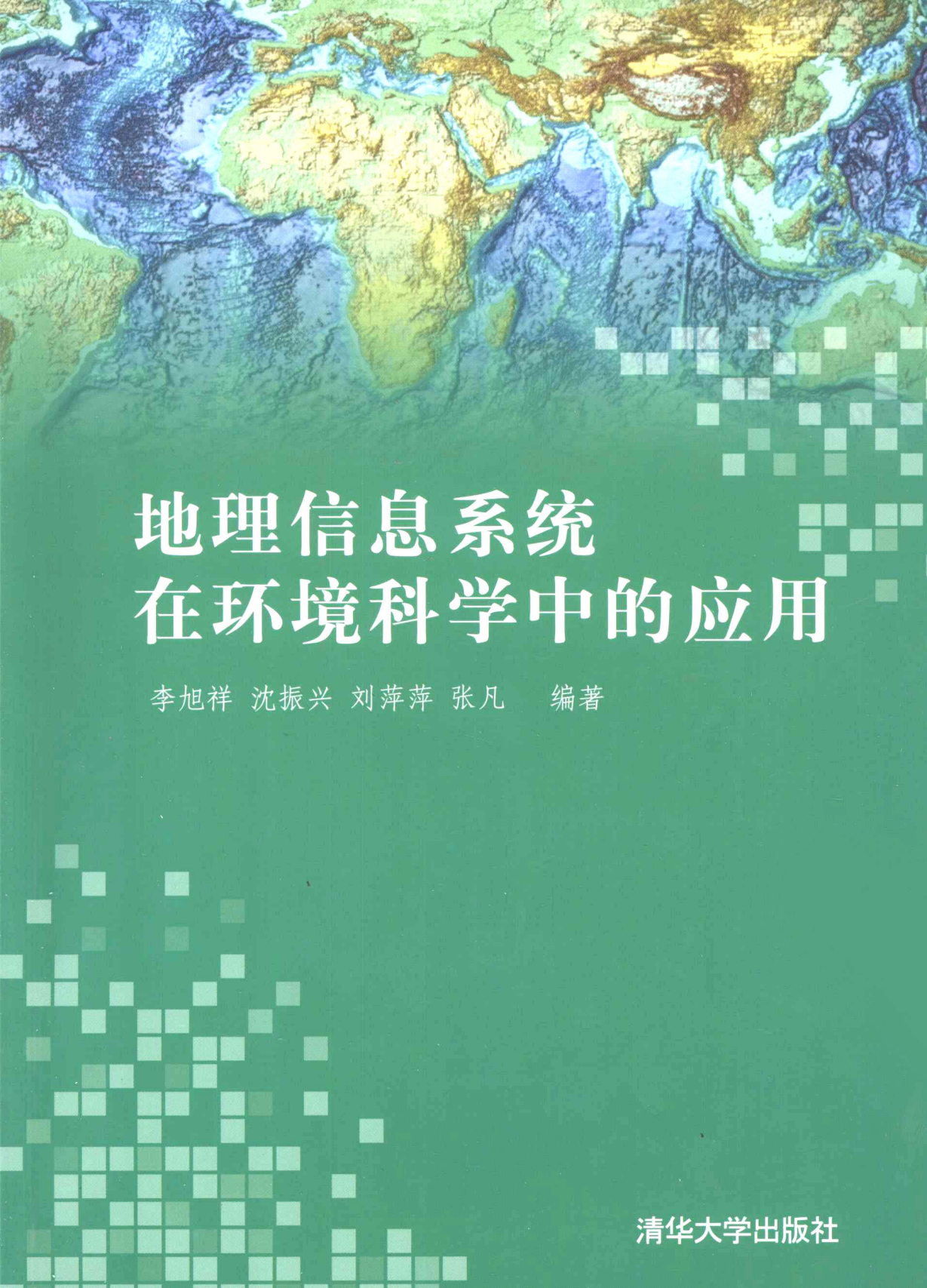




地理信息系统 在环境科学中的应用

李旭祥 沈振兴 刘萍萍 张凡 编著

清华大学出版社

李旭祥 沈振兴 刘萍萍 张 凡 编著

地理信息系统 在环境科学中的应用

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书针对地理信息系统在环境科学中应用的实际需要,全面阐述了地理信息系统的特征、类型、功能、数据采集和数据库设计,着重介绍地理信息系统在环境科学应用中的技术和方法,强调基础,内容精练易学。

全书共分8章,首先介绍了地理信息系统的组成、功能及其发展与现状,实用地理信息系统的数据特征、数据来源及数据质量,地理信息系统数据库设计的主要内容和方法,国内外常见的GIS软件及其功能,并结合实例分别介绍了环境信息系统建立方法和GIS在环境科学中的应用。最后介绍了GIS应用功能开发技术的新进展。为便于学习,每章末给出了一定量的思考题。

本书主要用作环境科学与工程专业高年级本科生和研究生的学习用书,也可供从事环境科学与工程方面的科技工作者、信息资源开发等领域的技术人员参考。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

地理信息系统在环境科学中的应用/李旭祥等编著. —北京:清华大学出版社,2008.5
ISBN 978-7-302-16986-4

I. 地… II. 李… III. 地理信息系统—应用—环境科学 IV. X-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第018259号

责任编辑:柳 萍 赵从棉

责任校对:刘玉霞

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

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

社 总 机:010-62770175

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

地 址:北京清华大学学研大厦A座

邮 编:100084

邮 购:010-62786544

印 刷 者:北京市清华园胶印厂

装 订 者:北京国马印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:170×230 印 张:18.75

字 数:343千字

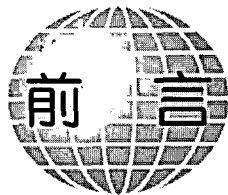
版 次:2008年5月第1版

印 次:2008年5月第1次印刷

印 数:1~4000

定 价:29.00元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:010-62770177 转 3103 产品编号:020958-01



地理信息系统(GIS)作为有关空间数据管理、空间信息分析及传播的计算机系统,广泛应用于土地利用、资源管理、环境监测、交通运输、城市规划、经济建设等领域。GIS 基础软件和应用软件的发展,使得它的应用从解决基础设施(如道路、输电线)的管理和规划转向更复杂的区域开发,例如土地利用、城市规划、人口规划与部署等。与卫星遥感技术相结合,GIS 开始用于解决全球性问题,例如,全球沙漠化、全球可居住区的评价、厄尔尼诺现象与酸雨、核扩散与核废料以及全球气候与环境的变化监测。

环境科学带有明显的地理空间的特点,GIS 与环境科学在研究对象和研究方法上所具有的相似性和互补性,使二者的结合孕育着巨大的发展潜力,在环境管理、环境监测、环境规划、环境影响评价、环境工程及环境地球化学等领域拥有广泛的应用前景。在环境问题愈来愈突出的今天,利用有效的辅助决策支持工具 GIS,对我国环境应用系统进行设计和开发,已成为当前环境科学领域的一项重要任务。

本教材的编写正是处在这样一个特殊时期。编写本教材的目的是希望 GIS 系统广泛地应用于环境科学和工程领域,为推动环境领域的快速发展贡献一份力量。在参阅了国内外有关教材、专著和论文的基础上,考虑到环境科学与工程领域的绝大多数学生和研究人员没有系统接受过地理信息系统课程和技术的基本训练,由此确立编写本教材的宗旨是普及 GIS 知识,探讨其在环境领域中的应用方法,着眼于知识创新的切入点。

本书主要内容分为三部分:①地理信息系统基础知识(第 1、2、3、4 章)。着重介绍地理信息系统的基本概念和设计方法,以及与地理信息系统的技术实现和方法应用有关的基本理论。②环境信息系统设计



地理信息系统在环境科学中的应用

和 GIS 在环境科学与工程中的应用(第 5、6、7 章)。以实例的方式,介绍环境信息系统开发设计方法和步骤, GIS 应用领域和方法。③ GIS 应用新发展(第 8 章)。介绍虚拟现实技术、决策支持技术和空间数据挖掘技术与地理信息系统的结合。

作者李旭祥、沈振兴、刘萍萍参加了西安交通大学环境虚拟实验室建设、国家级秦岭生态功能区建设以及西北地区生态环境信息系统建设等科研工作,通过总结多届课程教学实践和科研的体会,努力完善本教材的内容,使读者能够真正领会和把握地理信息系统的科学性、技术性和实践性,满足读者的需求。本书是大学高年级本科生和研究生的学习用书,也可供环境科学和环境工程科技工作者参考。

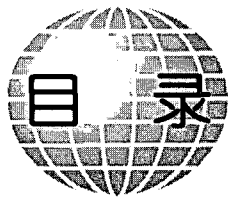
本书第 1、2 章由沈振兴编写,第 3、4 章由刘萍萍编写,第 6 章由张凡编写,第 5、7、8 章由李旭祥编写,全书由李旭祥统稿、定稿。参加本教材资料收集、录入、编排的人员还有秦敏、向梦华、吴波、陈硕、张瑞芳、胡权刚,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,教材中存在的不足之处,敬请读者不吝指正。

联系地址: xxli@mail. xjtu. edu. cn

李旭祥

2008. 2. 14



第 1 章 地理信息系统概述	1
1.1 地理信息系统	1
1.1.1 信息和地理信息	1
1.1.2 信息系统和地理信息系统	2
1.1.3 地理信息系统的基本内容	4
1.1.4 地理信息系统的类型	5
1.2 地理信息系统的结构与功能	6
1.2.1 地理信息系统的组成	6
1.2.2 地理信息系统的主要功能模块	7
1.3 地理信息系统的特性	9
1.3.1 GIS 与机助制图系统的区别与联系	9
1.3.2 GIS 与数据库管理系统的区别与联系	10
1.3.3 GIS 与 CAD 的区别与联系	10
1.3.4 GIS 与遥感图像处理系统的区别与联系	11
1.3.5 地理信息系统同事务处理系统的区别与联系 ..	11
1.4 地理信息系统的发展与前景	12
1.4.1 地理信息系统软件发展的历史回顾	12
1.4.2 地理信息系统的发展趋势	16
思考题	21
第 2 章 实用地理信息系统的数据	22
2.1 空间数据的基本特征	23
2.1.1 空间特征	23

2.1.2	专题特征	24
2.1.3	时间特征	24
2.2	数据的测量尺度	24
2.3	数据源	25
2.4	地图投影	27
2.5	全球定位系统	28
2.6	遥感数据	29
2.7	地图	33
2.7.1	地图种类	33
2.7.2	地图符号	34
2.7.3	地图制作过程和地图综合	36
2.7.4	计算机制图	37
2.8	数据质量	38
2.8.1	数据质量的基本特点	38
2.8.2	数据误差或不确定性的来源	41
2.8.3	数据的误差类型	41
2.9	空间数据类型转换	42
2.9.1	栅格与矢量数据的比较	42
2.9.2	栅格与矢量数据的转换	43
	思考题	44
第3章	地理信息系统数据库设计	45
3.1	地理信息系统数据库及其设计	45
3.1.1	GIS数据库	45
3.1.2	GIS数据库设计的概念	46
3.1.3	应用目的驱动的GIS数据库设计过程	47
3.2	用户需求分析	48
3.2.1	现状调查	48
3.2.2	需要了解的内容	49
3.2.3	调查内容的组织和分析	51
3.3	概念化设计	54
3.3.1	数据库的宏观地理定义	55
3.3.2	数据库数据模型的确定	57
3.4	详细设计	63
3.4.1	数据源的选择	63

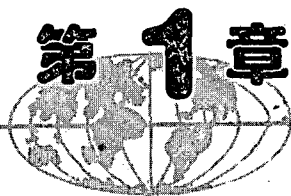
3.4.2	各种数据的评价	63
3.4.3	空间数据层的设计	66
3.4.4	数据字典	66
3.4.5	元数据	68
3.4.6	存储管理结构的设计	74
3.5	实施规划	76
3.5.1	数据采集过程的自动化设计	77
3.5.2	数据库的质量控制	77
3.5.3	开发进度的监测	79
3.6	试点项目	80
3.7	数据库设计实例	82
3.7.1	合肥市防震减灾地理信息数据库设计	82
3.7.2	基于 GIS、ES 的凉山州土壤数据库设计与实现	85
	思考题	88
第 4 章	地理信息系统的应用和软件	89
4.1	概述	89
4.2	地理信息系统的主要功能	95
4.2.1	空间数据获取	95
4.2.2	空间数据管理	99
4.2.3	空间数据分析	99
4.2.4	专题地图设计与制作	106
4.3	MapInfo	109
4.4	ArcGIS	113
4.5	MAPGIS	115
4.6	SuperMap	123
4.7	GeoStar	132
	思考题	136
第 5 章	环境数据特点及信息系统设计	137
5.1	环境数据特点	137
5.1.1	环境数据分类	138
5.1.2	环境数据采集与处理	139
5.2	环境信息系统设计	145
5.2.1	环境信息系统设计目标与内容	146



地理信息系统在环境科学中的应用

5.2.2	环境信息系统构建方法	147
5.2.3	环境信息系统设计	151
5.2.4	环境信息系统实施	154
5.2.5	环境信息系统设计实例	155
	思考题	165
第 6 章	GIS 在环境科学中的应用	167
6.1	GIS 在生态控制中的应用	167
6.1.1	数字地球与数字城市	167
6.1.2	国家级生态示范区地理信息系统	173
6.1.3	生态环境监测信息系统	177
6.1.4	土壤资源持续利用与信息技术	181
6.2	GIS 在环境工程中的应用	186
6.2.1	水污染控制规划系统	186
6.2.2	在海湾陆源污染物总量控制中的应用	189
6.2.3	环境监测信息系统	194
6.2.4	城市大气污染控制管理系统	201
6.2.5	GIS 技术在环境污染事故应急管理中的应用	207
6.3	基于 GIS 平台的城市规划信息系统	215
6.3.1	GIS 在城市小区建设管理中的应用特点	216
6.3.2	城市小区 GIS 应用系统的组成与结构	217
	思考题	219
第 7 章	GIS 应用中的数据和模型接口	220
7.1	GIS 的数据接口	220
7.1.1	GIS 数据模型	220
7.1.2	GIS 数据接口的模式	221
7.1.3	数据接口的基本原理	225
7.2	GIS 的模型接口	229
7.2.1	松散结合	230
7.2.2	紧密结合	232
7.2.3	完全集成	239
	思考题	244
第 8 章	地理信息系统的功能扩展	245
8.1	虚拟现实技术与地理信息系统	245

8.1.1	虚拟现实技术.....	245
8.1.2	虚拟现实技术和 GIS 系统集成	250
8.1.3	VR 和 GIS 集成技术的应用	256
8.2	决策支持技术与地理信息系统	259
8.2.1	决策支持系统的基本概念.....	259
8.2.2	决策支持技术与地理信息系统集成.....	261
8.2.3	基于 GIS 的环境决策支持系统	263
8.3	空间数据挖掘技术与地理信息系统	267
8.3.1	空间数据挖掘技术.....	267
8.3.2	空间数据挖掘体系结构及挖掘方法.....	268
8.3.3	空间数据挖掘与 GIS 集成	273
8.3.4	生态环境空间数据挖掘系统.....	275
	思考题.....	279
	缩略语.....	280
	参考文献.....	282



地理信息系统概述

1.1 地理信息系统

1.1.1 信息和地理信息

(1) 信息(information)采用数字、文字、符号、语言等介质来表示事件、事物、现象等的内 容、数量或特征,信息向人们(或系统)提供关于现实世界新的事实知识,是生产、管理、经营、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。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;适用性是指从大量数据中收集、组织和管理有用的信息,这是由建立信息系统的目的性所决定的;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。随着网络技术的发展,信息的可传输性日益重要。信息的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。数字、文字、符号、图形和影像都是数据。数据是客观对象的表示,信息则是数据内涵的意义,是数据的内容和解释。例如,从测量数据中可以抽取出目标和物体的形状、大小和位置等信息,从遥感卫星图像数据中可以抽取出各种图形和专题信息,从实地调查数据中则可抽取出各专题的属性信息。

(2) 地理信息(geographic information)是指与所研究对象空间地理分布有关的信息,它表示地表物体和环境固有的数据、质量、分布特征,是具有联系和规律的数字、文字、图形、图像等的总称。

地理信息属于空间信息。它与一般信息的区别在于它具有区域性、多维性和动态性。区域性是指地理信息的定位特征,且这种定位特征是通过公共的地理基础来体现的。例如,用经纬网或公里网坐标来识别空间位置,并指定特定的区域。所谓多维性是指在一个坐标位置上具有多个专题和属性信息。例如,在

一个地点上,可取得高程、污染、交通等多种信息。动态性是指地理信息的动态变化特征,即时序特性。这一特性使地理信息常以时间尺度划分成不同时间段信息。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寻找时间分布规律,进而对未来作出预测和预报。

客观世界是一个庞大的信息源,随着现代科学技术的发展,特别是借助近代数学、空间科学和计算机科学,人们已能够迅速地采集到地理空间的几何信息、物理信息和人文信息,并适时适地地识别、转换、存储、传输、显示并应用这些信息,进一步为人类服务。

1.1.2 信息系统和地理信息系统

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,其功能框图见图 1.1。信息系统的四大功能为数据采集、管理、分析和表达。更简单地说,信息系统是基于数据库的问答系统(见图 1.2)。

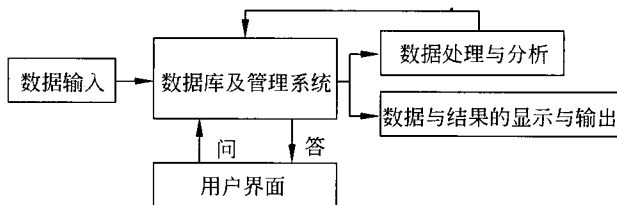


图 1.1 信息系统功能框图

从计算机科学角度看,信息系统是由计算机用户、硬件、软件和数据四大要素组成的问答系统,智能化的系统还包括知识(见图 1.3)。硬件包括各类计算

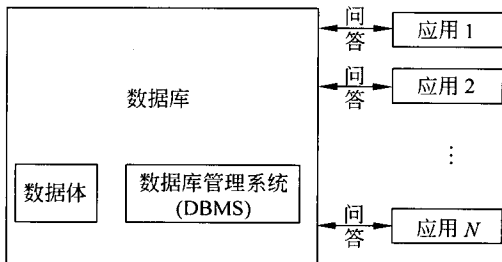


图 1.2 作为问答系统的信息系统

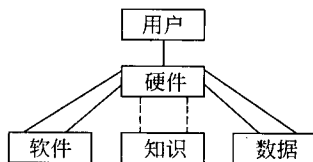


图 1.3 计算机科学意义上的信息系统

机处理机及其终端设备,软件是支持数据与信息的采集、存储、加工、再现和回答用户问题的计算机程序系统,数据则包括定量和定性数据,用户是信息系统所服务的对象,是信息系统的主人。

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。

由于计算机技术的飞速发展以及计算机应用的普及,不同问题领域的各种信息系统相继出现,且种类繁多,但从系统结构及处理方法看,主要分为下列几种。

(1) 管理信息系统(management information system, MIS)。它是一种基于数据库的回答系统,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)。它是在 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可能支持,并对问题进行仿真和模拟,从而辅助决策者进行决策。

(3) 智能决策支持系统(intelligent decision support system, IDSS)。它是在决策支持系统中进一步引入人工智能(artificial intelligence, AI)技术。如: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)。它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,使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。

地理信息系统(GIS)是一种特定而又十分重要的空间信息系统,它是采集、储存、管理、分析和描述整个或部分地球表面(包括大气层在内)与空间和地理分布有关的数据的空间信息系统。由于地球是人们赖以生存的基础,所以 GIS 是与人类的生存、发展和进步密切关联的一门信息科学与技术,受到人们愈来愈广泛的重视。

随着地理信息系统的广泛应用,产生了多种相应系统,如自然资源管理信息系统(natural resources management information system)、资源与环境信息系统(resources and environment information system)、土地资源信息系统(land resources information system)、空间数据处理系统(spatial data processing system)、空间信息系统(spatial information system)。这些系统研究的对象不同,但研究方法基本上是相似的。

地理信息系统是一门多技术交叉的空间信息科学,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与软件技术、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,如图 1.4 所示。此外,地理信息系统又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。

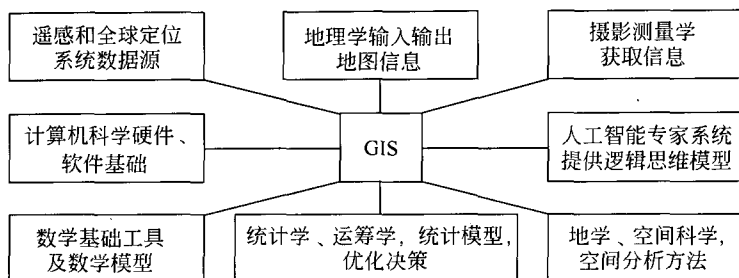


图 1.4 地理信息系统与相关学科

1.1.3 地理信息系统的基本内容

从表 1.1 和表 1.2 中可以了解地理信息系统技术涉及的基本内容。

表 1.1 英国地理信息与分析中心 GIS 教学大纲

一、GIS 概论
引言,硬/软件,栅格 GIS,数据获取,空间数据的性质,空间现象及关系,GIS 的功能,栅格/矢量数据模型对比及相关问题
二、GIS 技术问题
坐标系统及地理编码,矢量数据结构及算法,栅格数据存储,关于地表的数据结构和算法,客体与时间,数据库,误差模拟与数据不确定性,可视化
三、GIS 的应用
GIS 应用领域,决策支持,系统规划,系统实现,GIS 新方向

表 1.2 Unwin GIS 教学大纲

第一部分 GIS 概论
GIS 的定义及历史,作为商品的数据和信息,GIS 的应用潜力实例
第二部分 GIS 的制图与空间分析概念
空间数据类型,地理参考,地图投影,坐标变换,空间的基本概念,对点、线、面和表面的基本操作
第三部分 计算机环境下的实现
不同层次信息的数字表达,数据模型(栅格、矢量、面向对象),误差,矢量/栅格讨论,计算机技术的进展
第四部分 GIS 操作
硬件,数据存储媒介,处理器及处理环境,显示,生产系统举例

续表

第五部分 GIS 应用

应用领域,全球尺度上的应用,用 GIS 决策,项目管理,价格,效益分析

第六部分 机构问题数据使用权,质量保证与标准,法律意义,GIS 管理,教育和培训

从表 1.1 和表 1.2 可以看出,GIS 的内容主要包括:①有关的计算机软、硬件;②空间数据的获取;③空间数据的表达及数据结构;④空间数据的处理;⑤空间数据的管理;⑥空间数据分析;⑦空间数据的显示与可视化;⑧GIS 的应用;⑨GIS 的项目管理、开发、质量保证与标准化;⑩GIS 机构设置与人员培训等。

1.1.4 地理信息系统的类型

地理信息系统应用面广,技术潜力大,且发展极为迅速,因此很难用一个固定方法进行分类。但是,通常可从下面几种角度来分类。

1. 以研究对象性质和内容分类

(1) 综合性地理信息系统。指按国家统一标准,存储管理全国范围内的各种自然和社会经济数据的地理信息系统,或对全球气候、人口、资源进行存储管理的全球地理信息系统,如加拿大国家地理信息系统、中国自然环境综合信息系统等。

(2) 专题性地理信息系统。指以某一专业、任务或现象为目标建立的地理信息系统,这种系统中数据项的内容及操作功能的设计都是为某一特定专业任务服务的,例如小流域综合治理地理信息系统、森林资源管理信息系统。

2. 以研究对象分布范围分类

(1) 全球性地理信息系统。这种系统的研究区域范围往往涉及全球范围,如全球人口资源地理信息系统。

(2) 区域性地理信息系统。指以某种区域(如行政区)为对象进行研究管理、规划的信息系统,如美国明尼苏达州土地管理信息系统、我国黄土高原地理信息系统等。

3. 以地理信息系统应用功能分类

(1) 工具型地理信息系统。地理信息系统是一个复杂庞大的空间管理信息系统,用地理信息系统技术解决实际问题时,有大量软件开发任务,如果用户重

复开发对人力财力是很大的浪费。工具型地理信息系统为地理信息系统的使用者提供一种技术支持,使用户能借助地理信息系统工具中的功能直接完成应用任务,或者利用工具型地理信息系统,加上专题模型完成应用任务。目前国外已有很多商品化的工具型地理信息系统,如 ARC/INFO、GENAMAP、MAPINFO、MGE 等。国内近几年正在迅速开发工具型地理信息系统,并取得了很大的成绩。

(2) 应用型地理信息系统。应用型地理信息系统的开发分两类,一类是借助工具型地理信息系统开发的;另一类是为某专业部门应用自行开发的,这种系统的针对性明确,专业性强,系统开销小,适于在本专业中推广使用。

4. 以地理信息系统数据结构类型分类

地理信息系统的数据结构直接影响它的输入、存储、管理及输出方法和手段。

(1) 矢量数据结构地理信息系统。它指以 x, y 坐标对来表示空间数据的点、线和面等图形的地理信息系统。

(2) 栅格数据结构地理信息系统。它指以二维数组来表示空间各像元特征的地理信息系统。

(3) 混合数据结构地理信息系统。由于矢量数据结构地理信息系统和栅格数据结构地理信息系统的特点不同,适用范围不同,相互之间不能互相替代,因此出现了矢量数据结构和栅格数据结构并存的地理信息系统。

矢量栅格数据结合通常采用矢量和栅格数据相互间转换来实现。这方面出现了很多算法,但这种转换不仅花费时间,主要是经过转换后,原始信息受到不同程度的损失。因此,研究者一直在探索和寻找一体化的数据结构,即混合数据结构,在这方面尽管取得了一些成绩,但技术尚不完全成熟。

1.2 地理信息系统的结构与功能

1.2.1 地理信息系统的组成

地理信息系统主要由四部分组成:计算机硬件系统、计算机软件系统、空间数据及系统的组织、使用维护人员(即用户)。其核心内容是计算机硬件和软件,空间数据反映了应用地理信息系统的信息内容,用户决定了系统的工作方式。地理信息系统的构成如图 1.5 所示。

1. 计算机硬件系统

计算机硬件系统是计算机系统中实际物理设备的总称,主要包括计算机主机、输入设备、存储设备和输出设备。

2. 计算机软件系统

计算机软件系统是地理信息系统运行时所必需的各种程序,包括:

(1) 计算机系统软件。

(2) 地理信息系统软件及其支撑软件。包括地理信息系统工具或地理信息系统实用软件程序,以完成空间数据的输入、存储、转换、输出及其用户接口功能等。

(3) 应用程序。这是根据专题分析模型编制的特定应用任务的程序,是地理信息系统功能的扩充和延伸。一个优秀的地理信息系统工具,对应用程序的开发应是透明的。应用程序作用于专题数据上,构成专题地理信息系统的基本内容。

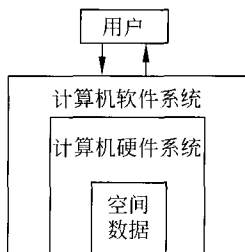


图 1.5 地理信息系统的构成

3. 空间数据

空间数据是地理信息系统的重要组成部分,是系统分析加工的对象,是地理信息系统表达现实世界的经过抽象的实质性内容。它一般包括三个方面的内容,即空间位置坐标数据、地理实体之间空间拓扑关系以及相应于空间位置的属性数据。通常,它们以一定的逻辑结构存放在空间数据库中,空间数据来源比较复杂,根据研究对象不同、范围不同、类型不同,可采用不同的空间数据结构和编码方法,其目的就是为了更好地管理和分析空间数据。

4. 系统使用、管理和维护人员

地理信息系统是一个复杂的系统,仅有计算机硬件、软件及数据还不能构成一个完整的系统,必须要有系统的使用管理人员。包括具有地理信息系统知识和专业知识的高级应用人才、具有计算机知识和专业知识的软件应用人才,以及具有较强实际操作能力的硬、软件维护人才。

1.2.2 地理信息系统的主要功能模块

地理信息系统软件一般由五部分组成,即由空间数据输入管理、空间数据库管理、空间数据处理和分析、空间数据输出管理及应用模型组成。它们之间的关系见图 1.6。