化 GIS 系统中。

④ 数据显示与输出:是指原始数据或分析、处理结果数据的显示和向用户的输出。数据以地图、表格、图像等多种形式表示,可以在屏幕上显示,或通过打印机、绘图仪输出,也可以以数字形式记录在磁介质上。



⑤ 用户接口: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,且用户又往往为非计算机专业人员,因此用户界面(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连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。

地理信息系统软件都应包括上述五类基本模块,例如,ESRI 公司的 ArcGIS10 Desktop 包含以下基本功能模块:

- 浏览地图;
- 创建、编辑和维护地理数据并提供在线地图功能;
- 使用空间处理工具实现自动化工作流;
- 对二维、三维数据进行空间分析和空间建模;
- 对二维、三维地图进行可视化分析并能够显示基于时间的动态现象;
- 创建定制的应用来共享 GIS;
- 将 GIS 处理的结果(如地理数据集、地图、球体、空间处理的脚本、GIS 服务、应用等)创建为文档和目录。

此外,ArcGIS Desktop 提供了很多可选的扩展模块,使得用户可以实现高级分析功能。具体的扩展模块主要包括:

- 空间分析扩展模块(ArcGIS Spatial Analyst);
- 三维可视化与分析扩展模块(ArcGIS 3D Analyst);
- 地理统计分析扩展模块(ArcGIS Geostatistical Analyst);
- 网络分析扩展模块(ArcGIS Network Analyst);
- 数据互操作扩展模块(ArcGIS Data Interoperability);
- 追踪分析扩展模块(ArcGIS Tracking Analyst);
- 地图和数据发布扩展模块(ArcGIS Publisher);
- 逻辑示意图生成扩展模块(ArcGIS Schematics);
- 扫描矢量化扩展模块(ArcGIS ArcScan Analyst);
- 高级智能标注扩展模块(Maplex for ArcGIS);
- 工作流管理扩展模块(ArcGIS Workflow Manager);
- 商业分析扩展模块(ArcGIS Business Analyst);
- Esri Production Mapping。

(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,