

普·通·高·等·院·校·教·材

地理信息系统 及海洋应用

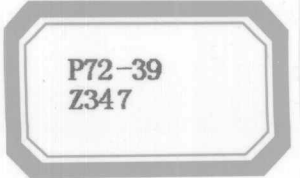
赵玉新 李 刚 编著



39



科学出版社



郑州大学 *04010778616/*

内容简介

普通高等院校教材

地理信息系统及海洋应用

赵玉新 李刚 编著

地理信息科学专业教材



科学出版社

北京

P72-39
Z347

内 容 简 介

海洋地理信息系统是空间信息科学领域的新兴方向之一。本书结合国内外最新研究进展及作者在海洋地理信息系统技术方面取得的研究成果,系统地阐述地理信息系统在海洋领域应用的方法和技术。全书介绍地理信息系统的概念、组成、研究内容及发展历史以及海洋地理信息系统的发展概况;空间数据模型及海洋数据模型;空间参照系;空间信息处理技术;空间信息管理及空间数据库技术;空间分析技术;空间信息可视化技术及应用;最后结合实例分别介绍 SuperMap Deskpro 和 SuperMap Objects 的开发过程。

本书可作为测控技术及仪器、地理信息系统等专业本科生及导航、制导与控制、测绘科学与技术等专业研究生教材,也可供从事船舶导航、海洋测绘等领域相关教学与科研工作的大专院校教师、工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

地理信息系统及海洋应用/赵玉新,李刚编著. —北京:科学出版社,2012
普通高等院校教材

ISBN 978-7-03-033478-7

I. ①地… II. ①赵… ②李… III. ①海洋地理学-地理信息系统-高等学校-教材 IV. ①P72-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 040497 号

责任编辑:杨 红 / 责任校对:张怡君
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

北京市安泰印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012年3月第一版 开本:720×1000 1/16

2012年3月第一次印刷 印张:16

字数:330 000

定价:32.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

从 1967 年加拿大地理学家 R. T. Tomlinson 提出建立世界上第一个地理信息系统项目(Canadian GIS)开始,地理信息系统的概念迅速得到认同并得到广泛传播。如今,地理信息系统作为关于地球和世界的科学,使我们可以从整体上去认识世界。它将很多相关联的事物组成网络系统,使我们更加明确自己在复杂系统中所充当的角色。地理信息系统的核心价值在于它是一个非常基础性的系统,具有丰富的数据模型、多种数据库处理工具、空间分析工具以及制图与可视化工具,能够将各种各样与地理相关的信息集成在一起,进而将整个世界联系在一起,帮助人们发现、管理、分析和改变我们的世界。

近年来,随着人类对海洋认识的提升以及“海洋战略”的提出,地理信息系统技术开始为海洋领域学者所关注。笔者结合从事地理信息系统教学以及海洋应用领域科研经验,融入对海洋地理信息系统概念的理解,以及地理信息系统技术在相关海洋领域发展的最新动态,形成本书,以阐释地理信息系统技术支持海洋、服务航海的强大功能和效用。

本书共分 8 章:第 1 章为概述,简要叙述地理信息系统的概念、组成、研究内容及发展历史,以及海洋地理信息系统的定义和发展概况;第 2 章介绍空间数据模型概念、类型和发展特点,着重论述空间数据结构(包括栅格数据结构和矢量数据结构)的设计方法,探讨海洋地理信息系统常见的数据模型;第 3 章介绍几种常用的空间坐标系、地图投影及坐标系间的相互转换方法;第 4 章分别阐述空间信息处理技术三个层次的工作:原始数据预处理、数据转换以及数据集成与融合;第 5 章论述空间数据库创建、空间地理数据存储、空间数据索引和空间数据查询技术,并给出海洋数据存储和管理的设计实例;第 6 章介绍空间分析的概念及主要功能,包括空间量算、网络分析、缓冲区分析、叠置分析及地形分析的相关内容;第 7 章详细介绍空间信息可视化技术及实现途径;第 8 章结合工具软件 SuperMap Deskpro 和 SuperMap Objects 阐述 GIS 的开发过程,详细论述利用 SuperMap Deskpro 完成空间数据管理、地图编辑、属性查询、空间分析和符号设计,以及通过 SuperMap Objects 的 Super Workspace 和 SuperMap 等控件设计开发典型应用系统的技巧和方法。

本书的第 1 章、第 3 章、第 5 章及第 8 章由赵玉新编写;第 2 章、第 4 章、第 6

章和第7章由李刚编写;全书由赵玉新制订编写大纲和统稿。

本书撰写着眼于地理信息系统技术在海洋领域的延伸和发展,力求反映前沿动态,又易于理解。同时,书中引入的实例多为作者近年科研成果以及指导全国高校地理信息系统大赛的获奖作品,具有代表性和参考价值。

在本书编写和出版过程中,郝燕玲教授给予了大力支持,并提出了许多宝贵意见和建议,特此表示感谢。

由于作者水平有限,不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

作者
2012年2月

目 录

前言

第 1 章 GIS 概述	1
1.1 GIS 的核心价值	1
1.2 GIS 定义及分类	2
1.3 GIS 组成及功能	8
1.4 GIS 的研究内容	13
1.5 GIS 的发展历程	20
1.6 海洋 GIS	23
第 2 章 空间数据模型	29
2.1 空间数据模型概念	29
2.2 空间数据模型类型	30
2.3 空间数据结构	38
2.4 海洋数据模型及应用	47
第 3 章 空间参照系	59
3.1 地球形体及其数学描述	59
3.2 坐标系	61
3.3 坐标转换	65
3.4 地图投影	69
第 4 章 空间信息处理	80
4.1 原始数据预处理	80
4.2 数据转换	95
4.3 数据集成与融合	99
第 5 章 空间信息管理与空间数据库	106
5.1 数据管理模式	106
5.2 空间数据库	107
5.3 海洋数据的存储与管理	119
第 6 章 空间分析	134
6.1 空间分析概述	134

6.2	空间特性分析	134
6.3	非空间特性分析	147
6.4	地形分析	149
第7章	空间信息可视化	158
7.1	空间信息可视化	158
7.2	地图可视化与地图符号	163
7.3	专题地理信息可视化和专题地图	173
7.4	GIS 可视化及海洋应用	178
第8章	GIS 技术实践	186
8.1	GIS 开发工具简介	186
8.2	SuperMap Deskpro 开发实践	186
8.3	SuperMap Objects 开发实践	211
	主要参考文献	246

第 1 章 GIS 概述

“地理之道”，是指我们使用新的方法(地理方法)，来创造和应用新的地理技术。创造地理技术是指测量、组织和分析所有地图、数据，为辅助决策服务并存储在地理知识数据库中，应用地理技术是指借助地理学思想进行设计、思考、管理和决策，并将这些应用于本地、国家及全球领域。地理信息系统(geographic information system, GIS)技术就是应用地理之道为大众提供工具和方法。

——摘自 ESRI 公司总裁 Jack Dangermond 2008 年 1 月在北京师范大学的演讲

1.1 GIS 的核心价值

我们生活在一个充满问题和挑战的世界：污染加剧、人口增长、全球变暖、社会冲突、资源短缺、石油能源紧张、生物多样性下降、自然灾害频发、环境变得脆弱而不稳定……为了有效应对这一切，我们需要具备丰富的知识、需要科学地统筹规划、需要更有效率地生活、需要做出更好的决定、需要采取更实际的行动、需要创造新的方法、需要用一种新的思路去认识世界和理解事物以及处理问题。地理信息系统作为地球和世界的科学，它使我们得以从整体上去认识世界，它将很多相关联的事物组成网络系统，它使我们更加明确自己在复杂系统中所充当的角色。

今天，GIS 在全世界范围内得以广泛应用，它正影响着科学、影响着决策，甚至影响着整个世界的进程，GIS 技术对我们把握世界将起到越来越重要的作用。目前 GIS 已应用于很多领域，如地区政府管理、安全及灾害监测、环境保护和军事等，尽管它还未具备足够的说服力和影响力，但是它正在帮助我们更好地组织和管理世界。GIS 最常见的应用就是通过建立一个可以更新和共享的基础数据库，帮助政府各部门之间能够相互利用各自的数据；在美国、中国、新加坡、印度和澳大利亚以及欧洲等国家和地区，GIS 被用于土地保护，包括决策、预测和规划等，使得信息传递更有效率、更加合理化，GIS 提供的空间数据库可以使得管理工作更为透明；在加拿大、日本和中国等国家 GIS 还被用于灾害管理，如对洪水、飓风、泥石流和核泄漏等的管理；此外，GIS 还被用来分析各环境影响因子之间的关系，如研究癌症的扩散、艾滋病、出生率和犯罪率等的关系，通过对这些事物的实时监测，GIS 使世界变得更加安全；GIS 还对商业发展有很大作用，它能够辅助分析最佳选址、形成世界性的商业链，这使得商业活动更为高效；GIS 在非洲、美国北部等地区还被用于自然保护；GIS 在许多发达国家还常常被用于海洋开发、渔业资源管理和海底勘探等；同时，GIS 也开始用于教育，将 GIS 作为辅助学习的工具，可以帮助学生更好地了解环境，它使得对自然、地理课程的学习变得更为轻松。所有这些都是关于信息系统的例子，不是商业信息系统，不是人口信息系统，不是政策信息系统，而是地理信息系统。

毫无疑问, GIS 的核心价值在于它是一个非常基础性的系统,它具有丰富的数据模型、多种数据库处理工具、空间分析工具以及制图与可视化工具,它能够将各种各样与地理相关的信息集成在一起,进而将整个世界联系在一起,帮助人们去发现、管理、分析和改变我们的世界。

1.2 GIS 定义及分类

1.2.1 信息与地理信息

1. 信息

信息(information)是经过加工后的数据,它用数字、文字、符号、语言等介质表示事件、事物、现象等的内 容、数量或特征,以便向人们(或系统)提供关于现实世界新的事实知识,作为生产、管理、经营、分析和决策的依据。狭义信息论把信息定义为人们获取信息前后(人、生物和机器等)与外部客体(环境、他人、生物和机械等)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,是表征事物的一种普通形式。一般认为,信息是人们或机器提供的关于现实世界新的知识,是数据、消息中所包含的意义,它不随载体的物理形式的改变而改变。

从信息科学角度看,信息的四大特点为:客观性、适用性、可传输性和共享性。

- (1) 客观性是指信息都与客观事实相关,这是信息正确性和精确度的保证;
- (2) 适用性是指信息从大量数据中收集、组织和管理,要有普适意义;
- (3) 可传输性指信息可以在系统内或用户之间以一定形式或格式传送和交换;
- (4) 共享性是信息可传输性带来的结果,也就是信息可为多个用户共享。

信息来自数据,数据是未加工的原始资料,是对客观对象的表示;信息则是数据内涵的意义,是数据的内容和解释。例如,从遥感卫星图像数据中提取各种图形和专题信息。

2. 地理信息

地理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,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。而地理数据则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。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,如空间上的相邻、包含等;属性数据有时又称非空间数据,是属于一定地物、描述其特征的定性或定量指标。时域特征是指地理数据采集或地理现象发生的时刻/时段。时间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、属性及时间是地理空间分析的三大基本要素。长期以来,地理学家对于这三大要素的综合做了大量研究,如 Berry 的地理要素综合模型、Hagertstand 的时间地理学理论、Bennett 的关于时空自相关的统计理论等。

地理信息除了具有信息的一般特性,如客观性、共享性外,还具有以下独特特性。

1) 区域分布性

地理信息具有空间定位的特点。先定位后定性,并在区域上表现出分布式特点,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。

2) 数据量大

地理信息既有空间特征,又有属性特征,并且随时间演变发展,因此其数据量很大。尤其是随着全球对地观测计划不断发展,我们每天都可以获得上万亿兆字节的关于地球资源、环境特征的数据。这必然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,除此之外,还有描述地理实体的文字、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。对于地图来说,它不仅是信息的载体,也是信息的传播媒介。

据国际资料文献中心(International Documentation Center, IDC)统计:人类活动所接触到的信息中,约有80%信息与地理位置和空间分布有关;在政府部门所接触到的信息中,有85%信息与地理位置和空间分布有关。这意味着地理信息系统在国家信息化中扮演着非常重要的角色。

1.2.2 信息系统

1. 信息系统

信息系统(information system)是具有采集、处理、管理和分析数据能力的计算机系统,它能为单一的或有组织的决策过程提供各种有用信息。

从计算机的角度看,信息系统是由计算机硬件、软件、数据和用户四大要素组成的系统。其中的数据包括一般数据和经数据挖掘获得的知识;用户包括一般用户和从事系统建立、维护、管理和更新的高级用户。

从管理的角度看,信息系统涉及战略层、用户层和操作层。战略层是决定信息系统方向的战略决策者;用户层是使用信息系统的高、中层的管理人员;操作层主要是操作人员。

2. 信息系统的类型

1) 按系统功能分类

(1) 管理信息系统(management information system, MIS)是一种基于数据库的问答系统,它往往停留在数据级上支持管理者,如人事管理信息系统、财务管理信息系统、产品销售信息系统等。

(2) 决策支持系统(decision support system, DSS)是在MIS基础上发展起来的一种信息系统,它不仅为管理者提供数据支持,还提供方法和模型的支持,并对问题进行仿真和模拟,从而提供辅助决策支持。

(3) 智能决策支持系统(intelligent decision support system, IDSS)是在决策支持系统中进一步引入人工智能(artificial intelligent, AI)技术,如用专家系统(expert system, ES)解决非结构化问题,提高系统决策自动化程度。

(4) 空间信息系统(spatial information system, SIS)是对空间数据进行采集、处理、管理和分析的信息系统。由于空间数据的特殊性,空间信息系统的组织结构及处理方法有别于一般信息系统。空间信息系统包括内容很广,主要有地理信息系统(geographic information system, GIS)、全球定位系统(global positioning system, GPS)、遥感(remote sensing, RS)、地球观测系统(earth observation system, EOS)、数据摄影测量系统(data photogrammetric system, DPS)、数字地球(digital earth, DE)等。

2) 按系统结构分类

- (1) 单机信息系统,分 PC 机平台和 workstation 平台两种,各自依托不同的操作系统。
- (2) 网络信息系统,分为客户端/服务器(client/server, C/S)结构、浏览器/服务器(browser/server, B/S)结构及 C/S 和 B/S 混合结构。

1. 2. 3 GIS

从 1967 年加拿大地理学家 R. T. Tomlinson 提出建立世界上第一个投入使用的地理信息系统项目开始,地理信息系统的概念迅速得到认同并得到广泛传播。国内外众多学者都曾对地理信息系统进行过科学定义。

虽然人们对 GIS 的定义视角不同,但不难总结得出 GIS 的共同属性特征:一方面, GIS 具有科学属性,它提供了一种认识和理解地理信息的新方式,从而使其发展成为一门描述、存储、分析和输出空间数据的理论和方法的交叉学科;另一方面, GIS 具有技术属性,它是以地理空间数据库(Geospatial Database)为基础,采用地理模型分析方法,适时提供多种空间的和动态的地理信息,为地理研究和地理决策服务的计算机技术系统。作为一种通用技术, GIS 按一种新的方式去组织和使用地理信息,从而更有效地分析和生产新的地理信息,同时, GIS 应用的多样性也改变了地理信息分发和交换的方式。

从 GIS 的定义,我们可以看出与其他信息系统的区别在于以下四点。

(1) 在分析处理问题中 GIS 使用了空间数据与属性数据,并通过数据库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,即使存储了图形,也往往以文件形式等机械形式存储,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) GIS 强调空间分析,通过利用空间解析式模型来分析空间数据, GIS 的成功应用依赖于空间分析模型的研究与设计。

(3) GIS 的成功应用不仅取决于技术体系,而且依靠一定的组织体系(包括实施组成、系统管理员、技术操作员、系统开发设计者等)。

(4) 虽然信息技术对 GIS 的发展起着重要的作用。但是,实践证明,人的因素以及地学专业及其他专业知识背景在 GIS 的发展过程中越来越具有重要的影响,地理信息系统的许多应用问题已经超出技术领域的范畴。

1.2.4 GIS 概念剖析

虽然 GIS 经过近 50 年的发展,人们对其基本内涵的理解已经十分清晰,但是由于 GIS 具有强大的包容性和外延性,因此对 GIS 的理解还存在许多不同的观点。GIS 的定义可能基于系统具备的功能,也可能基于应用或其他方面。David J. Cowen 曾将对 GIS 的不同认识归纳为以下四类。

(1) 面向数据处理过程的认识。认为 GIS 由地理数据的输入、存储、查询、分析与输出等子系统组成。过程定义本身很清楚,强调数据的处理流程,但其外延太宽泛,不利于将 GIS 与其他地理数据自动化处理系统分开。

(2) 面向专题应用的认识。在面向过程定义的基础上,按其分析的信息类型来定义 GIS,如土地利用信息系统、矿产资源管理信息系统、投资环境评估信息系统、城市交通管理信息系统等。应用定义有助于描述 GIS 的应用领域范畴。

(3) 工具箱定义。这种定义基于软件系统分析的观点,认为 GIS 包括各种复杂的处理空间数据的计算机程序和各种算法。工具箱定义系统地描述了 GIS 软件应具备的功能,为软件系统的评价提供了基本的技术指标。

(4) 数据库定义。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。一个通用的地理信息系统可看成是许多特殊的空间分析方法与数据管理系统的结合。

另外,从 GIS 在实际应用中的作用与地位来看,目前对 GIS 的认识可归纳为三个相互独立又相互关联的观点。第一种观点是地图观点,强调 GIS 作为信息载体与传播媒介的地图功能,认为 GIS 是一种地图数据处理与显示系统,在此,每个地理数据集可看成是一张地图,通过地图代数实现数据的操作与运算,其结果仍然表现为一张具有新内容的地图。第二种观点称为数据库观点,多为具有计算机科学背景的用户所接纳,强调数据库系统在地理信息系统中的重要地位,认为一个完整的数据库管理系统是任何一个成功的 GIS 不可缺少的部分。第三种观点则是分析工具观点,强调 GIS 的空间分析与模型分析功能,认为 GIS 是一门空间信息科学,这是区分 GIS 与其他地理数据自动化处理系统的唯一特征。

1.2.5 GIS 的类型

经过 40 余年的发展,GIS 如今已经成为一个跨学科、多方向的热点研究领域,并广泛应用于资源勘探、环境评估、区域发展规划、公共设施管理、交通运输、海洋开发、安全监测以及军事活动等众多方面,对其类型划分的方式也不尽相同。

1. 按数据模型分类

根据 GIS 使用的数据模型,可分为矢量型 GIS、栅格型 GIS 和混合型 GIS。

2. 按系统功能分类

依照 GIS 的应用功能, GIS 可分为区域规划 GIS、资源管理 GIS、城市交通 GIS、军事 GIS 等(图 1.1)。

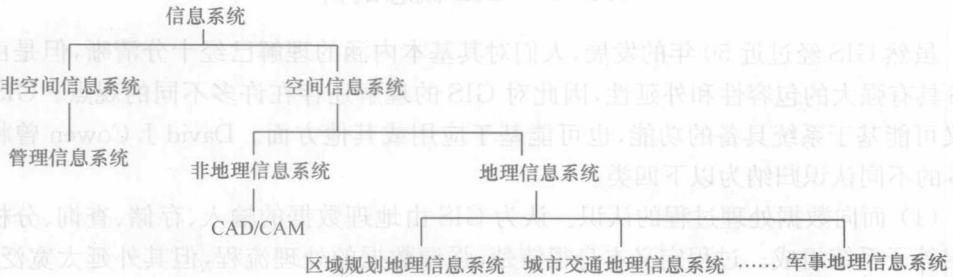


图 1.1 信息系统与 GIS 的分类

3. 按内容分类

(1) 专题 GIS(thematic GIS)是具有有限目标和专业特点的 GIS。例如,森林动态监测信息系统、水资源管理信息系统、矿业资源信息系统、农作物估产信息系统、草场资源管理信息系统、水土流失信息系统、城市土地管理信息系统(图 1.2)等。

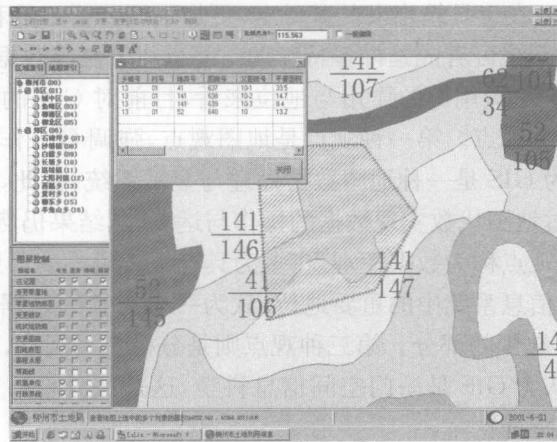


图 1.2 城市土地管理信息系统

(2) 区域 GIS(regional GIS)主要以区域综合研究和全面的信息服务为目标,可以有不同规模,如国家级的、地区或省级的、市级和县级等为各不同级别行政区服务的区域地理信息系统,也可以按自然分区或流域为单位的区域 GIS。例如,加拿大国家信息系统、中国黄河流域信息系统等。许多实际的 GIS 是介于上述二者之间的区域性专题信息系统,如北京市水土流失信息系统、海南岛土地评价信息系统、河南省冬小麦估产信息系统等。

(3) GIS 工具或 GIS 平台(GIS tools or GIS platforms)是指具有数据输入、数据存储管理、信息查询检索、分析运算和图形化输出等多种 GIS 基本功能的综合软件包。通常由专业的 GIS 软件公司和科研机构专门设计研制,具有对计算机硬件适应性强、数据管理和操作效率高、分析功能强的特点,是具有普遍性、实用性的信息系统,也可以用作 GIS 教学软件。比较有代表性的 GIS 工具包括:美国 ESRI 公司的 Arc/Info、ArcView 以及 ArcGIS 产品,中国超图软件股份有限公司的 SuperMap 系列软件等。

4. 按系统应用体系结构分类

(1) 桌面 GIS(GIS on desktop)。这种形式被个人用户广泛采用,主要面向工程分析、制图等应用。

(2) 中央服务器形式 GIS(GIS with C/S or B/S structure)。在这种模式下,用户使用通用、共享的数据库存储数据,可以跨工作组、跨部门使用中央服务器上的数据。

(3) 分布协同形式 GIS(GIS with distributing cooperation structure)。该结构更适合企业级系统应用,在这种模式下,成员之间相互提供服务,每个部门都可拥有各自独立的服务,并可向其他人或其他部门提供数据。提供服务的人数越多,每个应用系统可使用的服务就越多。分布协同系统可支持像北京这种城市级别的企业级应用,这种架构可将不同的应用系统、不同的数据整合在一起提供服务。

(4) 网络 GIS(Web GIS)。在 Web 2.0 时代,Web GIS 允许一台计算机通过互联网去使用另一台计算机上的数据来运行自己的模型,通过融合不同的服务得到新的应用。这种架构具有更好的交互性和动态性,它可以将任何东西接入网络。例如,谷歌(Google)和微软(Microsoft)公司已经开始利用 Web GIS 技术为世界提供影像图、栅格图以及多种基础地图,这些基础地图为网络上的所有要素提供了地理参考框架(图 1.3)。Web GIS 可以集合网络上的一切事物,包括地理坐标、网络要素、传感器产品、移动车辆、天气等各种信息将逐步纳入 Web GIS 体系中。目前,从事 GIS 研究的各方力量正在致力于推进地图、数据、模型等 GIS 相关技术在网络上的应用。

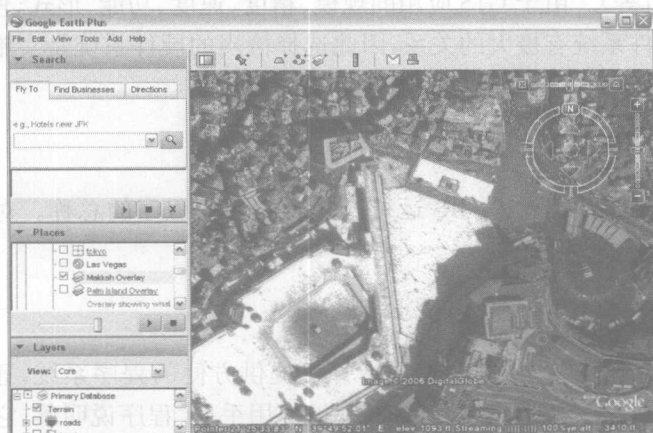


图 1.3 Google Earth 软件

1.3 GIS 组成及功能

1.3.1 GIS 的组成

尽管 GIS 的应用千变万化,但其核心构成主要包括五个部分:计算机硬件系统、计算机软件系统、数据、方法/流程以及人员(图 1.4)。任何一个 GIS 都离不开上述内容的支撑。



图 1.4 GIS 的组成

1. 计算机硬件系统

计算机硬件系统是 GIS 实现的物质基础,也是 GIS 的物理外壳。计算机硬件系统可以为 GIS 软件提供强大的计算资源,为 GIS 数据提供充足的存储空间,同时也为人机交互提供便捷的输入输出设备(如扫描仪、数字化仪、全站仪、GPS 数据记录仪、多媒体存储器、打印机等)。由于 GIS 应用的规模、精度、速度、功能、形式、使用方法以及软件都与计算机硬件系统有极大的关系,因此选择恰当的硬件系统是实施 GIS 项目的前提条件。

2. 计算机软件系统

计算机软件系统是指支撑 GIS 运行所必需的各种程序的总称。对于 GIS 应用而言,通常包括以下三个部分。

1) 计算机系统软件

由计算机厂家提供的、为用户使用计算机提供方便的程序系统,通常包括操作系统、编译程序、诊断程序、库程序以及各种维护使用手册、程序说明等,它是 GIS 运行所必需的平台。

2) GIS 工具软件和其他支持软件

由专业软件公司或科研机构开发的通用的 GIS 软件包,用于支持对空间数据的输入、存储、管理、转换、分析、输出以及与用户的交互。这些软件包通常可以集成许多强大的功能,如包括数据库管理系统、计算机图形软件包、计算机图像处理系统等。

3) 应用分析软件

一般是由系统开发人员或用户根据地理专题或区域分析模型开发的用于某种特定应用任务的软件包,它是系统功能的扩充与延伸。在 GIS 工具支持下,应用软件的开发应是透明的和动态的,与系统的物理存储结构无关,并且随着系统应用水平的不断提高、优化和扩充。应用软件作用于地理专题或区域数据,构成 GIS 的具体内容,这是用户最关心的、且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软件,而应用软件的水平在很大程度上决定了 GIS 应用性能的优劣和成败。

3. 数据

GIS 中的数据是指以地球表面空间位置为参照的关于自然、社会和人文经济等描述的数据,可以用图形、图像、文字、表格和数字等多种形式表达,它是 GIS 所表达的现实世界经过模型抽象的实质性内容。GIS 数据通常包括两类:一类是空间数据,另一类是属性数据。

1) 空间数据

在 GIS 中,空间数据主要包括实体位置以及实体间的空间关系。

(1) 实体位置,即几何坐标,标识地理实体在自然界或包含某个区域的地图中的空间位置,其表示方式通常采用经纬度、平面直角坐标、极坐标等,如果采用数字化仪输入时,一般采用数字化仪直角坐标或屏幕直角坐标表示。

(2) 实体间的空间关系通常包括:①度量关系,如两个地物之间的距离远近;②方位关系,定义了两个地物之间的方位;③拓扑关系,定义了地物之间连通、邻接等关系,它们是 GIS 分析中最基本的关系,其中包括了网络节点与网络线之间的枢纽关系[图 1.5(a)],边界线与面实体间的构成关系[图 1.5(b)],面实体与岛或内部点的包含关系[图 1.5(c)]等。

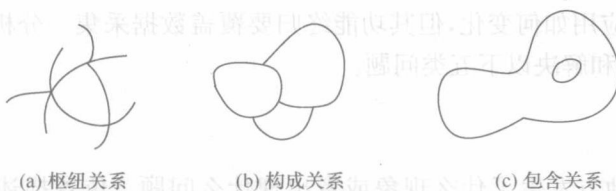


图 1.5 几种典型的拓扑关系

2) 属性数据

即通常所说的非几何属性或简称属性,是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、类型和特性等,后者包括数量和等级;定性描述的属性如土壤种类、行政区划等,定量的属性如面积、长度、土地等级和人口数量等。非几何属性一般是经过抽象的概念,通过分类、命名、量算和统计得到。任何地理实体至少有一个属性,而地理信息系统的分析、检索和表达主要是通过属性的操作运算实现的。因此,属性的分类、量算指标对 GIS 的功能具有较大的影响。

4. 方法/流程

地理信息系统要实现了对数据的操作(包括输入、存储、管理、转换、分析以及输出显示等)离不开方法(或流程)的支持。例如,坐标变换、投影变换、数据集改正、矢量数据与光栅数据转换等都必须依赖于科学的方法。GIS 对空间数据的操作和分析能力也正是其区别于其他信息系统的重要特征。GIS 涉及的方法/流程研究贯穿于整个 GIS 实现的各个环节。

5. 人员

人是 GIS 中的重要构成因素,GIS 不同于一幅地图,而是基于动态地理模型的综合信息系统,因此,仅有系统软硬件和数据并不能构成完整的 GIS,还需要人员进行系统组织、管理、维护、数据更新、系统扩充完善以及应用程序开发等工作,并灵活采用地理分析模型提取多种信息,为研究和决策服务。

随着 GIS 的发展,GIS 项目规模越来越大,项目实施也越来越复杂,因而人员作为 GIS 组成的关键因素,其发挥的作用变得越来越突出。通常情况下,GIS 项目涉及的人员包括项目经理、数据管理员、应用专家、系统分析师、程序员以及最终运行系统的用户。

1.3.2 GIS 的功能

GIS 作为一个面向地理信息的自动化处理与分析系统,其功能具有很强的可扩充性以及应用的多样性。但归纳起来可以按以下两种观点进行划分。

1. 按照应用特点划分

无论 GIS 的应用如何变化,但其功能终归要覆盖数据采集—分析—决策应用的全过程,并能回答和解决以下五类问题。

1) 位置

回答在某个地方发生了什么现象或者出现什么问题。位置描述可以是显性表达(如直接采用地理坐标等)也可以是隐性表达(如采用地名、邮政编码等)。