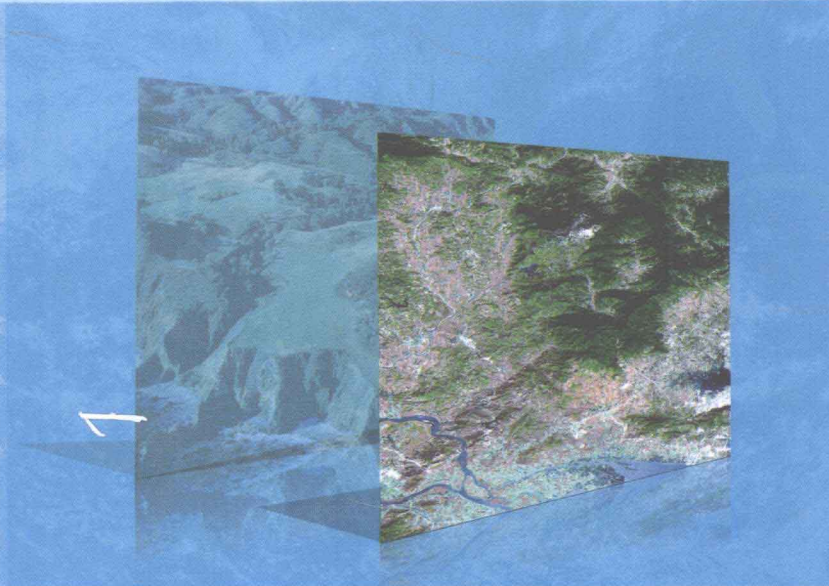




普通高等教育“十二五”规划教材

地理信息系统原理

华一新 赵军喜 张毅 编著



科学出版社

普通高等教育“十二五”规划教材

地理信息系统原理

华一新 赵军喜 张毅 编著

科学出版社

北京

内 容 简 介

地理信息系统是综合处理和分析地理空间数据的技术,地理空间数据的组织、管理、分析、显示等都需要地理信息系统技术的支持。

本书系统阐述了地理信息系统的体系结构、数学基础、数据模型等基本内容,重点叙述了地理信息系统中地理空间数据的获取、处理、管理、可视化和空间分析等核心技术,同时,对地理信息系统标准和地理信息服务等进行了初步的介绍。

本书可作为测绘、地理、环境、土地、信息等学科领域的本科生教材,也可供从事地理信息系统开发与应用的研究人员和工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

地理信息系统原理/华一新,赵军喜,张毅编著. —北京:科学出版社,2012
普通高等教育“十二五”规划教材
ISBN 978-7-03-033014-7

I. ①地… II. ①华…②赵…③张… 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 258427 号

责任编辑:杨 红 / 责任校对:宋玲玲
责任印制:张克忠 / 封面设计:迷底书装

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京市农林印务有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012年1月第一版 开本:787×1092 1/16

2012年1月第一次印刷 印张:14

字数:332 000

定价:33.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

地理信息系统技术在国民经济和国防建设的各个方面都发挥着重要的作用。本书是作者在多年来从事本科、研究生的地理信息系统课程教学和完成多项地理信息系统课题研究的基础上,参阅了大量国内外有关资料编著而成的。

本书主要内容源自 2001 年解放军出版社出版的《地理信息系统原理与技术》(华一新、吴升、赵军喜编著),该教材已在本科和研究生的地理信息系统课程教学中使用了 10 多年,取得了很好的教学效果。随着地理信息系统技术的快速发展,出现了一些新的概念和技术方法,需要补充到地理信息系统教材中。本书就是以《地理信息系统原理与技术》为基础,在重新确定章节内容和增加新的技术进展后编著而成的。在本书的撰写过程中,华一新负责各章节目录的确定、全书内容的最终审定和第 1、2 章的编写;赵军喜负责第 3、5、6、7、10、11 章的编写;张毅负责第 4、8、9、12 章的编写。全书共 12 章,各章主要内容如下:

第 1 章介绍 GIS 的定义、发展、组成、应用、相关学科以及我国 GIS 的研究进展。

第 2 章介绍空间数据的地理参照系、地图投影、常用大地坐标系。

第 3 章介绍空间数据的数据特征与类型、数据源、数据的度量等级、数据质量。

第 4 章介绍空间数据模型及分类、矢量空间数据模型、栅格空间数据模型、表面模型。

第 5 章介绍基本的空间关系,包括空间距离、空间方位、空间拓扑。

第 6 章介绍 GIS 标准的定义和分类、分类与编码标准、记录格式与交换标准、元数据标准。

第 7 章介绍常用的空间数据获取方法,包括野外直接测量获取空间数据、摄影测量方法获取空间数据、地图数字化获取空间数据。

第 8 章介绍空间数据的坐标变换、图形编辑、拓扑关系生成、矢量数据的压缩、空间数据的结构转换、空间插值、数字高程模型的生成、图像数据的处理。

第 9 章介绍空间数据管理技术的发展、空间数据库引擎、空间数据的组织、空间索引。

第 10 章介绍空间查询、空间统计分析、地形分析、叠置分析、缓冲区分析、栅格分析、网络分析。

第 11 章介绍空间数据可视化的原理和形式、地图符号和注记、电子地图设计、地图输出。

第 12 章介绍地理信息服务概念、地理信息服务内容、GIS 与地理信息服务、地理信息网络服务。

虽然经过作者的努力,但本书难免还存在一些不足,恳请读者提出宝贵的修改意见。

作 者

2011 年 10 月

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 什么是 GIS	1
1.2 GIS 的功能	4
1.3 GIS 的类型与组成	7
1.4 GIS 的应用	9
1.5 GIS 的发展历史	13
1.6 我国 GIS 的研究进展	17
第 2 章 空间数据的数学基础	25
2.1 空间数据的地理参照系	25
2.2 地图投影	26
2.3 常用地图投影	29
2.4 常用大地坐标系	33
第 3 章 地理空间数据	37
3.1 数据特征与数据类型	37
3.2 GIS 的数据源	38
3.3 GIS 数据的度量等级	39
3.4 GIS 数据质量	41
第 4 章 空间数据模型	49
4.1 从现实世界到 GIS	49
4.2 空间数据模型及分类	50
4.3 矢量空间数据模型	52
4.4 栅格空间数据模型	57
4.5 表面模型	60
第 5 章 空间关系	63
5.1 基本的空间关系	63
5.2 空间距离	65
5.3 空间方位	68
5.4 空间拓扑	70
第 6 章 GIS 标准	76
6.1 GIS 标准的定义和分类	76
6.2 地理信息的分类与编码标准	77
6.3 地理信息的记录格式与交换标准	82
6.4 地理信息元数据标准	86

第 7 章 空间数据获取	92
7.1 空间数据获取方法	92
7.2 野外直接测量获取空间数据	93
7.3 摄影测量方法获取空间数据	97
7.4 地图数字化获取空间数据	100
第 8 章 空间数据的处理	106
8.1 空间数据的坐标变换	106
8.2 空间数据的图形编辑	108
8.3 空间数据的拓扑关系生成	110
8.4 矢量数据的压缩	115
8.5 空间数据的结构转换	117
8.6 空间插值	122
8.7 数字高程模型的生成	125
8.8 图像数据的处理	129
第 9 章 空间数据组织与管理	139
9.1 空间数据管理的特点	139
9.2 空间数据管理技术的发展	139
9.3 空间数据库引擎	142
9.4 空间数据的组织	144
9.5 空间索引	146
第 10 章 空间查询与分析	149
10.1 空间查询	149
10.2 空间统计分析	150
10.3 地形分析	153
10.4 叠置分析	157
10.5 缓冲区分析	158
10.6 栅格分析	159
10.7 网络分析	164
第 11 章 空间数据可视化	167
11.1 概述	167
11.2 地图符号和注记	174
11.3 电子地图设计	193
11.4 地图输出	201
第 12 章 地理信息服务	205
12.1 地理信息服务的概念	205
12.2 地理信息服务的内容组成	206
12.3 GIS 与地理信息服务	209
12.4 地理信息网络服务	211
主要参考文献	215

第 1 章 绪 论

1.1 什么是 GIS

随着信息化技术的迅速发展,人类社会步入了信息时代,信息已成为社会赖以发展的重要基础,信息技术是高新技术之首。下面,我们通过对信息、数据、信息系统等概念的简要介绍,引出地理信息系统的基本概念。

1.1.1 信息

信息是近代科学的一个专门术语,是客观世界中继物质和能量之后的第三个现代科学的基本概念,已广泛应用于社会的各个领域。

狭义的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。例如,抛一枚硬币,这枚硬币是正是反,就有 1 比特(bit)的信息量。同理,计算机中的一个二进制位可以是 0 或 1,也具有 1 比特的信息量。

广义的信息论认为,信息是主体(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,是主体和客体间一切有用的消息或知识,是表征事物特征的一种普通形式。

在本书中,将信息定义为:信息是客观事物的反映,它提供了客观事物的消息与知识。

1.1.2 数据

数据是一种载存信息的物理符号,也就是说,信息可以由数据来表示,以数字、符号、字母等形式记载下来。

信息和数据是不可分离的,信息由数据表达,数据包含的意义就是信息。

数据是信息的载体,但数据并不就是信息,只有理解了数据的含义,对数据作出了解释,才能得到数据所包含的信息。

要从数据中得到信息必须经过处理和解释。处理是指对数据的收集、筛选、排序、转换、检索、计算、分析等,数据处理的目的是为了解释;而数据解释则需要知识和经验,不同的解释与不同的背景、目的有关。

因此,虽然在很多情况下,可以把信息和数据当做同义词,但两者的实际含义是不同的。

1.1.3 信息系统

系统是由相互作用和相互依赖的若干组成部分结合而成的、具有特定功能的有机整体。对计算机而言,系统是为实现某种特定的功能,由必要的人员、设备和方法或程序按一定的方式组织起来进行工作的集合体。

信息系统是加工和处理信息的系统,可以对信息进行采集、处理、传输、管理、检索、分析等,可以为决策过程提供有用的信息。从计算机科学的角度看,信息系统由计算机硬件、软件、数据和用户四大部分组成,信息系统具有采集、管理、分析、表达四大功能(功能之间的关系见图 1-1)。

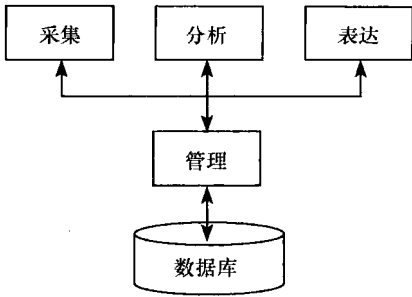


图 1-1 信息系统四大功能间的关系

1.1.4 地理信息与地理空间信息

谈到地理信息系统就必然会涉及地理信息的概念。地理信息是指与地理分布有关的事物的信息,它描述了事物的位置、数量、质量、分布特征、相互联系和变化规律。地理信息具体包括空间位置、空间分布、空间形态、空间关系、空间相关、空间统计、空间趋势、空间对比和空间运动等方面的信息。

空间位置是描述空间物体的个体位置的信息;空间分布描述的是空间对象的群体定位信息;空间形态是描述空间物体个体的形状和结构的信息;空间关系是指基于位置和形态的空间物体之间的关系;空间相关是空间物体之间基于属性数据的关系;空间统计描述的是空间物体的数量、质量信息;空间趋势描述的是物体(现象)的空间分布趋势(规律);空间对比描述空间物体在数量、质量和形态等方面对比的信息;空间运动描述空间物体随时间的变化及在空间域上的变迁和转移。

简单地说,所谓地理信息就是指与事物的位置有关联的信息。例如,大到世界各大洲、各国家的地理分布,小到一幢房屋、一棵树,都含有位置信息(如用 X、Y、Z 坐标表示),所以都属于地理信息的范畴;而图书资料、财务报表等方面的信息,由于通常不含位置信息,就不属于地理信息。人类所使用的各种信息中,地理信息是其重要的组成部分,据有关资料统计,地理信息占有所有信息的 80%。因此,地理信息在日常生活、国民经济和国防建设中具有重要的作用。

地理信息由地理数据来表达。地理数据是具有空间位置的自然、社会、人文、经济等方面的数据,可以是图形、图像、文本、表格、数字、声音等形式。因此,地图数据、遥感数据、GPS 数据等测绘数据都属于地理数据。

为了强调地理信息的空间特征,地理信息有了空间信息、地理空间信息、地球空间信息等近义词。虽然这些术语之间的含义有细微的差别,但是本书作者认为这些术语所表达的内容并无实质性的区别。因此,本书对这些术语不加特别区分,但主要使用“地理空间信息”和“地理空间数据”术语。

1.1.5 地理空间数据的作用

在我们的生活中,有时会遇到这样一些问题。例如,一年来连霍高速公路上的交通事故多发地段的位置在哪里?在外国语小学十分钟步行距离内有多少二室一厅的房子出售?城市施工区域中,哪里埋设有何种地下管线?从火车站到市图书馆如何换乘公交车?

回答这些问题,传统解决方案是使用一张纸质地图,将交通事故数据、房屋出售数据等标注在地图上,然后在地图上进行分析。

为什么这些数据能被标注到地图上呢?就是由于这些数据都具有地理属性,即事物的空间位置信息,如商店地址、客户地址、差转台坐标等。

以上几个例子具有一个共同特征,即它们都需要对地理空间数据根据特定的目的进行分析使用。如果将这些地理空间数据(包括地图数据)存放在数据库中,将这些事物的属性数据叠加(关联、显示)到电子地图上,并建立一些地理分析模型后,就能在计算机上快速、准确地解答上述问题。

这种对地理空间数据的使用方法就是地理信息系统技术,地理空间数据的管理、处理、显示、使用等都需要地理信息系统技术的支持,所建立的数据库及其应用模型等构成的信息系统统称为地理信息系统(geographic information system,GIS)。

1.1.6 地理信息系统的定义

地理信息系统,至今没有一个正式或统一的定义,不同专家给出的 GIS 定义是不同的,但都可以认为是正确的,是对同一个事物的不同描述。之所以会对 GIS 有不同的定义,是由于专家看待 GIS 的角度不同。对 GIS 的认识主要有三种不同的角度和观点。

(1) 地图观——主要来自景观学派和制图学派,认为 GIS 是地图显示、处理与使用的系统,每个数据集被看做是地图、图层、要素等。

(2) 数据库观——主要来自于计算机学派,强调优化设计、数据库技术和有效存取数据的重要性。

(3) 空间分析观——主要来自地理学派,强调空间分析与模拟的重要性,并提出了地理信息科学的概念。

作者认为,地理信息系统是一个仍然在迅速发展的领域,现在还不需要去追求一个完善的定义,只要把握其基本特征和基本构成即可。因此,我们给出 GIS 的一般定义:地理信息系统是综合处理和分析地理空间数据的技术,是采集、存储、管理、分析和描述各种与地理分布有关的数据的信息系统。

更为简单地说,地理信息系统就是一门处理地理空间数据的技术。“数据”是信息的具体表示方式,计算机存储和处理的是数据;“地理”意味着数据是参照于地球的;“空间”意味着数据所表示的事物是具有一定的点位、形状、性质等特征的;“处理”是指用计算机对数据进行输入、管理、查询、分析等操作。

1.1.7 GIS 的相关学科和技术

GIS 是传统科学与现代技术的结合,涉及多门学科和技术。图 1-2 列出的是一些与 GIS 关系密切的学科和技术。

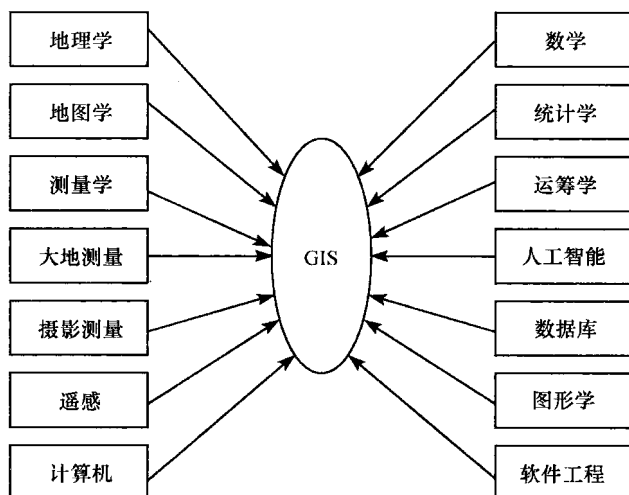


图 1-2 GIS 的相关学科与技术

地理学广泛涉及人类居住的地球与世界。地理学中的空间分析历史悠久,是 GIS 中空间分析方法的基本来源,是地理信息系统的认识论基础。同时, GIS 为地理学的定量化、动态化研究提供了技术保证,它以一种新的思想和技术手段来解决地理学问题,使地理学从传统的定性描述走向定量分析,从单系统走向复杂系统。

地图学有悠久的历史,它是研究空间信息的表示方法。地图是空间信息最有效的表示方法,在 GIS 中也是如此。地图不仅是 GIS 的重要数据源,而且也是 GIS 的主要输出方式。GIS 是地图学功能的拓展和延伸, GIS 源于计算机地图制图且脱胎于地图数据库,而又超越计算机地图制图和地图数据库。地图学是地理信息系统的方法论基础,如色彩设计与表示方法、地图制图综合、地图量算与分析、专题数据处理与表示方法等都是 GIS 中常用的方法。

测量学可以为 GIS 提供高质量的、准确的位置信息,如土地边界、建筑物的位置等。大地测量是 GIS 中精确定位信息的来源。GPS(全球定位系统)技术可以方便、实时地获取三维的空间数据。摄影测量是 GIS 中空间数据的又一重要来源,尤其是地形数据。遥感(RS)是 GIS 中更新空间数据的有效和主要的方法,也是 GIS 的重要数据源,同时, GIS 又可进一步支持遥感信息的开发和应用。

计算机技术是建立 GIS 的基础,因为 GIS 是一种基于计算机的信息系统。人工智能技术为 GIS 作为决策支持的工具提供了理论、技术和方法。数据库技术为海量空间数据的管理提供了有效的技术手段,地理空间数据库是 GIS 的核心。计算机图形学为 GIS 中空间数据的操作和运算提供了直接的方法。软件工程为 GIS 的开发提供了软件设计、管理等方面的方法和工具。

数学的许多分支,如图论、几何学等,已广泛应用于 GIS 中空间数据的分析和运算。统计学不仅在 GIS 空间建模方面有重要的应用,而且也是分析 GIS 数据质量的基础。运筹学为基于 GIS 的决策、优化提供了方法。

与 GIS 相关的学科和技术有很多,以上只是对关系较为密切的学科和技术做了简单介绍。

1.2 GIS 的功能

1.2.1 数据采集与处理

GIS 的数据采集是将现有的地图、外业观测成果、航空像片、遥感图像、文本资料等转换成 GIS 可以接收与处理的数字形式,通常要经过验证、修改、编辑等处理。

不同数据的输入需要用到不同的设备。例如,对于文本数据通常用交互的方式通过键盘录入,也可用扫描仪扫描后用字符识别软件自动录入;对于矢量地图数据的获取,可将纸质地图用扫描仪扫描成图像后,用手工方式进行采集,或用自动追踪出矢量数据的方法输入;对于栅格地图数据和影像数据的采集,通常采用扫描仪扫描成图像数据的方式输入。

对于各种信息系统中已有的数字化产品数据的输入, GIS 需要具有数据转换装载功能。这不仅能够根据数据转换标准把所需输入的数据文件等数据集装载到当前的 GIS 系统中,而且可以直接访问其他 GIS 或各种专题数据库,将其数据装载到系统中。

GIS 的数据处理主要包括图形和文本数据的编辑、图幅的拼接、几何纠正、拓扑关系生成等,即完成 GIS 的空间数据在装入 GIS 的地理数据库前的各种工作。

GIS 的数据采集与处理功能如图 1-3 所示。

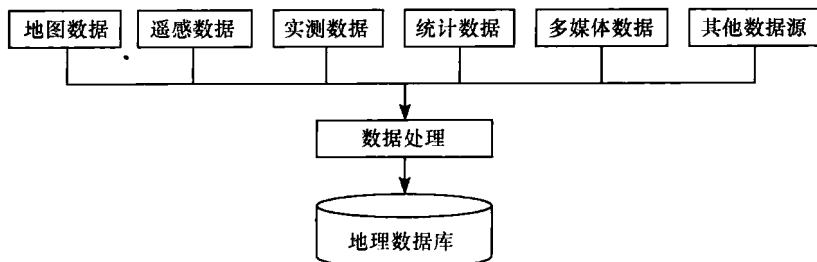


图 1-3 GIS 的数据采集与处理功能

1.2.2 数据存储与管理

GIS 涉及空间数据和属性数据,包含多种数据类型,有矢量数据、栅格数据、DEM 数据、影像数据、多媒体数据等,而且数据量巨大。

GIS 的数据存储与管理功能通过对地理空间数据的有效组织,建立地理空间数据库,实现对地理空间数据的高效管理和访问。

GIS 的空间数据通常按矢量和栅格两种方式进行存储,为了高效地组织和管理数据,通常还需要按层来组织数据。GIS 的属性数据需要实现与空间数据的关联。

GIS 的地理空间数据库应具有数据建库功能,包括数据装载、数据库初始化、数据入库检查等;数据导入、导出功能,包括多种格式地理空间数据的导入、根据组合条件查询导出数据等;数据更新功能,包括整体或局部的有条件数据更新、更新数据检查等;数据检索功能,包括按照地点、名称、单位等进行精确和模糊查询,按照 SQL 语句方式进行查询,按照组合条件进行精确和模糊查询等;安全保密功能,包括用户与权限管理、身份认证和日志管理等;数据备份与恢复功能,包括各种数据备份和恢复功能等。

1.2.3 数据查询与分析

GIS 的数据查询是 GIS 常用功能,是指基于地理空间数据库(包括集中式、分布式等)实现相关地理空间数据的快速检索,并显示和提交给用户。对于 GIS 用户来说,GIS 的数据查询通常包括图文查询、文图查询和统计查询。

(1) 图文查询:在二维、三维地理环境背景下,实现对地理目标相关信息的查询,包括该目标的表格信息、文本信息、图像信息、视音频信息等。查询方式包括点查询、矩形查询、圆形查询、多边形查询等。

(2) 文图查询:通过地理目标的名称、类型、归宿等属性特征,查询其地理位置和空间分布特征,并在二维、三维地理环境中显示出来。查询方式包括单项查询、组合查询、模糊查询、精确查询等。

(3) 统计查询:通过地理目标的类型、空间分布等信息,统计地理目标的数量、分类、分布特征等,统计查询结果以图形和统计报表方式显示。

GIS 的分析功能通常称为空间分析,是 GIS 的核心功能。从应用的角度看,GIS 空间分析包括基本空间分析和专业空间分析两部分:基本空间分析功能是指 GIS 的通用空间分析功

能,主要包括空间量算、叠置分析、缓冲区分析、空间统计分析、网络分析、地形分析等;专业空间分析功能是指 GIS 应用于某一具体专业领域时,为解决专业的空间分析问题而建立的各种专业空间分析模型,如交通流量分析、城市用地现状分析、选址分析、城市地价分析等。

1.2.4 数据显示与输出

GIS 的数据显示功能也称为地理空间数据可视化,是指对地理空间数据的可视化表达,即以符号化等方式来显示地理空间数据,使得用户可以通过视觉思维来更好地理解地理空间数据。

地理空间数据可视化通常以二维、三维方式对地理环境进行可视化表达,并在此基础上叠加显示地理目标的符号或模型。在进行可视化表达时,GIS 应提供方便的可视化操作功能,如无级缩放、漫游、图层控制、符号修改、图文标注等;同时,应能进行图形量算、目标查询、空间分析等操作,并能对查询和分析的结果进行可视化表达,如图 1-4 所示。

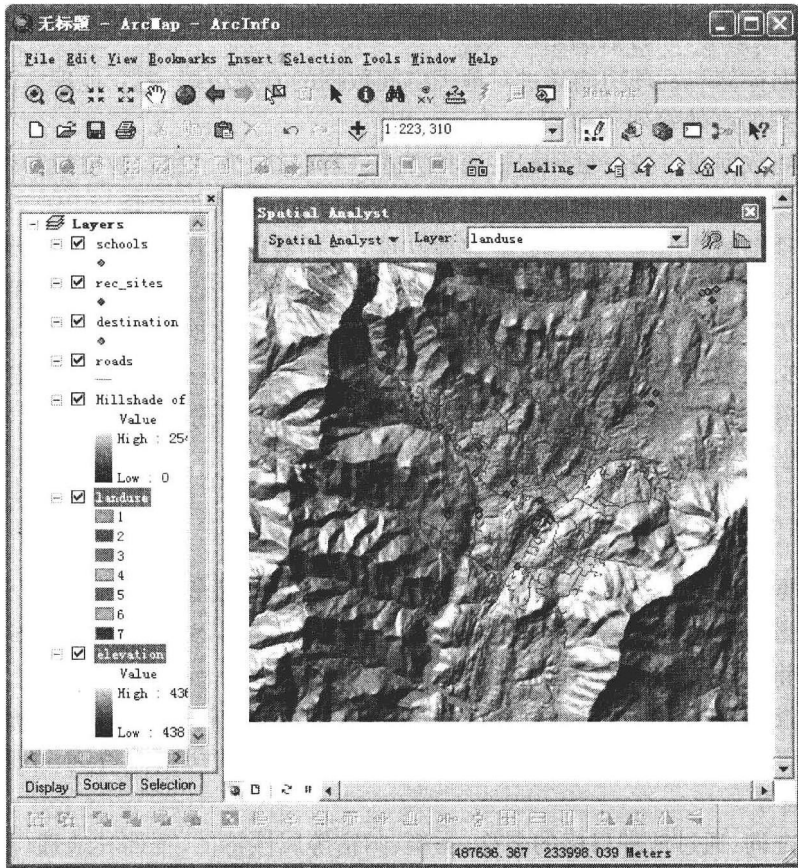


图 1-4 地理空间数据的可视化表达

GIS 的数据输出功能不仅可以将地理空间数据输出为数据文件(或数据库),存储在光盘、硬盘等介质上,用于地理空间数据的转存或交换,而且可以将地理空间数据直接输出在纸张、胶片等介质上,如打印输出为纸质地图,如图 1-5 所示。

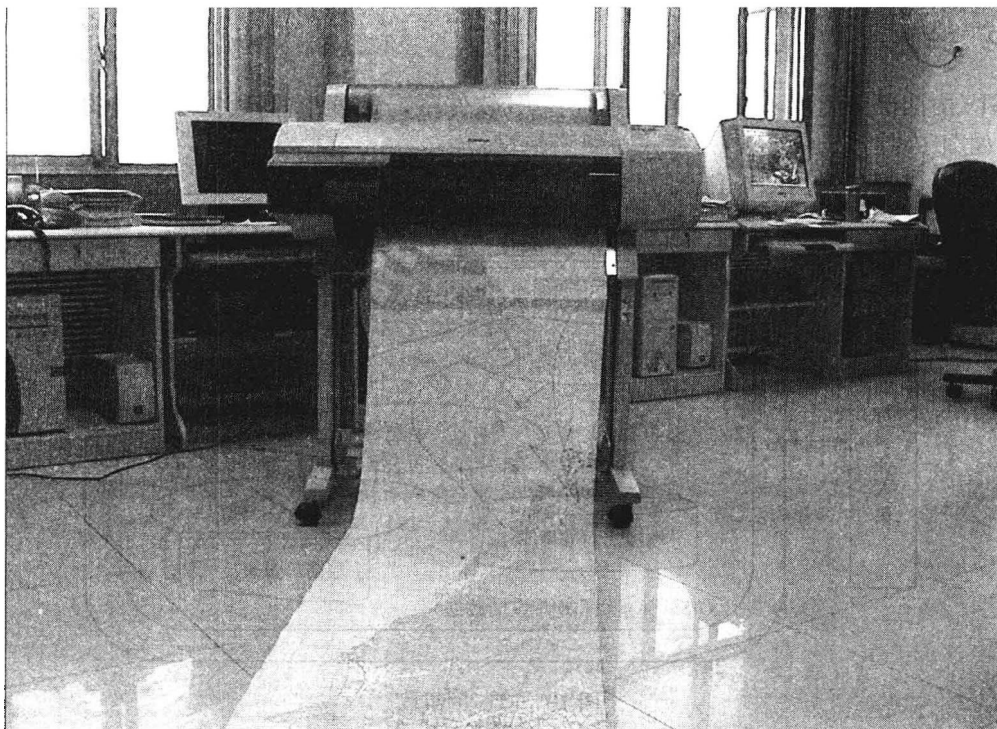


图 1-5 地图打印输出

1.3 GIS 的类型与组成

1.3.1 地理信息系统的类型

通常, GIS 可分为工具型和应用型两类。

工具型 GIS 常称为 GIS 工具、GIS 平台、GIS 外壳和 GIS 基础软件等, 没有具体的应用目标, 通常为—组具有 GIS 功能的软件包, 是建立应用型 GIS 的支撑软件, 如 ArcGIS、MapInfo 等。

应用型 GIS 具有具体的应用目标、一定的规模、特定的服务对象、特定的数据和用户。应用型 GIS 通常是在工具型 GIS 的支持下建立起来的。

工具型 GIS 是 GIS 研究和开发的核心内容。工具型 GIS 是一组具有图形图像数字化、数据管理、查询检索、分析运算和制图输出等 GIS 基本功能的软件包, 通常能适应不同的硬件条件, 软件的功能强, 性能稳定。只要在工具型 GIS 中加入地理空间数据, 开发有关的应用模型和界面, 就可成为一个应用型 GIS。

在通用的 GIS 工具(GIS 基础软件)支持下建立应用型 GIS, 可节省大量的软件开发费用, 缩短系统的建立周期, 提高系统的技术水平, 使开发人员能把精力集中于应用模型的开发, 且有利于标准化的实行。

根据应用领域和应用目的的不同, 应用型 GIS 又可分为各种专题 GIS, 如城市规划信息系统、地籍管理信息系统、电子导航信息系统、地图生产信息系统、兵要地志信息系统和森林防火信息系统等。

1.3.2 地理信息系统的组成

GIS 由四部分组成,即 GIS 硬件系统、GIS 软件系统、地理空间数据和系统的管理与操作人员,如图 1-6 所示。

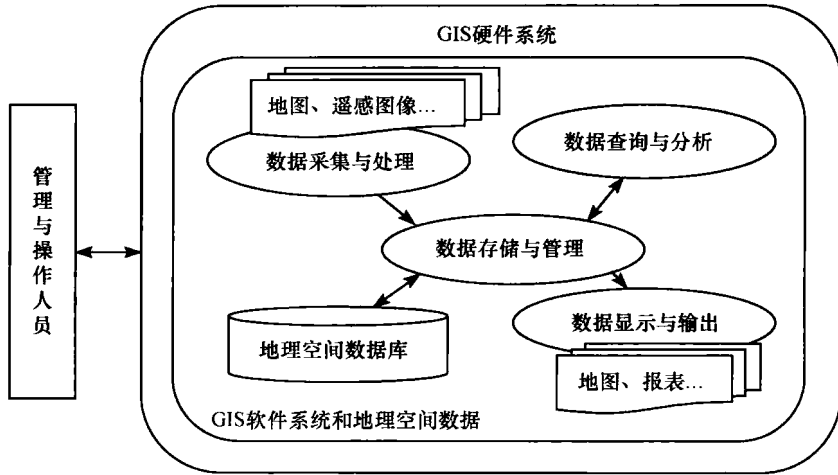


图 1-6 GIS 的组成

1. GIS 硬件系统

GIS 的硬件配置通常包括四个部分。

- (1) 计算机:包括屏幕、键盘、鼠标等。
- (2) 输入设备:包括数字化仪、扫描仪、测绘仪器等。
- (3) 存储设备:包括软盘、硬盘、磁带和光盘等。
- (4) 输出设备:包括显示器、绘图机、打印机等。

2. GIS 软件系统

GIS 的计算机软件系统可以按功能分为四个部分。

(1) 数据采集与处理:数据是 GIS 的血液。数据采集与处理的目的是将现有的地图、外业观测成果、航空像片、遥感图像、文本资料等转换成 GIS 可以接收与处理的数字形式,使系统能够识别、管理和分析。通常要经过验证、修改、编辑等处理。

(2) 数据存储与管理:数据存储与管理部分是 GIS 的心脏部分。GIS 有一个巨大的地理空间数据库,可以是集中式的,也可以是分布式的,用于存储管理 GIS 中的一切数据。GIS 的地理空间数据库管理系统应提供数据库的定义、管理、维护、通信等功能。

(3) 数据查询与分析:空间查询与分析是 GIS 的大脑,它是 GIS 区别于一般事务数据库和其他一些系统的重要特征。它通过对 GIS 中空间数据的查询、分析和运算,为 GIS 的具体应用提供查询和分析处理后的信息。GIS 基础软件(或称工具型 GIS)只提供最通用、最基本的分析模型,如地形分析、叠置分析、缓冲区分析、网络分析等。各种专业的应用模型需要专业人员进行二次开发。

(4) 数据显示与输出:将 GIS 中的数据经过分析、转换、处理、组织,以用户可以理解的形

式(如报表、地图等)提供给用户,网络 GIS 还可以直接通过 Internet 传给网络用户。由于地图是地理信息表示的最佳媒介,所以,GIS 的数据输出中最多的是地图的显示与输出。输出的产品可以在屏幕、打印机、绘图机、磁盘等上面进行显示和保存,也可以通过网络直接传递给其他用户。

3. 地理空间数据

地理空间数据是 GIS 的血液。没有数据,GIS 就无法运行。地理空间数据是具有空间定位的自然、社会、人文、经济等方面的数据,可以是图形、图像、文本、表格、数字、声音等,是用户通过数字化仪、扫描仪等设备输入到 GIS 的地理数据库中的。

GIS 中数据的质量(精度、现势性等)直接影响到 GIS 分析结果的可靠性。由于数据是随着时间不断老化的,为了使 GIS 能有效、可靠地发挥作用,GIS 地理空间数据库中的数据必须不断地更新。

GIS 中有两种数据:一种是空间数据,另一种是属性数据。空间数据是描述目标的空间位置、几何形态以及与其他目标空间关系的数据,如描述一幢房子的位置和形状的坐标数据。空间数据通常是通过测绘手段获取的(包括地图、遥感、GPS 等)。属性数据是指描述空间目标的社会或自然属性的数据,如房子的户主、建筑年代、建筑材料等。

4. 管理和操作人员

GIS 需要通过研制人员的开发,才能形成专业的 GIS 系统;需要通过有效的管理,才能维持 GIS 的日常运行;需要通过持续的数据更新,才能保证 GIS 应用效果;需要通过最终用户的使用,才能产生效益。因此,管理和操作人员通常可分为以下几类。

(1) 系统研制人员:精通 GIS 技术,负责系统的研发、升级等。

(2) 系统管理人员:掌握 GIS 的核心操作,负责管理和更新地理空间数据库,维持 GIS 的日常运行。

(3) 系统终端用户:了解 GIS 的功能,利用 GIS 进行工作。

1.4 GIS 的应用

1.4.1 GIS 的主要作用

大多数功能齐全的 GIS,在地理空间数据得到有效管理的基础上,通常具备三种类型的具体作用。

(1) 查询:这是 GIS 的第一大应用。用户可以将电子地图作为查询地理空间数据库的背景。如果没有 GIS 的帮助,查询的对象只能是表格或清单;有了 GIS 的支持,用户可以在地图上进行查询,看到表示于地图上的查询结果。

(2) 制图:对于大多数专业领域的用户,需要在对地理空间数据查询和分析的基础上,用 GIS 制作各种专题地图,作为专业分析的成果。

(3) 分析:GIS 的第三大应用在于空间分析。空间分析是指为制订规划和决策,应用逻辑或数学模型对地理空间数据进行分析,得出分析结论。分析的结果可以用图形、文字、表格等形式进行表达。

1.4.2 GIS 的应用领域

用地图表示空间数据的方法至少已有 2000 年了,但只有通过 GIS,空间数据才能真正全面地发挥它的各种作用。GIS 既可以对数据进行定量分析,也可以把分析的结果表达为图形,同时支持数据思维和空间思维。比起在传统地图上的空间分析,GIS 已有了质的改进,因而在科学研究、管理决策等各方面都有广泛的应用。有关 GIS 的应用,举例说明如下。

(1) 为全球变化的动态监测服务:GIS 可用于全球变化的动态监测。例如,联合国粮农组织(FAO)在意大利建立了遥感与 GIS 中心,负责对欧洲和非洲的农作物生产的病虫害防治提供实时的监测技术服务。

(2) 为国家基础产业决策服务:GIS 可用于全国范围的自然资源调查、环境研究、土地利用调查、森林管理、农作物生产、各种灾害预测和防治、国民经济调查和宏观决策分析等。

(3) 为国防和军事服务:军事 GIS 是各种指挥自动化系统的基础。一切战略的、战役的或战术的行动都离不开战场的地理环境,诸军(兵)种联合作战更是如此,而 GIS 在获取、存储、处理和分析地理环境信息并辅助决策方面具有重要的地位和作用。

(4) 为各专业领域的建设服务:GIS 可用于土地管理、房地产经营、污染治理、环境保护、交通规划、管线管理、市政工程服务和城市规划等。

(5) 为企业经营和工程建设服务:GIS 可用于生产经营和管理。例如,德国的露天煤矿,利用航测方法建立和更新矿区的 GIS,在此基础上设计开采面作业计划、矿石运输线路、废矿石堆放位置等,从而使生产达到最佳作业化。

(6) 为个人提供地理空间信息服务:GIS 可以直接为个人提供地理空间信息服务。互联网上已经有很多提供地理空间信息服务的网站,用户可以方便地根据地名等信息查询到周边的地理环境情况,有的还提供城市公交换乘、旅游路线选择、最优路径分析等功能。车载导航定位系统、手机电子地图导航系统等也已广泛流行,为用户提供基于电子地图的导航定位服务。

GIS 的应用领域极为广泛,只要该领域需要使用地理空间数据,GIS 就可以得到应用和发挥作用。以上只是一个概略的介绍。

1.4.3 我国 GIS 的应用概况

1. 农业方面

在我国,从 20 世纪 80 年代中期开始,GIS 技术就被应用于农业领域,包括国土资源决策管理、农业资源信息、区域农业规划、粮食流通管理与粮食生产辅助决策等方面。

国内在这方面的研究较为广泛。我国第二次全国土壤普查广泛使用航空遥感技术,成图快、精度高,省时省力,较常规方法节约了 3/4 的经费。刘志等设计的“土地利用评价系统”、黄杏元等研究的地理信息系统支持区域土地利用决策、南京大学的“宗地地价评估系统”、北京师范大学的“区域土地适宜性评价系统”和中国科学院的“黄土高原水土流失信息系统”等均投入使用,且取得了良好的社会和经济效益。1999 年黄跃进等讨论了利用 GIS 技术进行节水灌溉区划的方法、过程。

2. 林业方面

目前 GIS 在林业上的应用主要有环境和森林灾害监测与管理、森林调查、森林资源分析和评价、森林结构调整、森林经营、野生动植物监测与管理。

1993~1997 年,由联合国开发计划署(UNDP)援助的“中国森林资源调查技术现代化”项目顺利执行。李富海等自主开发的森林资源 GIS 是从现代资源管理和森林经营的需要出发而设计的。在 ViewGIS 支撑下,马胜利等建立了陕西省西乡县森林资源地理信息系统。张远等应用 ViewGIS 建立了辽宁省铁岭县白旗寨乡夹河厂村森林资源管理信息系统。陈端吕等的研究中把 GIS 技术与森林经营优化决策模型进行有机结合,将空间数据与属性数据进行综合分析。

3. 资源环境管理方面

随着技术的不断发展,目前 GIS 在土地科学中的应用主要包括土地评价工作、土地利用规划、土地利用与土地覆被现状分类与制图,以及土地利用与土地覆被动态监测等。

国务院于 1984 年正式布置开展全国土地资源调查。在土地利用图件编制、数据量算汇总与空间分析等方面,GIS 技术发挥了重要作用。从 1996 年开始,国家科学技术委员会、国家土地管理局和农业部实施“全国基本农田保护与监测”工作。在国土资源部统一规划和组织下,在新一轮国土资源大调查纲要和实施方案的部署和安排下,以 1:1 万比例尺为主的县(市)级土地利用数据库建设工作于 1999 年 9 月在数字国土工程中立项,1999 年 10 月正式启动。

4. 矿产资源调查、评价与预测方面

随着 GIS 技术的不断成熟,其在找矿工作中的应用更加广泛,形成了一系列矿产预测的新方法、新思维。

中国地质大学(武汉)吴信才教授研制的 MAPGIS 软件可以对多源地学信息进行叠加分析,圈定成矿有利部位。吴冲龙教授主持了地矿点源信息系统研制和开发,其中 7 个大型软件系统已在全国范围内推广使用。1986 年,由地质矿产部遥感中心主持,长春地质学院、中国地质大学、地质矿产部矿床地质研究所等单位参加,开展了“遥感图像与其他地学数据综合图像处理技术及应用研究”。1995 年 4 月,中国地质调查局为提高预测水平和找矿效果,在川西扬子地台西缘部分地区 4 个 1:20 万图幅立项开展地理信息系统应用的试验研究。系统 MOR-PAS 采用数据仓库、数据挖掘等技术,实现了对多源地学信息的集成管理及对数据中潜在模式的提取(胡光道,2001)。

5. 水文与水利方面

利用 GIS 可有效解决水文模型研究中长期以来存在的数量不足和信息量不丰富的问题,丰富了水文地质研究内容,提高了水文模型的预报和估算精度。

我国这方面的应用研究主要有黄土高原小流域动态监测信息系统研究、黄土高原三川河流域区域治理和开发信息系统研究、黄河三角洲洪水灾情分析信息系统研究等,以及国家自然科学基金委员会资助的中国主要湖泊信息系统辅助决策试验研究、数字长江河道试验等。1987~1989 年,水利部遥感技术应用中心、中国科学院、国家测绘局和空军合作,先后在永定河、黄河、荆江地区、洞庭湖和淮河进行了防洪试验,建立了洪涝灾害监测的准实时全天候系