

DILI XINXI XITONG DAOLUN

# 地理信息 系统导论

• 主 编 刘明皓 副主编 夏 英 袁正午 罗光莲 •



重庆大学出版社

<http://www.cqup.com.cn>

## 内 容 提 要

地理信息系统(Geographical Information System, GIS)发展日新月异,目前已经融入 IT 技术的主流,发展为集遥感、全球定位系统、互联网、物联网技术于一身的综合学科。《地理信息系统导论》是关于地理信息系统的入门教材。书中系统地介绍了 GIS 的基本理论、主要应用和新技术。《地理信息系统导论》共由 11 章和 2 个附录组成。第 1 章为 GIS 概论;第 2 章为空间信息基础;第 3 章为 GIS 数据结构和空间数据库;第 4 章为空间数据采集和空间数据处理;第 5 章为空间数据质量与数据标准;第 6 章为空间数据基本分析;第 7 章为高级空间分析;第 8 章为地理信息系统应用与开发;第 9 章为地理信息可视化;第 10 章为地理信息应用;第 11 章为地理信息新技术。每章前面提供学习指南,后面提供思考题及进一步讨论的问题,便于读者阅读使用。2 个附录分别为 GIS 行业相关技术规范与标准和 GIS 中的一些常用术语释义。

该书贴近现实,体现实用,同时紧扣当前 GIS 的前沿技术。该书既可作为高等院校地理信息系统、地理、土地资源、城市规划等专业本科生和高职高专学生的教材,也可作为生态环境、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

地理信息系统导论/刘明皓主编. —重庆:重庆大学出版社,2010.9  
ISBN 978-7-5624-5638-4

I. ①地… II. ①刘… III. ①地理信息系统 IV. ①P208

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 154137 号

## 地理信息系统导论

主 编 刘明皓

副主编 夏 英 袁正午 罗光莲

责任编辑:曾显跃 版式设计:曾显跃

责任校对:夏 宇 责任印制:赵 晟

\*

重庆大学出版社出版发行

出版人:邓晓益

社址:重庆市沙坪坝正街 174 号重庆大学(A 区)内

邮编:400030

电话:(023) 65102378 65105781

传真:(023) 65103686 65105565

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn (营销中心)

全国新华书店经销

重庆大学建大印刷厂印刷

\*

开本:787×1092 1/16 印张:16.25 字数:406 千

2010 年 9 月第 1 版 2010 年 9 月第 1 次印刷

印数:1—3 000

ISBN 978-7-5624-5638-4 定价:32.00 元

---

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换  
版权所有,请勿擅自翻印和用本书  
制作各类出版物及配套用书,违者必究

# 前言

地理信息系统是一种用于采集、存储、管理、分析以及显示地理信息的计算机系统。自 20 世纪 60 年代初期以来,随着计算机技术的发展,特别是图形图像技术和数据库技术的发展,计算机技术开始用于地图制作、编辑和空间分析中。近年来,计算机软硬件技术的发展大大拓宽了 GIS 的应用领域,使得 GIS 在资源调查、环境评估、灾害预测、国土管理、城市规划、邮电通信、交通运输、军事、公安、水利电力、公共设施管理、农林牧业、统计、商业金融等行业应用中发挥着越来越重要的作用。1998 年美国副总统戈尔提出“数字地球”的概念;2004 年 8 月,美国劳工部将空间信息技术与纳米技术、生物技术列为未来三大主要上升领域,由此可见,地理信息系统已经得到越来越多的认可。

在这样的背景下,地理信息系统也越来越融入 IT 技术的主流,为了适应新时期 GIS 技术的变化,满足各种应用对 GIS 的新需求,我们编写了这一部作为入门级读物的教材,旨在全面地覆盖 GIS 相关知识的基础上,贴近现实,体现实用,同时紧扣当前 GIS 的前沿技术,引领读者进入 GIS 的殿堂。本书的结构如下:

全书共 11 章。第 1 章为绪论,主要介绍地理信息系统的一些相关背景知识、GIS 的发展历程、系统构成及 GIS 与其他相关学科与技术的关系;第 2 章,介绍地理空间的表达、地理坐标系、地图投影和地图比例尺等基础知识;第 3 章,介绍空间数据结构与空间数据库空间数据采集方法和空间数据库建设技术流程;第 4 章,介绍 GIS 数据采集过程中的数据来源;第 5 章,空间数据质量与数据标准;第 6 章,介绍 GIS 的基本空间分析功能,包括缓冲区分析、叠置分析、网络分析、地形分析与统计分析等;第 7 章,介绍地理信息系统的高级空间分析模型、数据仓库与空间数据挖掘、数字地面模型等高级技术;第 8 章,介绍地理信息系统开发相关的技术和流程,并结合实例进行阐述;第 9 章,介绍地理信息可视化的理论和技术,第 10 章,主要以农业、地质灾害、城市地价评估等为例论述 GIS 的应用情况;

第 11 章,重点论述当前 GIS 技术发展的新方向,其中包括多维 GIS 技术、移动 GIS 技术、WebGIS 技术、空间数据共享与标准化等。

本书具有以下特色:

①深入浅出,通俗易懂。本书在内容安排上,尽可能深入浅出,不求深刻,但做到基本概念的通俗易懂。全书按照 GIS 定义中的每一项内容依次介绍,涉及内容丰富的部分可以分章节进行编写。

②注重实践,加深理解。考虑到初学者对理论知识学习一般会感到枯燥、乏味,为了引起读者的兴趣,本书强调理论与实际相结合。书中的第 10 章专门介绍了地理信息系统与农业气候资源精细化模拟、地理信息系统与地质灾害信息管理、地理信息系统与航道管理、地理信息系统在土地定级中的应用等案例,以及相关的数据处理和软件使用方法。在习题的设计与布置方面,注重动手能力的引导。

③形式简单,注重效率。全书在每章开端有学习指南作为导读,让读者对整章内容有一个大概的了解;在每章末尾有小结,以帮助读者消化。

本书凝聚了重庆邮电大学、重庆交通大学、重庆工商大学三所高校十多位老师的心血。举多所高校之力,联合十多位老师编写教材实属不易,但我们进行了有益的探索,并最终如期付梓,值得庆幸。该书具体分工如下:绪论部分由薛丽霞、刘明皓编写,空间信息基础部分由莫申国编写,空间数据结构与空间数据库应用部分由刘兆宏、夏英编写,刘明皓编写了空间数据的采集和处理、二维空间信息可视化和 GIS 在土地定级中的应用等章节,虚拟地理环境部分由魏秉铎编写,刘国栋编写空间数据质量部分,杨富平编写空间分析部分,罗光莲编写高级空间分析部分,丰江帆编写地理信息系统应用与开发部分,林孝松编写地理信息系统的应用部分,袁正午编写 GIS 新技术部分,罗小波参与了遥感数据采集部分的编写工作。全书由刘明皓统稿,夏英、袁正午、薛丽霞等参与了全书的稿件校对工作。

重庆邮电大学研究生荣怡、朱冠宇、武志涛、梁均军、王耀兴等参与了部分文字录入、图形编辑和排版等工作,在此一并表示感谢。

鉴于时间仓促,作者水平有限,加之地理信息系统技术发展日新月异,书中难免有疏漏甚至不当之处,恳请读者批评指正。

编者  
2010年4月

# 目 录

|                           |    |
|---------------------------|----|
| 第1章 概论 .....              | 1  |
| 1.1 基本知识 .....            | 1  |
| 1.2 GIS的发展概况 .....        | 9  |
| 1.3 地理信息系统的构成 .....       | 16 |
| 1.4 GIS与相关学科及技术的关系 .....  | 19 |
| 思考题 .....                 | 21 |
| 第2章 空间信息基础 .....          | 22 |
| 2.1 地理空间的表达 .....         | 23 |
| 2.2 地理坐标系 .....           | 26 |
| 2.3 地图投影与地图比例尺 .....      | 29 |
| 2.4 空间数据的组织与编码 .....      | 36 |
| 思考题 .....                 | 38 |
| 第3章 GIS数据结构及空间数据库 .....   | 39 |
| 3.1 地理实体及其描述 .....        | 39 |
| 3.2 空间数据模型 .....          | 47 |
| 3.3 空间数据结构 .....          | 53 |
| 3.4 空间数据库设计 .....         | 62 |
| 思考题 .....                 | 67 |
| 第4章 空间数据的采集和空间数据的处理 ..... | 68 |
| 4.1 空间数据与空间数据来源 .....     | 68 |
| 4.2 空间数据采集的主要方法 .....     | 71 |
| 4.3 空间数据库建设 .....         | 81 |
| 思考题 .....                 | 91 |

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| <b>第 5 章 空间数据质量与数据标准</b> ..... | 92  |
| 5.1 空间数据质量 .....               | 92  |
| 5.2 空间数据标准 .....               | 97  |
| 思考题 .....                      | 104 |
| <b>第 6 章 基本空间分析</b> .....      | 105 |
| 6.1 空间分析概述.....                | 105 |
| 6.2 基本空间分析.....                | 107 |
| 思考题 .....                      | 119 |
| <b>第 7 章 高级空间分析</b> .....      | 120 |
| 7.1 高级空间分析模型.....              | 120 |
| 7.2 数据仓库与空间数据挖掘.....           | 126 |
| 7.3 数字地面模型.....                | 132 |
| 思考题 .....                      | 136 |
| <b>第 8 章 地理信息系统应用与开发</b> ..... | 137 |
| 8.1 地理信息系统的应用模式.....           | 137 |
| 8.2 地理信息系统的开发.....             | 139 |
| 8.3 地理信息系统工程.....              | 146 |
| 思考题 .....                      | 152 |
| <b>第 9 章 地理信息可视化</b> .....     | 153 |
| 9.1 概述.....                    | 153 |
| 9.2 二维空间信息可视化.....             | 158 |
| 9.3 三维信息可视化与虚拟地理环境.....        | 166 |
| 思考题 .....                      | 175 |
| <b>第 10 章 地理信息系统的应用</b> .....  | 176 |
| 10.1 地理信息系统与农业气候资源精细化模拟 .....  | 176 |
| 10.2 地理信息系统与地质灾害 .....         | 182 |
| 10.3 地理信息系统与港口航道管理 .....       | 189 |
| 10.4 GIS 在土地定级中的应用 .....       | 195 |
| 10.5 车载导航系统 .....              | 205 |
| 思考题 .....                      | 208 |

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| <b>第 11 章 地理信息系统新技术</b> ..... | 209 |
| 11.1 多维 GIS 技术 .....          | 209 |
| 11.2 虚拟现实技术 .....             | 212 |
| 11.3 移动 GIS .....             | 216 |
| 11.4 WebGIS .....             | 222 |
| 11.5 空间数据共享与标准化 .....         | 227 |
| 11.6 Service GIS .....        | 230 |
| 思考题 .....                     | 233 |
| <b>附录</b> .....               | 234 |
| 附录 A GIS 行业相关技术规范与标准 .....    | 234 |
| 附录 B GIS 中一些常见术语释义 .....      | 236 |
| <b>参考文献</b> .....             | 244 |



# 第 1 章

## 概 论

### 学习指南

本章介绍了地理信息系统基本知识、GIS 的发展历程、系统构成及 GIS 与其他相关学科与技术的关系。本章首先对地理信息系统的概念、基本特性、基本功能进行了较为详细的阐述；其次，对 GIS 产生的理论及其技术背景进行了分析，详细论述了地理信息系统的发展历程及在我国的发展情况；接着介绍了 GIS 系统的软硬件系统及数据与人员；最后，对地理信息系统和相关学科与技术的关系进行了讨论。

## 1.1 基本知识

### 1.1.1 地理数据和地理信息

什么是信息 (Information)? 1948 年, 美国数学家、信息论的创始人香农 (Claude Elwood Shannon) 在题为《通讯的数学理论》的论文中指出: “信息是用来消除随机不定性的东西”; 1948 年, 美国著名数学家、控制论的创始人维纳 (Norbert Wiener) 在《控制论》一书中指出: “信息就是信息, 既非物质, 也非能量。” 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, 是主体与客体之间的一切有用的消息或知识。我们认为: 信息是通过某些介质向人们 (或系统) 提供关于现实世界新的事实的知识, 它来源于数据且不随载体变化而变化, 它具有客观性、实用性、传输性和共享性的特点。

信息与数据既有区别, 又有联系。数据是定性、定量描述某一目标的原始资料, 包括文字、数字、符号、语言、图像、影像等, 它具有可识别性、可存储性、可扩充性、可压缩性、可传递性及可转换性等特点。信息与数据是不可分离的, 信息来源于数据, 数据是信息的载体。数据是客观对象的表示, 而信息则是数据中包含的意义, 是数据的内容和解释。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包含的信息。数据包含原始事实, 信息是数据处理的结果, 是将数据处理成有意义的和有用的形式。

地理信息作为一种特殊的信息, 它同样来源于地理数据。地理数据是各种地理特征和现

象间关系的符号化表示,是指表征地理环境中要素的数量、质量、分布特征及其规律的数字、文字、图像等的总和。地理数据主要包括空间位置数据、属性特征数据及时域特征数据三个部分。空间位置数据描述地理对象所在的位置,这种位置既包括地理要素的绝对位置(如大地经纬度坐标),也包括地理要素间的相对位置关系(如空间上的相邻、包含等)。属性数据有时又称非空间数据,是描述特定地理要素特征的定性或定量指标(如公路的等级、宽度、起点、终点等)。时域特征数据是记录地理数据采集或地理现象发生的时刻或时段。时域特征数据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、属性及时域特征构成了地理空间分析的三大基本要素。

地理信息是地理数据中包含的意义,是关于地球表面特定位置的信息,是有关地理实体的性质、特征和运动状态的表征和一切有用的知识。作为一种特殊的信息,地理信息除具备一般信息的基本特征外,还具有区域性、空间层次性和动态性等特点。

### 1.1.2 地理信息系统的概念

在当今计算机时代,人们非常依赖计算机以及计算机处理过的信息,信息系统部分或全部由计算机系统支持,因此,计算机硬件、软件、数据和用户是信息系统的四大要素。其中,计算机硬件包括各类计算机处理及终端设备;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;数据则是系统分析与处理的对象,构成系统的应用基础;用户是信息系统所服务的对象。

从 20 世纪中叶开始,人们开发出许多计算机信息系统,这些系统采用各种技术手段来处理地理信息,它包括:

①数字化技术:输入地理数据,将数据转换为数字化形式的技术。

②存储技术:将这类信息以压缩的格式存储在磁盘、光盘以及其他数字化存储介质上的技术。

③空间分析技术:对地理数据进行空间分析,完成对地理数据的检索、查询,对地理数据的长度、面积、体积等的量算,完成最佳位置的选择或最佳路径的分析以及其他许多相关任务的方法。

④环境预测与模拟技术:在不同的情况下,对环境的变化进行预测模拟的方法。

⑤可视化技术:用数字、图像、表格等形式显示与表达地理信息的技术。

这类系统共同的名字就是地理信息系统(Geographic Information System, GIS),它是用于采集、存储、处理、分析、检索和显示空间数据的计算机系统。与地图相比, GIS 具备的先天优势是将数据的存储与数据的表达进行分离,因此,基于相同的基础数据能够产生出各种不同的产品(图 1.1)。

由于不同的部门和不同的应用目的, GIS 的定义也有所不同。当前对 GIS 的定义一般有四种观点:即面向数据处理过程的定义、面向工具箱的定义、面向专题应用的定义和面向数据库的定义。Goodchild 将 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技术系统”。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”,俄罗斯学者也将 GIS 定义为“一种解决各种复杂的地理相关问题,以及具有内部联系的工具集合”。面向数据库的定义是在工具箱定义的基础上,更加强调分析工具和数据库间的连接,认为 GIS 是空间分析方法和数据管理系统的结合。面向专题应用的定

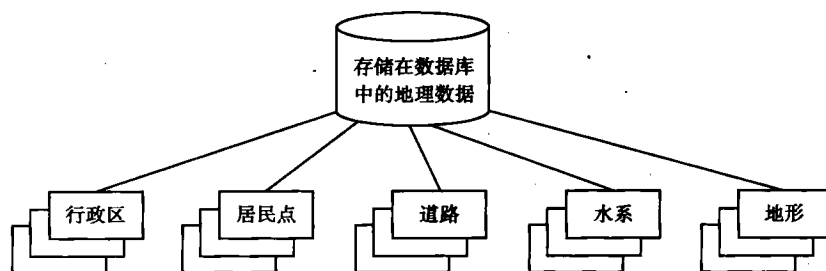


图 1.1 GIS 中数据的存储与数据的表达分离

(国家 1:400 万国家基础地理空间数据库主要要素分层)

义是在面向过程定义的基础上,强调 GIS 所处理的数据类型(如土地利用 GIS、交通 GIS 等)。我们认为地理信息系统是在计算机硬、软件系统支持下,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、储存、管理、运算、分析、显示和描述的系统。它与其他计算系统一样,包括计算机硬件、软件、数据和用户四大要素,只不过 GIS 中的所有数据都具有地理参照。也就是说,数据通过某个坐标系统与地球表面中的特定位置发生联系。

地理信息系统简称 GIS,多数人认为是地理信息系统(Geographical Information System),也有人认为是地学信息系统(Geo-information System),等等。目前,人们对 GIS 理解在不断深入,内涵在不断拓展,“GIS”中,“S”的含义包含四层意思:

其一是系统(System),是从技术层面的角度论述地理信息系统,是指处理地理数据的计算机技术系统,但更强调其对地理数据的管理和分析能力,地理信息系统从技术层面意味着帮助构建一个地理信息系统工具。例如,给现有地理信息系统增加新的功能,或开发一个新的地理信息系统,或利用现有地理信息系统工具解决一定的问题。一个地理信息系统项目可能包括以下几个阶段:

- ①定义一个问题;
- ②获取软件或硬件;
- ③采集与获取数据;
- ④建立数据库;
- ⑤实施分析;
- ⑥解释和展示结果。

这里的地理信息系统技术(Geographic information technologies)是指收集与处理地理信息的技术,包括全球定位系统(GPS)、遥感(Remote Sensing)和 GIS。从这个含义看,GIS 包含两大任务:空间数据处理和 GIS 应用开发。

其二是科学(Science),广义上的地理信息系统(常称为地理信息科学),是一个具有理论和技术的科学体系,意味着研究存在于 GIS 和其他地理信息技术后面的理论与观念(GIScience)。

其三是代表着服务(Service),随着遥感等信息技术、互联网技术、计算机技术等的应用和普及,地理信息系统已经从单纯的技术型和研究型逐步向地理信息服务层面转移。例如,导航的需要催生了导航 GIS 的诞生,著名的搜索引擎 Google 也增加了 Google Earth 功能,GIS 成为人们日常生活中的一部分。当同时论述 GIS 技术、GIS 科学或 GIS 服务时,为避免混淆,一般用 GIS 表示技术,GIScience 或 GISci 表示地理信息科学,GIService 或 GISer 表示地理信息服务。

其四是研究(Studies),研究有关地理信息技术引起的社会问题(societal context),如法律问题(legal context)、私人或机密主题、地理信息的经济学问题等(图 1.2)。

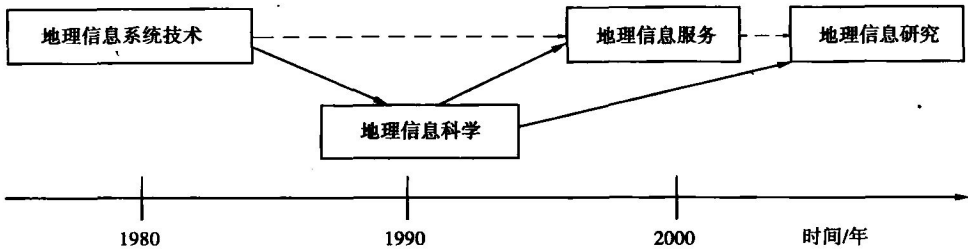


图 1.2 GIS 的演化

因此,地理信息系统是一种专门用于采集、存储、管理、分析和表达空间数据的信息系统,它既是表达、模拟现实空间世界和进行空间数据处理分析的“工具”,也可看作是人们用于解决空间问题的“资源”,同时还是一门关于空间信息处理分析的“科学技术”。

### 1.1.3 地理信息系统的特性

地理信息系统作为一种通用技术,它提供了一种认识、理解、组织和使用地理信息的新方式,是一门处理空间信息的交叉学科。因此,GIS 除了具备信息系统的一般特征之外,还具有以下特性:

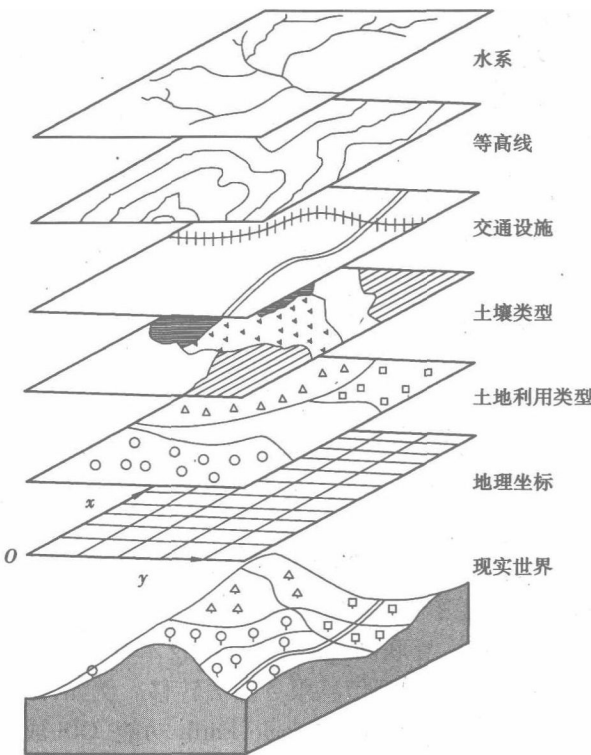


图 1.3 地理信息系统中的信息分层与统一的地理参照 (Tor Bernhardsen)

#### (1) 在 GIS 中所有数据都具有地理参照

空间位置特征是地理空间数据有别于其他数据的本质特征,GIS 中的数据必须通过某个坐标系统与地球表面的一个特定位置发生联系。GIS 中所有的地理要素都要按照经纬度或者特定的坐标系统进行严格的空定位之后,才能对具有时序性、多维性和区域性的地理要素进行空间分析。在计算机中,可以按照专题层来存储和表达地理数据,其中每一个专题层都与一个共同的地理参照相关(图 1.3)。不同来源的地理信息都是在统一的地理参照系统内进行表达的,任何 GIS 都应该具备地理坐标转换功能。一般信息系统仅包括属性和时间特征,没有位置的数据不能称为地理数据。

#### (2) 空间关系处理的复杂性

地理信息除了包含空间位置与关系信息之外,还具有属性信息和表征时序特征的时间信息。属性信息是除空间位置及关系外的所有描述地理对象或人文现象的定

性或定量的数据信息,这相当于一般信息系统所处理的数据和信息;时间信息指地理数据采集或地理现象发生的时刻或时段。尽管 GIS 和空间数据库已经存在了 30 多年,但直到近几年来随着时空数据库的发展,时间维才引起计算科学和地理界同行们的广泛关注,时间信息成为了环境模拟及趋势预测分析的关键信息。由此可以看出,地理信息系统除了要完成一般信息系统的工作外,还要处理与之对应的空间位置和空间关系。因此,GIS 中的空间数据的复杂性远远超过了一般的信息系统。

### (3) 强调空间分析

空间分析是为了解决地理空间问题而进行的数据分析与数据挖掘,能从 GIS 空间目标之间的空间关系中获取派生的信息和新的知识,是从一个或多个空间数据图层中获取信息的过程。空间分析主要通过空间数据和空间模型的联合分析来挖掘空间目标的潜在信息,而这些空间目标的基本信息,无非是其空间位置、分布、形态、距离、方位、拓扑关系等,其中距离、方位、拓扑关系组成了空间目标的空间关系,它是地理实体之间的空间特性,可以作为数据组织、查询、分析和推理的基础。通过将地理空间目标划分为点、线、面等不同的类型,可以获得这些不同类型目标的形态结构。将空间目标的空间数据和属性数据结合起来,可以进行许多特定任务的空间计算与分析。

空间分析源于 20 世纪 60 年代地理和区域科学的计量革命,最初主要是应用统计分析手段来分析点、线、面的空间分布模式,后来则偏向于强调地理空间本身的特征、空间决策过程和复杂空间系统的时空演化过程分析。空间分析的基础是地理空间数据库,同时涉及复杂的数学工具,包括各种几何的逻辑运算、数理统计分析,代数运算等数学手段,其最终的目的是对空间构成进行描述和分析,以达到获取、描述和认知空间信息,特别是隐含信息的目的,以辅助决策。

GIS 空间分析蕴涵巨大的价值。实际上自有地图以来,人们就始终进行着各种类型的空间分析。例如,在地图上量测地理要素之间的距离、方位、面积,乃至利用地图进行战术研究和战略决策等(图 1.4)。目前,不少空间分析方法已经在 GIS 软件中实现。空间分析早已成为地理信息系统的核心功能之一,是地理信息系统区别于一般信息系统的主要功能特征。空间信息分析的内涵极为丰富。

作为 GIS 的核心部分之一,空间分析在地理数据的应用中发挥着举足轻重的作用,空间分析技术与许多学科有联系,地理学、经济学、区域科学、大气、地球物理、水文等专门学科为其提供知识和机理。

### (4) 海量数据管理能力

随着 GIS 应用领域的不断推广与深入以及数据更新速度的不断加快,待处理的数据量越来越大,从最初的 MB 数量级,发展到现在的 GB 数量级甚至 TB 数量级,已经到了海量的程度,海量空间数据的组织与管理成了制约 GIS 发展的一个瓶颈。如全国 1:25 万基础地理信息数据库的数据量为 8 GB,1:5 万数字高程数据达 150 GB 以上,遥感影像的数据量就更大。

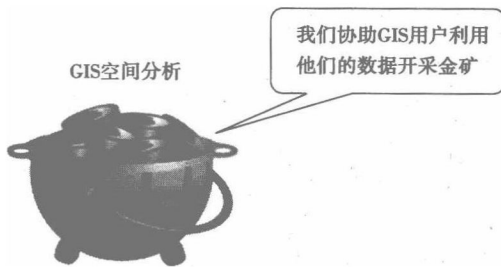


图 1.4 GIS 空间分析与数据挖掘蕴涵巨大的价值

地理信息系统海量数据特征来自两个方面:一是地理数据,地理数据是地理信息系统的管理对象。其本身就是海量数据;二是派生数据,派生数据主要来自于空间分析,空间分析过程中将不断地产生新的空间数据,这些数据也具备海量特征。地理信息系统海量数据带来的是系统运转、数据组织、网络传输等一系列的技术难题,这也是地理信息系统比其他信息系统复杂的又一个因素。

#### 1.1.4 地理信息系统的功能

##### (1) 应用功能

地理信息系统作为一种处理地理数据、重现地理环境并指导人们决策的信息系统,主要回答和解决位置、条件、趋势、模式和模拟等应用问题。

##### 1) 位置

位置(Location)。即对象的位置在哪里?通常利用特定坐标系和投影方式确定空间对象的位置,如坐标或街道编码。确定位置后再通过查询等其他方式获得其他的特性。

##### 2) 条件

条件(Condition),即满足某些特点条件的对象在哪里?通常利用空间对象的属性信息列出条件表达式或组合表达式,进而获取满足这些表达式的对象的空间位置信息,通常会在屏幕上以高亮方式显示出目标对象。

##### 3) 趋势

趋势(Trend),即特定地区发生的特定事件及其随时间变化的过程。它需要综合既有数据,以识别已经发生或正在发生变化的地理现象。趋势的确定通过一个数据集来进行,当数据越完备时,趋势分析可能越趋于正确。地理信息系统还可以根据产生的趋势快速地生成一些定量数据以及说明该趋势的附图等。

##### 4) 模式

模式(Pattern),即特定地点存在的空间实体的空间分布及空间关系的模式问题。模式分析揭示了地理实体之间的空间关系。模式的确定需要长期的观察,理解数据之间的潜在关系及规律。

##### 5) 模拟

模拟(Simulation),即特定地点若具备某种特定条件将会发生什么问题。模拟是以模式和趋势为基础的,在它们的基础上,模拟将建立现象和因素之间的模型关系,从而发现具有普遍意义的规律。

##### (2) GIS 的基本功能

由于空间数据是 GIS 的操作对象,为了能够有效地解决上述问题,GIS 需要获取准确可靠的数据并对其进行有效的组织和管理,此外,为了解决如条件、趋势、模式等问题,GIS 还必须提供各种求解工具并对分析的结果进行可视化的表达(图 1.5)。因此,可以根据数据处理流程中的不同阶段,将 GIS 的基本功能划分为以下五类:

##### 1) 数据采集功能

一般情况下,地理信息系统数据库的建设占整个系统建设投资的 70% 左右,因此,数据采集和数据成为了 GIS 系统研究的重要内容。数据采集是 GIS 的第一步,地理信息系统的数据

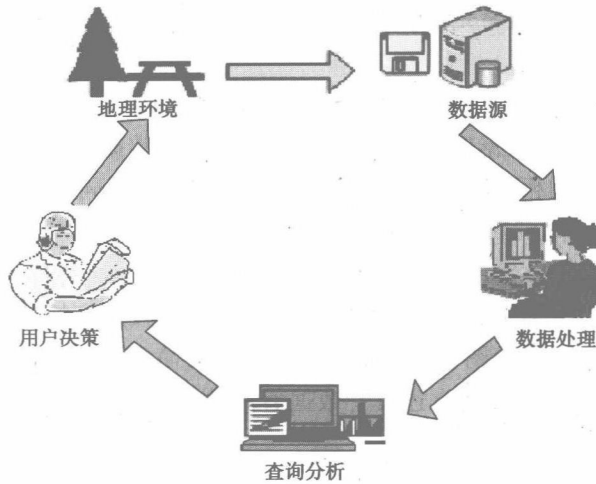


图 1.5 GIS 的基本工作流程

通常抽象为不同的专题或层。数据采集编辑功能就是保证各层实体的地物要素按顺序转化为  $x, y$  坐标对应的代码输入到计算机中。数据库的数据来源主要包括既有数据和新创建的数据,既有数据通过收集整理录入数据库中,而新创建的数据则主要通过各种数据采集设备(如数字化仪、全站仪等设备)进行采集(图 1.6),因此,GIS 应尽可能提供与各种数据采集设备的通信接口。

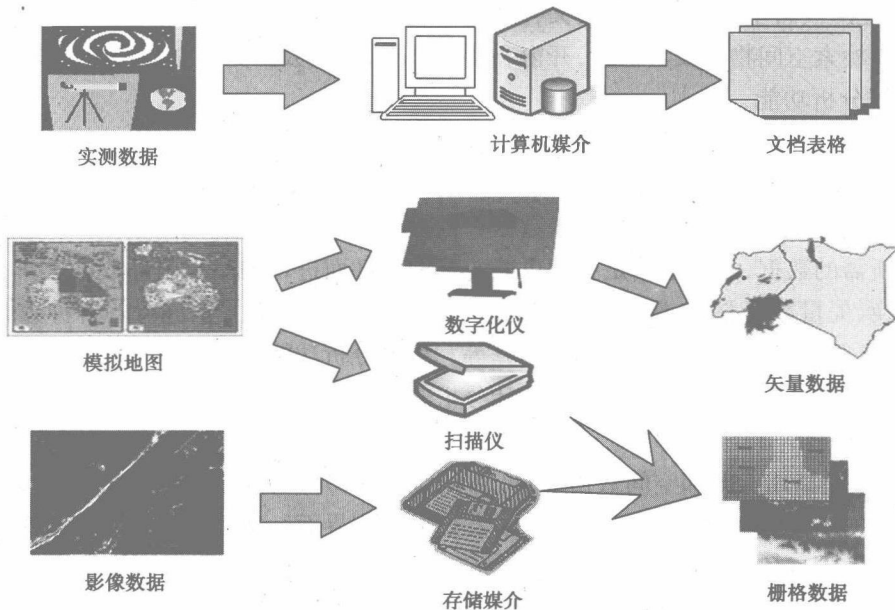


图 1.6 GIS 的数据采集功能

## 2) 数据处理功能

由于GIS涉及的数据类型多种多样,同一种类型数据的质量也可能有很大的差异。为了保证系统数据的规范和统一,建立满足用户需求的数据文件,数据处理是GIS的基础功能之一。数据处理的任务和操作内容主要包括数据检验、数据编辑、数据转换、数据概括等。

数据检验的内容很多,但通常是指按照数据质量的要求,对数据的空间特征、属性特征及时间特征等方面进行检验。

数据编辑是根据数据检验的情况对数据进行修改和调整。

数据转换包括数据结构、数据格式、数据坐标等的转换。数据结构的转换主要是指数据在矢量结构和栅格结构之间的相互转换;数据格式转换主要是指不同 GIS 软件或同一 GIS 软件所支持的不同数据格式之间的转换。例如,MapInfo 的 MIF 格式与 ArcGIS 的 Shapfile 格式之间转换, ArcGIS 的 Coverage 与 Shapfile 格式之间转换。

数据坐标转换包括数据平移、旋转、比例尺缩放以及地图投影变换。

数据概括也称制图综合或地图概括,它包括数据平滑、简化、融合等过程。

除上述数据处理功能外, GIS 通常还具有数据剪裁、拼接、提取等功能。

### 3) 数据集成功能

数据集成功能包括数据存储与组织。高效的数据存储与组织机制是建立地理信息系统数据库的关键。栅格模型、矢量模型或栅格、矢量混合模型是常用的空间数据组织方法。由于 GIS 数据的特殊性,一般信息系统中的数据结构和数据管理系统不适合管理空间数据,因此, GIS 必须发展自己特有的数据存储、组织和管理功能。在空间数据组织与管理中,最为关键的是如何将空间数据与属性数据融为一体。GIS 数据库是区域内的地理要素特征以一定的组织方式存储在一起的相关数据的集合,由于空间数据与属性数据具有不可分割的联系,以及空间数据之间具有显著的拓扑结构等特点, GIS 数据库管理功能除了与属性数据相关的数据管理功能之外,还应具备空间数据库的定义,数据访问和提取,从空间位置检索空间物体及其属性,从属性条件检索空间物体及其位置,开窗和接边操作,以及数据更新和维护等功能。

### 4) 数据分析功能

数据分析功能包括较为简单的空间查询、检索、统计、计算等功能,也包括较为复杂的空间分析与模型分析功能。空间查询与分析是地理信息系统的本质特征,它主要包括数据操作运算、数据查询检索以及数据综合分析。数据查询检索即从数据文件、数据库或存储装置中,查找和选取所需的数据,是为了满足各种可能的查询条件而进行的系统内部数据操作。例如,数据格式转换、矢量数据叠合、栅格数据叠加操作以及按一定模式关系进行的各种数据运算,包括算术运算、关系运算、逻辑运算、函数运算等。综合分析功能可以提高系统评价、管理和决策的能力,主要包括信息测量、属性分析、统计分析、二维模型分析、多维模型分析及多要素综合分析等。

GIS 建模是指用 GIS 和空间数据建立分析模型。GIS 一方面应为用户提供空间数据建模及分析操作的手段,另一方面应向用户提供友好的使用界面。空间数据建模的基本任务是,针对所研究的空间现象或问题,描述 GIS 的空间数据组织,设计 GIS 空间数据库模式,确定数据实体或目标及其关系,设计在计算机中的物理组织、存储路径和数据库结构等。这项工作是以空间数据模型的理论为指导的。空间数据模型是关于现实世界中空间实体及其相互间联系的概念,为描述空间数据组织和设计空间数据库模式提供了基本的方法。

### 5) 数据输出功能

利用各种地图、表格和统计图表来显示分析结果是 GIS 的一项基本功能。作为一种可视化工具,无论是强调空间数据的位置还是分布模式,底图都是最有效的。数据显示是中间处理



过程和最终结果的屏幕显示,通常以人机交互方式来选择显示的对象与形式,对于图形数据根据要素的信息量和密集程度,可选择放大或缩小显示。GIS不仅可以输出全要素地图,还可以根据用户需要,分层输出各种专题图、各类统计图、图表及数据等。

GIS除应当具有以上5类功能外,还应该具有二次开发的功能。为了使GIS广泛应用于各个领域,满足各种不同的应用需求,GIS应该具备二次开发环境,包括提供专用语言的开发环境、用户可在自己的编程环境中调用GIS的命令和函数,或者系统将某些功能做成专门的控件供用户调用等,这样,用户可以非常方便地编制自己的菜单和程序,生成可视化的用户界面,完成GIS各项功能的开发。

## 1.2 GIS的发展概况

### 1.2.1 地理信息系统产生的理论及技术背景

人类社会正从工业经济迈向知识经济时代,一场以信息技术为核心的革命正在深刻改变着人类生活与社会面貌。作为全球信息化浪潮重要组成部分的地理信息系统的建设与应用,正日益引起科技界、企业界和政府部门的广泛关注。20世纪中叶,计算机的发明与应用标志着第一次信息革命的开始,人类社会随之进入信息时代。信息的巨大物化力量使得它逐渐成为一种重要的社会资源和社会动力源,从而引起社会职能、模式、结构、价值以及人们工作和生活方式的变革。人们工作的重点从单独的物质生产转移到对信息的采集、处理、分析和利用上来。另外,由于社会的进步、人们开始觉悟到对赖以生存的地球资源的利用,不能是简单地掠夺,而应将开发和保护结合起来进行科学管理和合理利用,于是,兴起国土规划、各种资源清查、环境监测等大型工程。然而,面对这些大型工程所获取的海量资源环境信息,传统的调查报表、统计图表和手工制图的方式已远远不能满足时代需求,如何利用计算机有效地处理相关信息是地理信息系统产生和发展的原动力。

地理信息系统的出现与包括系统论、信息论、控制论等现代科学方法的蓬勃发展及计算机科学技术、空间技术和自动化技术的广泛应用密切相关。

系统论是研究系统的一般模式、结构和规律的学问,它研究各种系统的共同特征,用数学方法定量地描述其功能,寻求并确立适用于一切系统的原理、原则和数学模型,是具有逻辑和数学性质的一门新兴的科学。系统论的核心思想是系统的整体观念。任何系统都是一个有机的整体,它不是各个部分的机械组合或简单相加,系统的整体功能是各要素在孤立状态下所没有的新质。系统论的出现,使人类的思维方式发生了深刻地变化。以往研究问题,一般是将事物分解成若干部分,抽象出最简单的因素来,然后再以部分的性质去认识复杂事物。这是笛卡儿奠定理论基础的分析方法。这种方法的着眼点在局部或要素,遵循的是单项因果决定论,虽然这是几百年来在特定范围内行之有效、人们最熟悉的思维方法。但是,它不能如实地反映事物的整体性,也不能反映事物之间的联系和相互作用,它只适应认识较为简单的事物,而不胜任于对复杂问题的研究。在现代科学的整体化和高度综合化发展的趋势下,在人类面临许多规模巨大、关系复杂、参数众多的复杂问题面前,就显得无能为力了。正当传统分析方法束手无策的时候,系统分析方法却能站在时代前列,高屋建瓴,综观全局,别开生面地为现代复杂问