

The top half of the book cover features a detailed topographic map of a mountainous region, rendered in shades of brown and tan. Overlaid on this map is the text "GIS" in large, bold, 3D purple letters with a slight shadow effect.

GIS

On the left side of the lower half, there are several abstract, semi-transparent geometric shapes in light blue and green, including rectangles and a curved line.

GIS与空间决策 支持系统建设

李东平 贾艳红 傅建武 沈晓健 龚俊 编著



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

GIS 与空间决策支持系统建设

李东平 贾艳红 傅建武 沈晓健 龚俊 编著



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

GIS 与空间决策支持系统建设 / 李东平编著. —杭州: 浙江大学出版社, 2010. 7
ISBN 978-7-308-07771-2

I. ①G… II. ①李… III. ①地理信息系统—研究
IV. ①P208

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 125061 号

GIS 与空间决策支持系统建设

李东平 贾艳红 傅建武 沈晓健 龚俊 编著

责任编辑 王大根

封面设计 刘依群

出版发行 浙江大学出版社

(杭州市天目山路 148 号 邮政编码 310007)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

排 版 杭州求是图文制作有限公司

印 刷 浙江全能印务有限公司

开 本 710mm×1000mm 1/16

印 张 26

字 数 454 千字

版 印 次 2010 年 7 月第 1 版 2010 年 7 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-308-07771-2

定 价 50.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部邮购电话 (0571)88925591

前 言

地理信息系统(GIS)是空间信息科学与技术的一个重要组成部分。作为一类获取、处理、分析、查询、检索、显示及在不同用户、不同系统、不同地点间传输空间数据的计算机信息系统,GIS已广泛应用于交通、城市基础设施管理、资源管理、灾害监测与预警、商业及社会经济与人文信息统计等各个领域。

但目前,大多数 GIS 仍停留在空间数据获取、存储、查询、分析、显示等功能水平上,缺少对复杂空间问题决策的有效支持能力,这就很难满足各级决策者的需要。在 GIS 技术基础上引入决策支持系统理论发展起来的空間决策支持系统,能将 GIS 强大的空间数据处理、分析和结果显示功能与智能决策支持系统有机结合,从而为复杂空间决策问题的解决提供了有效手段。空間决策支持系统的产生和应用,极大地增强了 GIS 空间分析及其对复杂空間决策问题的智能推理能力。因而其自产生以来就受到城市突发事件(火灾、地震、洪灾等)预警及紧急救援最佳路径选择、城市用地选址、定位分析、资源分配和机场净空分析等领域的广泛关注。

鉴于目前我国结合 GIS 专业知识从理论与应用相结合角度阐述空間决策支持系统建设相关理论的书籍还不多见,因此作者以多年的 GIS 与空間决策支持系统科研和教学之积累为基础,重点结合作者研发团队多年来对 GIS 与空間决策支持系统建设的具体实践——浙江省地震应急指挥系统建设,同时参阅当今国内外众多同类教材及专著编写了该书。全书共分 5 章,其中 1、2、3 章,系统阐述了 GIS 的基础理论、功能模块和空間决策支持系统的相关理论知识;4、5 章,全面介绍了地震应急指挥系统的发展现状及浙江省抗

震救灾指挥系统整体建设实例。浙江省地震应急指挥系统是浙江省“十五”防震减灾重点项目,本书的作者也是项目组的主要成员。本书在此基础上还对我国防震减灾信息管理与地震应急辅助决策系统建设的成功案例进行了介绍,旨在通过具体应用研究案例的分析,来增强读者对 GIS 与空间决策支持系统理论知识的融会贯通。同时,还可为复杂空间决策支持系统建设,特别是为抗震救灾指挥系统建设工作提供大量详实的参考案例。期望本书的问世,能为 GIS 与空间决策支持系统建设工作提供一些理论指导和实践引导,并为空间决策支持系统的发展、完善和具体建设工作贡献作者的微薄之力。

在书稿撰写过程中,国内很多论述 GIS 和决策支持系统理论的好书都使作者受益匪浅。作为研究团队集体工作经验的结晶,在本书即将付印出版之际,作者要向团队的各位同仁表示衷心的感谢。在文章写作过程中,浙江省地震局的同志给予了大力支持,从许多资料的提供到书稿最后形成都离不开他们的帮助。浙江省地震监测预报研究中心信息网络室张薇、张明同志,温州科技局刘广臻同志均对本书有所贡献。此外,还要特别感谢淮海工学院周立教授给予的热情指导和帮助,牛博颖老师在书稿图件绘制工作中付出的艰辛劳动,本科生蒋雪萍、阮亚念等在初稿排版和校对中付出的劳动,在此一并表示衷心的感谢。本书由浙江省重大科技项目《珊溪水库地震中短临趋势预测和抗震设防对策研究》项目支持。

由于作者水平有限,书中错误或不妥之处在所难免,恳请同行和读者批评指正,以便今后改正和完善。

编著者

2010 年 2 月

目 录

第 1 章 GIS 概论	(1)
1.1 GIS 基本概念	(1)
1.1.1 数据和信息	(1)
1.1.2 信息系统	(3)
1.1.3 地理信息与地理信息系统	(3)
1.2 GIS 构成要素	(5)
1.2.1 计算机硬件系统	(6)
1.2.2 计算机软件系统	(7)
1.2.3 地理空间数据库系统	(10)
1.2.4 应用模型	(11)
1.2.5 应用人员	(12)
1.3 GIS 功能概述	(13)
1.3.1 GIS 的基本功能	(14)
1.3.2 GIS 的应用功能	(20)
1.4 GIS 与相关学科和技术的关系	(24)
1.4.1 GIS 与地理学及地学数据处理系统	(25)
1.4.2 GIS 与地图学及电子地图	(25)
1.4.3 GIS 与计算机科学	(28)
1.4.4 GIS 与遥感	(29)
1.4.5 GIS 与管理信息系统	(30)
1.5 GIS 发展透视	(31)
1.5.1 GIS 发展的社会需求	(31)
1.5.2 GIS 发展的科学背景	(33)
1.5.3 GIS 发展概况	(34)
1.5.4 GIS 发展展望	(39)

第 2 章 GIS 功能模块	(44)
2.1 地理空间和地理空间数据基础	(44)
2.1.1 地理空间及其表达	(44)
2.1.2 地理空间数据	(45)
2.2 空间数据获取模块	(47)
2.2.1 地图数据的获取与处理	(48)
2.2.2 遥感数据的获取与处理	(52)
2.2.3 野外数据的获取与处理	(57)
2.2.4 属性数据的获取与处理	(66)
2.2.5 空间数据元数据的获取	(67)
2.2.6 空间数据质量	(70)
2.3 空间数据管理模块	(75)
2.3.1 空间数据结构	(75)
2.3.2 空间数据组织	(111)
2.3.3 空间数据库	(112)
2.3.4 空间索引	(140)
2.3.5 空间查询和检索	(150)
2.4 空间分析模块	(154)
2.4.1 空间关系查询	(156)
2.4.2 空间量算	(158)
2.4.3 缓冲区分析	(162)
2.4.4 叠置分析	(168)
2.4.5 网络分析	(173)
2.4.6 空间统计分析	(175)
2.4.7 时间序列分析	(180)
2.4.8 三维地形分析	(183)
2.4.9 空间分析模型	(196)
2.5 空间数据表达模块	(209)
2.5.1 地图符号	(209)
2.5.2 专题信息表达	(212)
2.5.3 地图设计	(220)
2.5.4 制图综合	(220)
2.5.5 空间信息可视化	(224)

第3章 空间决策支持系统	(226)
3.1 决策支持系统	(226)
3.1.1 决策支持系统概述	(227)
3.1.2 决策支持的新技术	(246)
3.2 空间决策支持系统	(254)
3.2.1 空间决策支持系统概述	(255)
3.2.2 空间决策支持系统的组成	(259)
3.2.3 空间决策支持关键技术	(267)
3.2.4 空间决策支持系统实现方法	(269)
3.3 智能空间决策支持系统	(275)
3.3.1 智能空间决策支持系统概述	(275)
3.3.2 智能空间决策支持系统的框架	(278)
3.3.3 智能空间决策支持系统的实现方法	(281)
3.3.4 智能空间决策支持系统的研究方向	(286)
3.3.5 智能空间决策支持系统的应用	(287)
第4章 决策系统建设——浙江省地震应急指挥系统的建设	(290)
4.1 系统建设背景和意义	(290)
4.2 系统总体概述	(292)
4.2.1 建设目标	(292)
4.2.2 技术指标	(292)
4.2.3 系统的主要功能及服务	(293)
4.3 主要模块技术要点	(294)
4.3.1 数据库平台建设	(294)
4.3.2 地震应急快速响应系统建设	(300)
4.3.3 地震应急指挥命令系统建设	(316)
4.3.4 地震应急指挥辅助决策系统	(318)
4.3.5 地震应急信息通告系统	(330)
4.3.6 地震应急指挥管理信息系统	(333)
4.3.7 信息安全与控制	(335)
4.3.8 分布式数据交换系统	(335)
4.3.9 基本信息综合查询系统	(335)
4.3.10 现场数据接收整理系统.....	(336)
4.3.11 地震应急指挥数据采集系统.....	(337)

4.3.12	区域紧急救援辅助系统	(337)
4.3.13	地震应急基础数据库	(338)
4.4	系统集成	(344)
4.5	系统建设中所采取的关键技术措施	(344)
第5章	空间技术在防震减灾工作中的应用	(347)
5.1	GIS 技术在浙江地震速报工作中的应用	(347)
5.1.1	地震速报工作的现状及不足	(347)
5.1.2	GIS 在地震速报工作中的应用	(348)
5.1.3	结束语	(350)
5.2	基于 GIS 的地震专题图制图自动化的实现	(351)
5.2.1	引言	(351)
5.2.2	地图制图自动化概述	(352)
5.2.3	地震专题图制图自动化的实现	(352)
5.2.4	模板化的地图专题制图实践	(357)
5.2.5	结束语	(358)
5.3	基于 GIS 技术浙江地震应急指挥演练系统	(359)
5.3.1	前言	(359)
5.3.2	浙江省应急指挥演练系统的组成	(359)
5.3.3	主要技术(新技术应用)	(360)
5.3.4	结束语	(364)
5.4	Digital Earth 在防震减灾工作中的应用——以 Google Earth 为例	(364)
5.4.1	Digital Earth 研究及其发展背景	(364)
5.4.2	Digital Earth 主要软件	(365)
5.4.3	Google Earth 在防震减灾工作中的应用	(368)
5.4.4	Digital Earth 与防震减灾结合的展望	(372)
5.5	基于 GIS 技术的浙江省震害预测研究	(373)
5.5.1	引言	(373)
5.5.2	地震灾害损失预测的基本原理	(373)
5.5.3	地震易损性分析	(374)
5.5.4	GIS 数据库建设	(375)
5.5.5	浙江省地震重点危险区地震灾害损失预测成果与总结	(378)
5.6	基于震例和决策模型的救灾事项时序研究	(378)

第 1 章

GIS 概论



随着计算机技术的迅速发展和“信息高速公路”的逐步建立,人类社会已步入信息时代。在社会信息化飞速发展的今天,越来越多的人开始接触和使用地理信息系统 GIS(geographic information system)。对于我们每个人来说, GIS 知识已经深入到现代生活的每个角落;对于政府部门、广大企业和商业机构来讲, GIS 也已成为关系业务竞争、经营成败的关键因素。

GIS 作为一门新兴的地理信息科学技术,自 20 世纪 60 年代问世以来,逐步由最早的计算机辅助地图制图技术发展为一门涉及地理学、地图学、测量学、地球科学和计算机科学等领域的交叉学科,并日渐走向产业化和社会化。由于 GIS 在人口、资源与环境规划、管理和决策中的广泛应用,使其成为现代社会信息基础设施建设中的重要组成部分。因此,在论述 GIS 与空间决策支持系统建设之前,先介绍 GIS 的基本概念。

1.1 GIS 基本概念

1.1.1 数据和信息

在 GIS 的应用和研究中,经常要涉及数据(data)和信息(information)这两个术语。它们是信息系统的两个基本概念,从科学的观点看,二者既有联系又有差别。二者的联系可概括为数据是信息的载体,信息是数据的内涵。二者在词义上的差别可从以下两方面来分析:

一、数据

数据是一种载存信息的物理符号,包括数字、文字、符号、语言、图形、图像、影像和声音等多种形式。在 GIS 中,数据的格式往往和具体的计算机系统有关,会随着载荷它的物理设备的形式而变化。数据只有在对实体的行为产生影响时才成为信息。如数字“1”和“0”,当用来表示某一实体在某区域存在与否时,它才提供有(以 1 表示)或无(以 0 表示)的信息。在 GIS 的建立中,首先就是收集数据,然后要对数据进行处理,如对数据进行运算、排序、转换、分类及增强等,其目的就是为了获得数据中包含的信息。每个人对相同数据的认识可能不同,因而获得信息量的多少还与人的知识水平和经验有关。

二、信息

信息是现实世界在人的头脑中的反映,并用数字、文字、符号、语言、图形、影像、声音等形式把它记录下来,进行交流、传递或处理。信息向人们提供关于现实世界各种事实的知识。如一个人的存在,可用姓名、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,如年龄变化、工资改变等,均可反映他的信息。因此,也可以说信息是客观事物的存在及演变情况的反映。数据经过加工后可向人们(或系统)提供关于客观世界的新的事实知识,可将其作为生产、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。如某建筑的高度用十进制表示为 10(米),而用十六进制存储,其值则为 A,但不管它的存储形式如何改变,它向人们传达的信息都是这个建筑物的实际高度。

信息具有客观性、实用性、传输性和共享性的特点。首先,信息是客观存在的,不随主观意志而转移;其次,信息有实用价值,是人类决策的重要依据;信息的传输性是说信息可在信息发送者和接受者之间传输,包括通过现代网络传输技术在不同信息系统、不同用户之间传递和交换;信息的共享性是指它与实物不同,可传输给多个用户,为多个用户共享,而其本身并无损失。信息的这些特点使得信息成为当代社会发展的一项重要资源。

由此可见,数据是人类认识过程的直接记录或原始素材,而信息是对数据的解释,是对数据加工后的有认识意义的结果。

1.1.2 信息系统

首先,系统(system)是指由具有特定功能的相互有机联系的许多要素所构成的一个整体。如计算机系统就是为实现某些特定功能,由必要的人、机器、方法或程序及一定的相关关系联系起来进行工作的集合体。而信息系统(information system)正是采集、输入数据或低级信息,进行加工处理,输出有用信息的系统。信息系统的本质特征,就是从数据中提取和发掘有用信息。因此,一个信息系统的优劣应当根据它所提取信息的数量和质量来判断,而信息的数量和质量又常常取决于系统的分析功能和分析模型。一般而言,信息系统的分析功能愈强,分析模型愈完善,能产生的信息质量就愈高,数量就愈多,信息系统就愈成功。在辅助决策过程中,信息系统提供的有用信息就是十分有效的决策依据。

从计算机科学角度看,信息系统是由计算机硬件、软件、数据和用户四部分组成。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设、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、中层管理人员;操作层主要是操作人员。

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,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、财务管理信息系统、人事档案信息系统、空间信息系统和其他信息系统等。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,这主要是因为它所采集、管理、处理和更新的都是空间信息。因此,这类信息系统在结构上要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。

近年来,人们对信息系统提出了更高的,即“智能化”的要求。智能化的信息系统不仅应提取、输出信息,而且能提炼、发现知识。从数据到信息乃至知识的过程,类似于从感性认识到理性认识的过程。信息系统从大量的数据中提炼出有用的信息乃至知识,正是一个去粗取精、去伪存真、由表及里、由此及彼的过程。

1.1.3 地理信息与地理信息系统

一、地理信息

地理信息(geographic information)是表征地理圈或地理环境固有要素或

物质的数量、质量、性质、关系、分布特征和规律的数字、文字、图像、图形信息等的总称。地理信息是一种空间信息,是与空间地理分布有关的信息。从地理实体到地理空间数据,再到地理信息的发展,反映了人类从认识物质到认识信息的巨大飞跃。地理信息属于空间信息,地理空间数据所包含的意义(即地理信息)中除了对实体特征的属性描述外,还包括对其位置的识别。因此,地理信息具有区域性和多维结构特征,即在同一位置上具有多个专题属性的信息结构。如在一个地面点上,可以获得该点的温度、降雨量、高程、植被类型、土壤类型、污染、噪声等多种信息。此外,地理信息还具有明显的时序特征,即随时间而变化的动态特征。这就要求及时采集和更新地理信息,并根据多时相数据和信息来确定随时间变化的分布规律。因此,地理信息具有空间性、多维性和动态性的特点。

据国际资料文献中心 IDC(international documentation center)统计报道:人类活动所接触到的信息中,约有 80%的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,也有 85%的信息与地理位置和空间分布有关。这意味着 GIS 在国家信息化中将扮演着非常重要的角色。

二、地理信息系统

地理信息系统 GIS(geographic information system)是信息系统的一种,它是以表征地球表层空间地理现象和事物的地理空间数据及信息为特定的运作对象,并对地理空间数据进行处理加工,提取有用的地理空间信息乃至知识的系统。

在 GIS 领域,关于 GIS 的定义有很多种,不同的应用领域、不同的专业,对 GIS 的理解也不同,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,可快速获取满足应用需要的信息,并以图形、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,它是以采集、存储、管理、分析和描述整个或部分地球(包括大气层在内)的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。有人则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(NCGIA)下的定义是:GIS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”。总之,GIS是指由计算机硬件、软件 and 不同方法组成的,具有支持空间数据的获取、管理、分析、建模和显示功能,并可解决复杂的规划和管理问题的信息系统。它是以地理空间数据库为基础,采用地理模型分析方法,适时提供多种空间和动态的地理空间信息,用于管理和决策过程的计算机技术系统。

从技术角度看,GIS是在计算机软件 and 硬件支持下,管理、分析和显示空间数据的技术系统。这里的空间数据是指与地理空间位置相关的数据;管理是指获取、存储、查询、处理空间数据;分析是指为用户提供分析空间数据的方法;显示是指用图文等方式为用户显示多维数据的处理过程和结果。

从学科角度看,GIS是一门新兴的交叉学科,属于空间信息科学。它依赖于地理学、测绘学、统计学等基础性学科,又取决于计算机硬件和软件技术、航天技术、遥感技术和人工智能与专家系统技术的进步与成就,其核心是计算机科学,基本技术是数据库、地图可视化及空间分析。GIS既是一门新兴的交叉学科,又是一个技术系统,它以空间数据库为基础,通过各种时空分析模型完成其功能。

从应用角度看,GIS是一门以应用为目的的信息产业,它的应用可深入到各行各业。随着GIS的应用,产生了许多行业GIS,如城市GIS、政府GIS、土地资源信息系统等。这些系统研究的对象不同,但研究方法基本相似。随着Internet时代的到来,又出现了一批使用网络空间数据的用户群。

从发展角度看,GIS起源于实际应用,开始是一门技术,之后进一步发展成为一门交叉性的边缘科学。由于GIS的理论、技术和应用一直在不断发展,GIS的含义也在不断变化和发展。起初,注重GIS提供的空间数据的管理、查询和分析功能;之后,开始注重GIS通过共享的地理信息数据库提供协同工作的平台;目前,更注重GIS在互联网和分布式网络环境下,实现整个社会共享数据、相互合作和协同工作。

GIS研究的对象是地理空间数据,研究内容包括GIS基础理论、GIS技术系统及GIS应用方法,三方面互相联系,相互促进。

1.2 GIS 构成要素

从计算机的角度看,GIS应由计算机系统硬件、软件、数据和用户四大要素组成,如图1.1所示。硬件包括各类计算机处理机及其输入输出和网络设

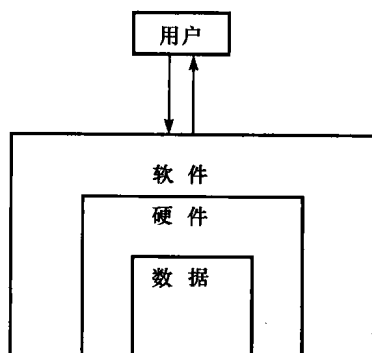


图 1.1 地理信息系统的构成

备。软件是支持信息的采集、处理、存储管理和可视化输出的计算机程序系统。数据则包括图形和非图形数据、定性和定量数据、影像数据及多媒体数据等。用户是 GIS 所服务的对象,是 GIS 的主人。GIS 的用户分为一般用户和从事系统的建立、维护、管理及更新的高级用户。

从 GIS 的应用功能角度看, GIS 除了包含计算机系统硬件、软件、数据和用户四大要素外,还应包括应用模型部分。即一个典型的 GIS,应包括计算机硬件系统、软件系统、地理数据库系统、应用人员和应用模型五个基本组成部分。

1.2.1 计算机硬件系统

硬件系统是计算机系统在实际物理装置的总称,是 GIS 的物理外壳。它可分为计算机主机、输入设备、存储设备、输出设备和网络传输设备等主要部分,其基本类型如图 1.2 所示。其中,计算机主机是 GIS 硬件系统的核心,包括从主机服务器到桌面工作站,主要用作数据处理、管理与计算。GIS 外部

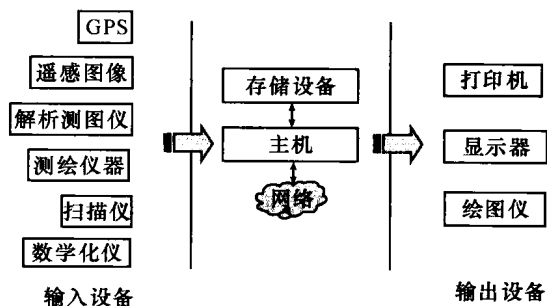


图 1.2 GIS 的硬件配置

设备包括输入设备的数字化仪、扫描仪和 GPS 等,输出设备的绘图仪、打印机和高分辨率显示装置等以及数据存储与传输设备的磁带机、光盘机、活动硬盘和硬盘阵列等。GIS 的网络设备包括布线系统、网桥、路由器和交换机等,具体的网络设备需根据网络计算的体系结构来确定。

GIS 的硬件设备可以是电子的、电的、磁的、机械的、光的元件或装置。GIS 的规模、精度、速度、功能、形式和使用方法乃至软件,都与硬件有极大的关系,受硬件指标的支持或制约。只有所有的硬件组件协同工作,才能完成用户通过软件系统所下达的各种指令。在 GIS 硬件系统中,大多数硬件是计算机技术的通用设备,而数字化仪、扫描仪等输入设备则在 GIS 中得到了广泛应用,GIS 的硬件系统也正朝着快速、低价位的方向发展。

1.2.2 计算机软件系统

软件系统是指指挥硬件运作的各种必需的程序。对于 GIS 而言,GIS 软件是整个系统的核心,用于执行 GIS 功能的各种操作,包括数据输入、处理、数据库管理、空间分析和图形用户界面(GUI)等。因此,GIS 软件的主要功能也可概括为实现空间数据输入/输出管理、空间数据库管理、空间数据处理和分析及专业应用模型(见图 1.3)。

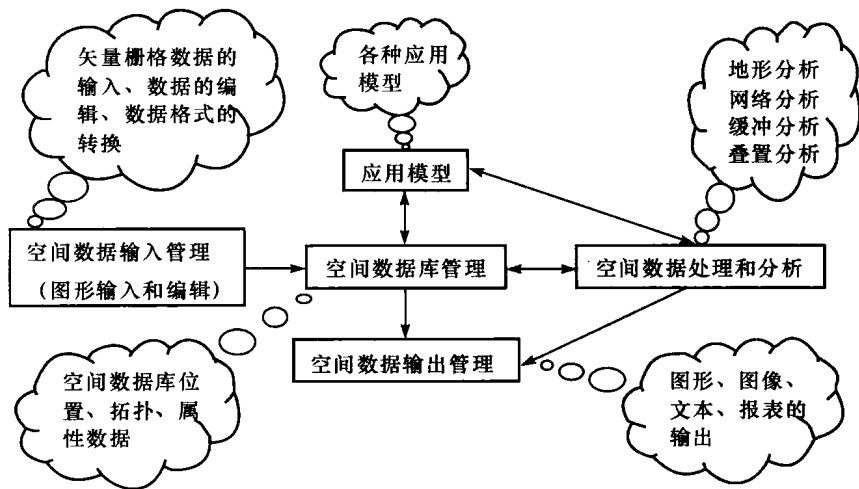


图 1.3 GIS 软件的主要功能

一、空间数据输入管理功能

空间数据输入管理的目的是获取 GIS 中的各种数据源,并将其转换成计