

21^{世纪}

高等学校电子信息类规划教材



地理信息系统及 3S空间信息技术

韦娟 主编



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

21 世纪高等学校电子信息类规划教材

地理信息系统及 3S 空间信息技术

韦 娟 主编

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书共七章, 主要内容包括地理信息系统的基本概念、基础理论, 空间数据结构和空间数据库, 空间数据采集与处理, 空间分析方法及产品输出, 地理信息系统的开发与应用, 全球定位系统, 3S 空间信息技术及 GIS 新技术等。

本书可作为空间信息与数字技术专业本科生专业基础课教材或相关专业研究生的参考书, 亦可供有关科研和产业部门的技术人员参考。

★ 本书配有电子教案, 需要者可登录出版社网站, 免费下载。

图书在版编目(CIP)数据

地理信息系统及 3S 空间信息技术/韦娟主编. —西安: 西安电子科技大学出版社, 2010. 9
21 世纪高等学校电子信息类规划教材

ISBN 978-7-5606-2464-8

I. ①地… II. ①韦… III. ①地理信息系统-高等学校-教材 ②遥感技术-高等学校-教材 ③全球定位系统(GPS)-高等学校-教材 IV. ①P2 ②TP79

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 138859 号

策 划 云立实

责任编辑 李亚利 云立实

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 西安文化彩印厂

版 次 2010 年 9 月第 1 版 2010 年 9 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 12.5

字 数 292 千字

印 数 1~3000 册

定 价 18.00 元

ISBN 978-7-5606-2464-8/P·0001

XDUP 2756001-1

*** 如有印装问题可调换 ***
本社图书封面为激光防伪覆膜, 谨防盗版。

前 言

空间信息与数字技术是为适应我国现代化对空间信息科学与技术专业人才的迫切需要而创设的新专业。地理信息系统是该专业的一门专业基础课。

地理信息系统是随着计算机技术的迅速发展,在原有学科交叉处派生出来的一门新兴边缘学科。它是用来处理和分析空间数据的一门综合性信息技术,涉及计算机科学技术、信息和管理学、地学、空间科学及测量学等学科。要使该专业的学生只通过这一门课程对空间信息科学有一个基本、全面的了解,是有较大难度的。这对本书的编者提出了较高的要求:既要介绍清楚地理信息系统的基本原理、结构、应用,又要结合信息技术,以最新的 GIS 技术为基础,融合 GPS、RS 等技术。

本书系统全面地讲述了地理信息系统的原理、结构、关键的技术方法、发展现状和动态,并结合当前地理信息系统应用热点,讲述了 3S 技术及 GIS 在其他领域的应用。全书共分 7 章,主要内容包括 GIS 的基本概念和涉及的基础理论、空间数据结构和空间数据库、空间数据采集与处理、空间分析方法及产品输出、GPS、3S 集成及 GIS 新技术等。

参加本书编写工作的有西安石油大学的韦敏和西北工业大学的宁方立。本书由韦娟任主编。

在本书编写过程中,参阅了大量的文献和资料,除了书末列出的参考书目外,还有些图片和资料来自杂志或网络。在此,编者向原作者们表示真诚的谢意。

由于作者水平所限,书中不当之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

本书获得西安电子科技大学教材建设基金资助。

编 者

2010 年 4 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 地理信息系统的基本概念	1
1.1.1 信息、地理信息	1
1.1.2 信息系统	2
1.1.3 地理信息系统	2
1.1.4 地理信息系统与一般信息系统的比较	3
1.2 地理信息系统的构成	4
1.2.1 计算机硬件系统	5
1.2.2 计算机软件系统	5
1.2.3 空间数据	6
1.2.4 系统开发、管理和使用人员	7
1.3 地理系统的功能与应用	7
1.3.1 基本功能	7
1.3.2 地理信息系统的应用	8
1.4 地理系统的研究内容及相关学科	10
1.4.1 地理系统的研究内容	10
1.4.2 地理系统的相关学科	11
1.5 GIS 的发展概况	15
1.5.1 GIS 的国际发展状况	15
1.5.2 GIS 的国内发展状况	17
1.5.3 地理系统的发展动态	18
复习与思考题	23
第 2 章 空间数据结构和空间数据库	24
2.1 空间信息基础	24
2.1.1 地理系统和地理实体	24
2.1.2 实体的描述和存储	24
2.1.3 实体的空间特征	27
2.1.4 空间关系	28
2.2 空间数据结构类型	30
2.2.1 栅格数据结构	30
2.2.2 矢量数据结构	36
2.2.3 矢量栅格一体化数据结构	41
2.3 空间数据模型	42

2.3.1 空间数据库	43
2.3.2 空间数据库的设计建立和维护	44
复习与思考题	48
第3章 空间数据采集与处理	49
3.1 空间数据采集	49
3.1.1 数据源种类	49
3.1.2 空间数据采集	50
3.2 空间数据的编辑与处理	54
3.2.1 误差或错误的检查与编辑	54
3.2.2 图像纠正	55
3.2.3 数据格式的转换	57
3.2.4 地图投影转换	57
3.2.5 图像解译	57
3.2.6 图幅拼接	58
3.3 空间数据质量及误差分析	59
3.3.1 数据质量的基本概念	59
3.3.2 空间数据质量问题的来源	60
3.3.3 常见空间数据的误差分析	61
3.3.4 空间数据质量控制	65
复习与思考题	65
第4章 GIS 空间分析方法与产品输出	66
4.1 空间分析过程及其模型	66
4.1.1 空间分析过程	66
4.1.2 空间分析建模	67
4.2 空间查询	68
4.3 数字地面模型及其应用	69
4.3.1 概述	69
4.3.2 DEM 的主要表示模型	71
4.3.3 DEM 的建立	73
4.3.4 空间数据的内插方法	75
4.3.5 DTM 在地图制图与地学分析中的应用	80
4.4 空间数据的叠加分析	82
4.4.1 基于矢量数据的叠加分析	83
4.4.2 基于栅格数据的叠加分析	85
4.5 空间数据的缓冲区分析	87
4.5.1 基于矢量数据的缓冲区分析	88
4.5.2 基于栅格数据的缓冲区分析	89
4.6 空间网络分析	89
4.6.1 网络数据结构	89
4.6.2 主要网络分析功能	90
4.7 空间统计分类分析	92
4.7.1 主成分分析	93
4.7.2 层次分析	93

4.7.3	系统聚类分析	94
4.7.4	判别分析	94
4.8	地理信息系统产品输出	94
4.8.1	空间信息输出系统	94
4.8.2	地理信息系统输出产品类型	96
	复习与思考题	98
第5章	地理信息系统的开发与应用	99
5.1	地理信息的开发	99
5.1.1	地理信息系统的开发方法	99
5.1.2	地理信息系统的开发过程	102
5.1.3	地理信息系统的评价	106
5.1.4	地理信息系统的标准化	107
5.2	地理信息系统的应用	114
5.2.1	GIS技术在新农村规划中的应用	114
5.2.2	城市电信地理信息系统	116
5.2.3	GIS技术在防灾减灾中的应用	118
5.2.4	GIS在医院管理中的应用	121
5.2.5	地貌	122
5.2.6	军事	125
5.2.7	校园地理信息系统	127
	复习与思考题	134
第6章	全球定位系统	135
6.1	导航卫星系统简介	135
6.1.1	概述	135
6.1.2	典型的导航卫星系统	136
6.2	GPS的定位原理	145
6.2.1	定位原理	145
6.2.2	定位算法	146
6.2.3	误差分析	150
6.3	GPS的应用	153
6.3.1	GPS在航空中的应用	153
6.3.2	GPS在军事中的作用	154
6.3.3	卫星导航系统在导弹武器中的应用	155
6.3.4	GPS在空间飞行器上的应用	156
6.3.5	GPS在道路工程中的应用	156
6.3.6	GPS的其他应用	157
6.4	组合导航	157
6.4.1	导航及导航系统	157
6.4.2	导航系统的三个基本特征	157
6.4.3	导航系统的分类	157
6.4.4	组合导航	158
6.5	GPS/INS组合导航	158
6.5.1	惯性导航系统	158

6.5.2	INS 的优缺点	159
6.5.3	进行 GPS/INS 组合的必要性	159
6.5.4	GPS/INS 组合的优势	159
6.5.5	GPS/INS 组合的关键器件	160
6.5.6	GPS/INS 组合方式分类	160
	复习与思考题	163
第 7 章	3S 空间信息技术及 GIS 新技术	164
7.1	3S 技术	164
7.1.1	遥感简介	164
7.1.2	GIS 与遥感的集成	168
7.1.3	GIS 与全球定位系统的集成	170
7.1.4	3S 集成	171
7.2	数字地球简介	172
7.2.1	数字地球的基本概念	172
7.2.2	数字地球的基本框架	175
7.2.3	数字地球的技术基础	175
7.2.4	数字地球的应用	178
7.2.5	国家信息基础设施和国家空间数据基础设施	181
7.3	GIS 新技术	183
7.3.1	WebGIS	183
7.3.2	组件式 GIS	187
	复习与思考题	191
	参考文献	192

第1章 绪论

20世纪90年代以来,人类社会正从工业经济时代迈向知识经济时代,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的面貌,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,日益引起科技界、企业界和政府部门的广泛关注。地理信息系统、遥感技术和全球定位系统三者有机结合,构成了科学地理学日臻完善的技术体系,引起世界各国普遍重视。地理信息系统是管理和分析空间数据的科学技术,它及时而又准确地向地学工作者以及各级管理和生产部门提供有关区域综合、方案优选、战略决策等方面可靠的地理或空间信息,这就是地理信息系统的主要职能。

1.1 地理信息系统的基本概念

1.1.1 信息、地理信息

1. 信息和数据

信息(Information)是用文字、数字、符号、语言、图像等介质来表示的事件、事物、现象等的内容、数量或特征,向人们(或系统)提供关于现实世界新的事实和知识,作为生产、建设、经营、管理、分析和决策的依据。信息具有客观性、适用性、可传输性和共享性等特征。信息来源于数据(Data)。数据是一种未经加工的原始资料。数字、文字、符号、图像等都是数据。数据是客观对象的表示,而信息则是数据内涵的意义,是数据的内容和解释。例如,从实地或社会调查数据中可获取到各种专门信息;从测量数据中可以抽取出地面目标或物体的形状、大小和位置等信息;从遥感图像数据中可以提取出各种地物的图形大小和专题信息。

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及一切有用的相关知识,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,包括了空间位置数据、属性特征数据(简称属性数据)及时间特征数据三部分。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。属性特征数据有时又称非空间数据,属于一定地物,描述其特征的定性或定量指标。时间特征数据是指地理数据采集或地理现象发生的时刻/时段。时间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、属性及时间是地理空间分析的三大基本要素。

3. 地理信息的特征

地理信息除了具有信息的一般特性,还具有以下独特特性:

(1) 空间特征:地理信息具有空间特征,属于空间信息,其数据是与确定的空间位置联系在一起的,这是地理信息区别于其他类型信息的一个最显著的标志。地理信息的这种特征是通过统一的地理定位基础来实现的,即按照经纬网或公里网建立的地理坐标来实现空间位置的确定,并可以按照指定的区域进行信息的合并或分割。

(2) 属性特征:地理信息既有空间特征,又有属性特征,通常在二维空间定位的基础上,按专题来表达多维即多层次的属性信息,给对地理环境中的岩石圈、大气圈、水圈、生物圈及其内部的复杂交互作用进行综合性的研究提供了可能性,为地理环境多层次属性数据的分析提供了方便。

(3) 时间特征:地理信息具有时间特征,通常可按照时间的尺度来区分地理信息,超短期的如台风、森林火灾等,短期的如江河洪水、作物长势等,中期的如水土流失、城市化等,超长期的如火山活动、地壳变形等。地理信息的这种动态变化的特征,要求在地理信息的应用中重视自然历史过程的动态变化,及时获取定期更新地理数据,对未来进行预测预报,以免因为使用过时的信息造成决策的失误,或者因缺乏可靠的动态数据而不能对变化中的地理事件或现象做出合理的预测预报和科学论证。因此,要研究地理信息,首先必须把握地理信息的这种区域性的、多层次的和动态变化的特征,然后才能选择正确的手段,实现地理环境的综合分析、管理、规划和决策。

1.1.2 信息系统

1. 信息系统的基本组成

信息系统是具有采集、管理、分析和表达数据能力的系统。在计算机时代,信息系统都部分或全部由计算机系统支持,并由计算机硬件、软件、数据和用户四大要素组成。另外,智能化的信息系统还包括知识。

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。

2. 信息系统的类型

根据系统所执行的任务,信息系统可分为事务处理系统(Transaction Process System)和决策支持系统(Decision Support System)。事务处理系统强调的是数据的记录和操作,民航订票系统是其典型示例之一。决策支持系统是用以获得辅助决策方案的交互式计算机系统,一般由语言系统、知识系统和问题处理系统共同构成。

1.1.3 地理信息系统

地理信息系统(Geographic Information System 或 Geo-Information System, GIS)有时又称为“地学信息系统”或“资源与环境信息系统”。它是一种特定的十分重要的空间信息系统。它是在计算机硬、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、显示和描述的技术系统。地理信息系

统处理、管理的对象是多种地理空间实体数据及其关系,包括空间定位数据、图形数据、遥感图像数据、属性数据等,用于分析和处理在一定地理区域内分布的各种现象和过程,解决复杂的规划、决策和管理问题。

通过上述的分析和定义可提出 GIS 的如下基本概念:

(1) GIS 的物理外壳是计算机化的技术系统,它又由若干个相互关联的子系统构成,如数据采集子系统、数据管理子系统、数据处理和分析子系统、图像处理子系统、数据产品输出子系统等,这些子系统的优劣、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,即点、线、面、体这类有三维要素的地理实体。空间数据的最根本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,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。

(3) GIS 的技术优势在于它的数据综合、模拟与分析评价能力,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 与测绘学和地理学有着密切的关系。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。地理学是 GIS 的理论依托。有的学者断言:“地理信息系统和信息地理学是地理科学第二次革命的主要工具和手段。如果说 GIS 的兴起和发展是地理科学信息革命的一把钥匙,那么,信息地理学的兴起和发展将是打开地理科学信息革命的一扇大门,必将为地理科学的发展和提高开辟一个崭新的天地。”GIS 被誉为地学的第三代语言——用数字形式来描述空间实体。

GIS 根据其研究范围可分为全球性信息系统和区域性信息系统;根据其研究内容可分为综合信息系统与专题信息系统。将同级的各种专业应用系统集中起来,可以构成相应地域同级的区域综合系统。在规划、建立应用系统时应统一规划这两种系统的发展,以减小重复浪费,提高数据共享程度和实用性。根据其使用的数据模型,GIS 还可分为矢量、栅格和混合信息系统。

1.1.4 地理信息系统与一般信息系统的比较

从数据源的角度来看,图形和图像数据是地理信息系统数据的一个主要来源,分析处理的结果也常用图形的方式来表示。而一般的信息系统,则多以统计数据、表格数据为主。这一点也使地理信息系统在硬件和软件上与一般的管理信息系统有所区别。

1. 两者的区别

地理信息系统和一般信息系统的区别如下:

(1) 在硬件上,为了处理图形和图像数据,系统需要配置专门的输入和输出设备,如数字化仪、绘图机、图形图像的显示设备等;许多野外实地采集和台站观测得到的资源信息是模拟量形式的,系统还需要配置模—数转换设备,这些设备往往超过中央处理机的价格,体积也比较大。

(2) 在软件上,要求研制专门的图形和图像数据的分析算法和处理软件,这些算法和

软件又直接和数据的结构及数据库的管理方法有关。

(3) 在信息处理的内容和采用目的方面, 一般的信息系统主要是查询检索和统计分析, 处理的结果大多是制成某种规定格式的表格数据; 而地理信息系统除了基本的信息检索和统计分析外, 主要用于分析研究资源的合理开发利用, 制定区域发展规划及地区的综合治理方案, 对环境进行动态的监视和预测预报, 为国民经济建设中的决策提供科学依据, 为生产实践提供信息和指导。

由于地理信息系统是一个复杂的自然和社会的综合体, 所以信息的处理必然是多因素的综合分析。系统分析是基本的方法, 例如, 研究某种地理信息系统中各组成部分间的相互关系, 利用统计数据建立系统的数学模型, 根据给定的目标函数, 进行数学规划, 寻求最优方案, 使该系统的经济效益为最佳; 或者分析系统中各部分之间的反馈联系, 建立系统的结构模型, 采用系统动力学的方法, 进行动态分析, 研究系统状态的变化和预测发展趋势等。计算机仿真是一种有效而经济的分析方法, 便于分析各种因素的影响和进行方案的比较, 在自然环境和社会经济的许多应用研究中常被采用。此外, 地理信息系统还有分析量算的功能, 如计算面积、长度、密度、分布特征等以及地理实体之间的关系运算。

2. 两者的共同之处

地理信息系统和一般的信息系统也有许多共同之处。两者都是以计算机为核心的信息处理系统, 都具有数据量大和数据之间关系复杂的特点, 也都随着数据库技术的发展在不断地改进和完善。比较起来, 商用的信息系统发展快, 用户数量大, 而且已有定型的软件产品可供选用, 这也促进了软件系统的标准化。地理信息系统, 由于上述一些特点, 多是根据具体的应用要求专门设计, 数据格式和组织管理方法各不相同。目前国外已有几百个空间数据处理系统和软件包, 几乎没有两个系统是一样的。尽管大家都认为标准化是很重要的, 也作了许多努力(例如建立计算机制图的标准和规范), 但分析的算法和软件系统还谈不上标准化的问题。事实上, 地理信息系统正作为一种空间信息的处理系统, 成为一个单独的研究和发展领域。

1.2 地理信息系统的构成

完整的 GIS 主要由四个部分构成, 即计算机硬件系统、计算机软件系统、空间数据库, 以及系统管理和操作人员, 其核心部分是计算机软/硬件系统。空间数据库反映了 GIS 的地理内容, 而管理和操作人员(即用户)则决定系统的工作方式和信息表示方式。地理信息系统的组成如图 1-1 所示。

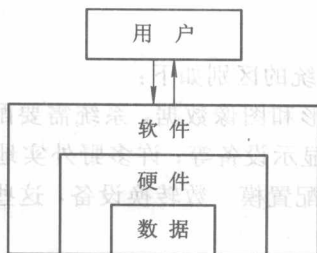


图 1-1 地理信息系统的组成

1.2.1 计算机硬件系统

计算机硬件是计算机系统中实际物理装置的总称,可以是电子的、电的、磁的、机械的、光的元件或装置,是GIS的物理外壳。系统的规模、精度、速度、功能、形式、使用方法甚至软件都与硬件有极大的关系,受硬件指标的支持或制约。GIS由于其任务的复杂性和特殊性,必须由计算机设备支持。GIS硬件配置一般包括四个部分,见图1-2。

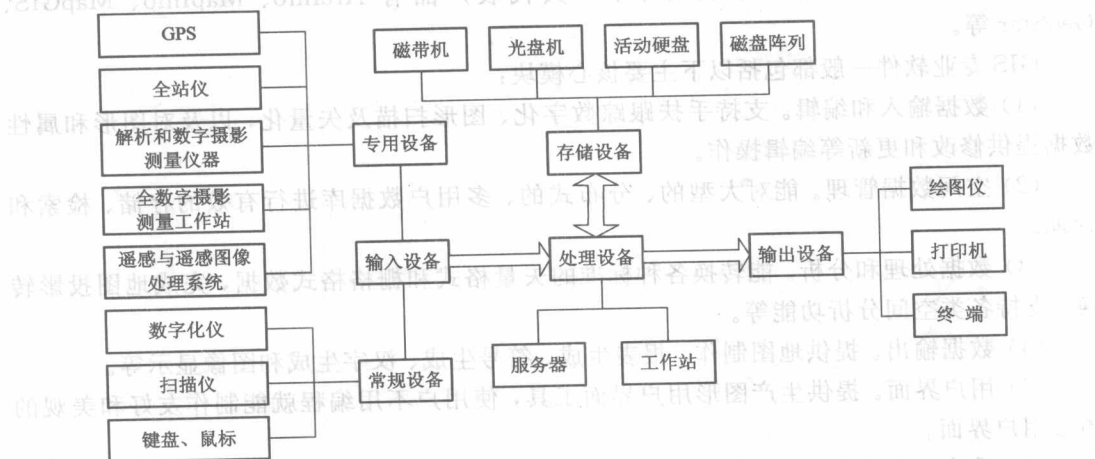


图 1-2 GIS 硬件的组成

(1) 计算机主机: 硬件系统的核心, 包括从主机服务器到桌面工作站, 用作数据的管理、管理与计算;

(2) 数据输入设备: 数字化仪、扫描仪、手写笔、光笔、键盘、鼠标、通信端口等;

(3) 数据存储设备: 磁带机、光盘机、活动硬盘、磁盘阵列等;

(4) 数据输出设备: 绘图仪、打印机、终端等。

1.2.2 计算机软件系统

GIS软件是系统的核心,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等,如图1-3所示。



图 1-3 计算机软件系统的层次

1. 计算机系统软件

计算机系统软件主要指计算机操作系统(MS-DOS, UNIX, Windows 等),它关系到 GIS 软件 and 开发语言使用的有效性,因此,也是 GIS 软硬件环境的重要组成部分。

2. 地理信息系统专业软件

GIS 专业软件一般指具有丰富功能的通用 GIS 软件,它包含了处理地理信息的各种高级功能,可作为其他应用系统的平台,其代表产品有 ArcInfo、MapInfo、MapGIS、GeoStar 等。

GIS 专业软件一般都包括以下主要核心模块:

(1) 数据输入和编辑。支持手扶跟踪数字化、图形扫描及矢量化,以及对图形和属性数据提供修改和更新等编辑操作。

(2) 空间数据管理。能对大型的、分布式的、多用户数据库进行有效的存储、检索和管理。

(3) 数据处理和分析。能转换各种标准的矢量格式和栅格格式数据,完成地图投影转换,支持各类空间分析功能等。

(4) 数据输出。提供地图制作、报表生成、符号生成、汉字生成和图像显示等。

(5) 用户界面。提供生产图形用户界面工具,使用户不用编程就能制作友好和美观的图形用户界面。

(6) 系统二次开发能力。利用提供的应用开发语言,可编写各种复杂的地理信息系统应用系统。

3. 数据库软件

数据库软件除了在地理信息系统专业软件中用于支持复杂空间数据的管理软件以外,还包括服务于以非空间属性数据为主的数据库系统,这类软件有 Oracle、SQL Server 等。这些也是地理信息系统软件的重要组成部分,而且由于这类数据库软件具有快速检索、满足多用户并发和数据保障等功能,目前已实现在现成的关系型商业数据库中存储 GIS 的空间数据,例如 SDE 就是很好的解决方案。

1.2.3 空间数据

空间数据是地理信息的载体,是地理信息系统的操作对象,它具体描述地理实体的空间特征、属性特征和时间特征。空间特征是指地理实体的空间位置及其相互关系;属性特征表示地理实体的名称、类型和数量等;时间特征指实体随时间而发生的相关变化。根据地理实体的空间图形表示形式,可将空间数据抽象为点、线、面三类元素,它们的数据表达可以采用矢量和栅格两种组织形式,分别称为矢量数据结构和栅格数据结构。

在地理信息系统中,空间数据是以结构化的形式存储在计算机中的,称为地理空间数据库。数据库由数据库实体和数据库管理系统组成。数据库实体存储有许多数据文件和文件中的大量数据,而数据库管理系统主要用于对数据的统一管理,包括查询、检索、增删、修改和维护等功能。

地理数据库存储的数据包含空间数据、属性数据和时态数据等。由于具有独特的存储空间数据的功能,所以地理数据库也称为空间数据库。

1.2.4 系统开发、管理和使用人员

人是GIS中的重要构成因素。地理信息系统从其设计、建立、运行到维护的整个生命周期,处处都离不开人的作用。仅有系统软/硬件和数据还构不成完整的地理信息系统,还需要人进行系统组织、管理、维护和数据更新、系统扩充完善、应用程序开发,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。

1.3 地理信息系统的功能与应用

由计算机技术与空间数据相结合而产生的地理信息系统这一高新技术,包含了处理信息的各种高级功能,但是它的基本功能是数据的采集、管理、处理、分析和输出。地理信息系统依托这些基本功能,通过利用空间分析技术、模型分析技术、网络技术、数据库和数据集成技术、二次开发环境等,演绎出丰富多彩的系统应用功能,满足社会和用户的广泛需求。

1.3.1 基本功能

1. 数据采集与输入

数据的采集与输入是地理信息系统基本功能的源泉,主要用于获取数据,保证地理信息系统数据库中的数据在内容与空间上的完整性、数值逻辑一致性与正确性等。一般而论,地理信息系统数据库的建设占整个系统建设投资的70%或更多,并且这种比例在近期内不会有明显的改变。因此,信息共享与自动化数据输入成为地理信息系统研究的重要内容。目前可用于地理信息系统数据采集的方法与技术很多,有些仅用于地理信息系统,如手扶跟踪数字化仪。自动化扫描输入与遥感数据集成最为人们所关注。

2. 数据编辑与处理

由采集和输入得到的源数据比较粗糙,因而需进行数据的编辑、接边、分层、图形与属性连接、加注记等处理。数据处理是地理信息系统的基础功能之一。数据处理的任务和操作内容有以下几种。

(1) 数据变换:指将数据从一种数学状态转换为另一种数学状态,包括投影变换、辐射纠正、比例尺缩放、误差改正和处理等。

(2) 数据重构:指将数据从一种几何形态转换为另一种几何形态,包括数据拼接、数据截取、数据压缩、结构转换等。

(3) 数据抽取:指对数据从全集合到子集的条件提取,包括类型选择、窗口提取、布尔提取和空间内插等。

3. 数据存储与管理

数据库是数据存储与管理的最新技术,是一种先进的软件工程。地理信息系统数据库是区域内一定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。由于地理信

息系统数据库具有数据量大,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,因此地理信息系统数据库管理功能除了与属性数据有关的 DBMS 功能之外,对空间数据的管理技术主要包括: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、数据更新和维护等。

4. 空间分析

空间分析功能是地理信息系统的一个独立研究领域,它的主要特点是帮助确定地理要素之间新的空间关系,它不仅已成为区别于其他类型系统的一个重要标志,而且为用户提供了灵活解决各类专门问题的有效工具。

(1) 叠加分析:通过将同一地区两个不同图层的特征相叠加,不仅建立新的空间特征,而且能将输入的特征属性予以合并,易于进行多条件的查询检索、地图裁剪、地图更新和应用模型分析等。

(2) 缓冲区分析:研究根据数据库的点、线、面实体,自动建立各种类型要素的缓冲多边形,用以确定不同地理要素的空间接近度或邻近性。它是地理信息系统重要的和基本的空间分析功能之一。例如规划建设一个开发区,需要通知一定范围内的居民动迁;在林业规划中,需要按照距河流一定纵深范围来确定森林砍伐区,以防止水土流失等。

(3) 数字地形分析:地理信息系统提供了构造数字高程模型及有关地形分析的功能模块,包括坡度、坡向、地表粗糙度、山谷线、山脊线、日照强度、库容量、表面积、立体图、剖面图和通视分析等,为地学研究、工程设计和辅助决策提供重要的基础性数据。

5. 数据显示与输出

将用户查询的结果或数据分析的结果以合适的形式输出是 GIS 问题求解过程的最后一道工序。GIS 为用户提供了许多用于地理数据表现的工具,其形式通常有两种:在计算机屏幕上显示或通过绘图仪输出。对于一些对输出精度要求较高的应用领域,高质量的输出功能对 GIS 是必不可少的,这方面的技术主要包括数据校正、编辑、图形整饰、误差消除、坐标变换、出版印刷等,输出的也可以是诸如报告、表格、地图等硬拷贝图件。

1.3.2 地理信息系统的应用

地理信息系统的综合特性,决定了它具有广泛的用途。目前,地理信息系统的应用遍及环境、资源、石油、电力、地籍、公安、急救、市政管理、城市规划、经济咨询、灾害损失预测、投资评价、政府管理和军事等众多领域。地理信息系统在各方面的应用主要通过系统中的各种数学模型、多要素空间数据库及应用软件来实现。

1. 资源管理

资源清查、管理和分析是地理信息系统最基本的职能,包括森林和矿产资源的管理、野生动植物的保护、土地资源利用评价,以及水资源的时空分布特征研究等。地理信息系统的主要任务是将各种来源的数据汇集在一起,并通过系统的统计和覆盖分析功能,按多种边界和属性条件,提供区域多种条件组合形式的资源统计和进行原始数据的快速再现,为资源的合理开发利用和规划决策提供依据。

2. 区域与城乡规划

区域与城乡规划中要处理许多不同性质和不同特点的问题,它涉及资源、环境、人口、交通、经济、教育、文化和金融等多个地理变量和大量数据。地理信息系统的数据库管理有利于将这些数据信息归并到统一系统中,最后进行城市与区域多目标的开发和规划,包括城镇总体规划、城市建设用地适宜性评价、环境质量评价、道路交通规划、公共设施配置,以及城市环境的动态监测等。地理信息系统为这些规划功能的实现提供了强有力的工具。例如,规划人员利用地理信息系统对交通流量、土地利用和人口数据进行分析,预测将来的道路等级;工程人员利用地理信息系统将地质、水文和人文数据结合起来,进行路线和构造设计;地理信息系统软件帮助政府部门完成总体规划、分区,现有土地利用、分区一致性,空地、开发区和设施位置等分析工作,是实现区域规划科学化和满足城市发展的重要保证。

3. 灾害监测和预防

利用地理信息系统,借助遥感遥测的数据,可以有效地进行森林火灾的预测预报、洪水灾情监测和洪水淹没损失的估算,为救灾抢险和防洪决策提供及时准确的信息。例如,黄河三角洲地区的防洪减灾研究表明,在地理信息系统支持下,通过建立大比例尺数字地形模型和获取有关的空间和属性数据,利用地理信息系统的叠加分析等功能,可以计算出若干个泄洪区域内被淹没的土地利用类型及其面积,比较不同泄洪区内房屋和财产损失等,以确定泄洪区内人员撤退、财产转移和救灾物资供应的最佳路线,保证以最快的速度有效应付突发事件。

4. 环境评估

利用 GIS 技术建立城市环境监测、分析及预报信息系统;为实现环境监测与管理的科学化、自动化提供最基本的条件;在区域环境质量现状评价过程中,利用地理信息系统技术的辅助,实现对整个区域的环境质量进行客观、全面的评价,以反映出区域中受污染的程度以及空间分布状态;在野生动植物保护中,世界野生动物基金会采用地理信息系统空间分析功能,帮助世界最大的猫科动物改变它目前濒于灭种的境地。以上种种都取得了很好的应用效果。

5. 作战指挥

现代战争的一个基本特点就是“3S”技术被广泛地应用到从战略构思到战术安排的各个环节。它往往在一定程度上决定了战争的成败。如海湾战争期间,美国国防制图局为战争的需要在工作站上建立了地理信息系统与遥感的集成系统,它能用自动影像匹配和自动目标识别技术,处理卫星和高空侦察机实时获得的战场数字影像,及时地将反映战场现状的正射影像叠加到数字地图上,数据直接传送到海湾前线指挥部和五角大楼,为军事决策提供 24 小时的实时服务。

6. 宏观决策

地理信息系统利用拥有的数据库和因特网传输技术,通过一系列决策模型的构建和比较分析,为国家宏观决策提供依据。例如系统支持下的土地承载力的研究,可以解决土地资源与人口容量的规划。我国在三峡地区研究中,通过利用地理信息系统和机助制图的方法,建立环境监测系统,为三峡宏观决策提供了建库前后环境变化的数量、速度和演变趋